



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS FENÓLICOS PROVENIENTES DE
FRUTAS E SEUS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

NAYARA LAIANE LIMA XAVIER MELO

Recife

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

NAYARA LAIANE LIMA XAVIER MELO

**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS FENÓLICOS PROVENIENTES DE
FRUTAS E SEUS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Enayde de Almeida Melo

COORIENTADORA: Andreina Maria Pinheiro Santos
Fernanda Oliveira de Carvalho

Recife

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M528m Melo, Nayara Laiane Lima Xavier
Microencapsulação de extratos fenólicos provenientes de frutas e seus resíduos agroindustriais: uma revisão sistemática com meta-análise / Nayara Laiane Lima Xavier Melo. - 2021.
119 f. : il.

Orientadora: Enayde de Almeida Melo.
Coorientadora: Andrelina Maria Pinheiro Santos.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife, 2021.

1. Atomização. 2. Compostos fenólicos. 3. Fitoquímicos. 4. Resíduos de frutas. I. Melo, Enayde de Almeida, orient. II. Santos, Andrelina Maria Pinheiro, coorient. III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS FENÓLICOS PROVENIENTES DE
FRUTAS E SEUS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

Por Nayara Laiane Lima Xavier Melo

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 29/03/2021 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora:

Prof/a Dr/a. Maria Inês Sucupira Maciel
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof/a Dr/a. Samara Alvachian Cardoso Andrade
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof/a Dr/a. Margarida Angélica da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por iluminar sempre meus caminhos e está comigo em todos os momentos, obrigada senhor por me direcionar em todas as minhas decisões, por me permitir concluir essa etapa da minha vida, e por nunca me abandonar.

Á Nossa Senhora da Conceição, por ser essa mãe sempre presente e interceder por mim à Deus em cada momento.

Á minha família, em especial aos meus pais, João e Marlene, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram nas decisões que precisei tomar ao longo de minha vida, por todo esforço para sempre me proporcionar o melhor que podiam em relação aos meus estudos, acreditando sempre que eu poderia ir mais além. Em especial também à minha irmã Natália, meu sobrinho João Gabriel e minhas tias Ceia, Neide, Marise e Miriam, por todo carinho, amor e atenção em todos os momentos.

Á minha avó, Edite Maria (*in memoriam*) por todos os ensinamentos, gestos de carinho quando em vida e por sentir sempre sua presença como um anjo a me proteger.

Á meu marido Wedson, por todos esses anos de cumplicidade, amor, carinho e dedicação, sempre acreditando nos meus objetivos e me dando força para seguir nas minhas decisões. Obrigada por em cada momento desse mestrado você ter segurado a minha mão.

Ao meu filho, Mateus, que ainda está no meu ventre, mas sem dúvida está me dando a maior força para finalizar esse momento importante. Com certeza sou mais feliz e realizada porque tenho você comigo, já és uma bênção na minha vida.

À minha orientadora, Prof. Dr^a Enayde de Almeida Melo, muito obrigada por toda dedicação, paciência, ensinamentos e por toda compreensão nesse momento difícil de pandemia. Ao longo desse período cada ensinamento foi muito significativo para minha formação acadêmica.

As minhas coorientadoras, Prof. Dr^a Andreлина Maria Pinheiro Santos e Dr^a Fernanda Oliveira de Carvalho, agradeço o apoio, paciência e toda colaboração na análise estatística.

À minha amiga Anna Luiza, que esteve sempre me apoiando e motivando em todos os momentos. O mestrado me trouxe uma amiga para a vida.

À todos amigos de turma, Sâmia, Karolina, Caroline, Ivys, Jéssica e Thaís, cada risada e compartilhamento fez o mestrado se tornar mais leve.

À Ângela Lima, que enquanto técnica do laboratório esteve sempre disposta a ajudar nas aulas práticas e compartilhar seus conhecimentos, tornou-se uma amiga.

À coordenadora, Prof. Dr^a Maria Inês Sucupira Maciel e todo o corpo docente do Programa de Pós-graduação, que com muita persistência e dedicação trouxeram conhecimentos que contribuíram muito para minha formação acadêmica, grata por tudo.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

“Caminhar com Deus e ser fiel, é contemplar no tempo oportuno, na hora certa, os milagres que Ele tem para nós.”

(Adriana Arydes)

RESUMO

As frutas e seus resíduos possuem em sua composição quantidades importantes de compostos bioativos, dentre eles os compostos fenólicos, que são conhecidos por seus benefícios à saúde, decorrentes, principalmente, de sua propriedade antioxidante, prevenindo ou reduzindo o risco do desenvolvimento de diversas doenças. A microencapsulação por atomização é uma das técnicas mais utilizadas para encapsular esses compostos bioativos, obtendo eficiência a partir da escolha do agente encapsulante empregado no processo. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão sistemática com meta-análise para averiguar as evidências mais atuais sobre as condições de processo de encapsulação por *spray drying* de extratos fenólicos obtidos a partir de frutas e seus resíduos, utilizando maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja, como agente encapsulante, tanto na forma isolada como em blendas. pesquisa bibliográfica realizada em quatro bases de dados (Lilacs, Science Direct, Scopus e Web of Science) considerou artigos publicados entre 2015 e 2020, dos quais após a análise dos critérios de inclusão e exclusão foram selecionados 110 artigos. A meta-análise foi aplicada sobre os dados da eficiência de encapsulação dos extratos fenólicos que apresentavam características necessárias para análise de comparação. A uva foi a fruta com maior frequência de utilização (10,43%), seguida da amora (9,57%), jussara (8,70%), arônia (5,22%), mirtilo (5,22%), romã (4,35%), dentre outros. O agente encapsulante mais utilizado foi a maltodextrina (37,20%), seguida da goma arábica (24%), proteína do soro do leite (5,20%), proteína isolada de soja (3,6%), dentre outros. O método para determinação da capacidade antioxidante utilizado com maior frequência foi DPPH (47,62%), seguido do ABTS (20,95%). Com base nos resultados da meta-análise, o o extrato fenólicos microencapsulado com maltodextrina em conjunto com goma arábica e o microencapsulado com apenas goma arábica apresentaram maior eficiência de encapsulação do que o grupo controle (maltodextrina) ($p = 0,05$), os estudos também mostraram um alto índice de heterogeneidade ($I^2=97\%$). Os artigos demonstraram resultados interessantes quanto as concentrações de compostos fenólicos nos extratos microencapsulados de frutas e resíduos, ressaltando grande perspectiva para possíveis aplicações dos microencapsulados na indústria de alimentos, levando em consideração sua utilização como aditivo alimentar.

Palavras-chave: Atomização; Compostos fenólicos; Fitoquímicos; Resíduos de frutas.

ABSTRACT

Fruits and their residues have in their composition important amounts of bioactive compounds, among them phenolic compounds, which are known for their health benefits, mainly due to their antioxidant properties, preventing or reducing the risk of the development of several diseases. The microencapsulation by atomization is one of the most used techniques to encapsulate these bioactive compounds, obtaining efficiency from the choice of the encapsulating agent used in the process. The objective of this study was to perform a systematic review with metanalysis to investigate the most current evidence on the conditions of the spray drying encapsulation process of phenolic extracts obtained from fruits and their residues, using maltodextrin, gum arabic and soy protein isolate, as an encapsulating agent, both in isolated form and in blends. The bibliographic search carried out in four databases (Lilacs, Science Direct, Scopus and Web of Science) considered articles published between 2015 and 202, and after analyzing the inclusion and exclusion criteria, 110 articles were selected. The meta-analysis was applied to the data on the encapsulation efficiency of the phenolic extracts that had the necessary characteristics for comparison analysis. The grape was the fruit with the highest frequency of use (10.43%), followed by blackberry (9.57%), jussara (8.70%), aronia (5.22%), blueberry (5.22 %), pomegranate (4.35%), among others. The most used encapsulating agent was maltodextrin (37.20%), followed by gum arabic (24%), whey protein (5.20%), isolated soy protein (3.6%), among others. The most frequently used method for determining oxidative capacity was DPPH (47.62%), followed by ABTS (20.95%). Based on the results of the meta-analysis, the phenolic extracts microencapsulated with maltodextrin together with gum arabic and the microencapsulated with only gum arabic showed greater encapsulation efficiency than the control group (maltodextrin) ($p = 0.05$). The studies also showed a high rate of heterogeneity ($I^2 = 97\%$). The articles showed interesting results regarding the concentrations of phenolic compounds in the microencapsulated fruits extracts and residues, highlighting a great perspective for possible applications of the microencapsulated in the food industry, taking into account its use as a food additive.

Keywords: Atomization; Phenolic compounds; Phytochemicals; Fruit waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema geral das vias de biossíntese do metabolismo vegetal secundário (retângulos rosas) e suas conexões com o metabolismo primário (retângulos vermelhos), em detalhe os produtos finais dos metabólitos primários (verde) e os secundários (azul). Figura de Moreira (2015).	24
Figura 2- Estrutura química dos flavonóides.....	27
Figura 3- Estrutura química dos principais flavonóides.....	28
Figura 4- Esquema de funcionamento do Spray Dryer.	34
Figura 5- Fluxograma de pesquisa de literatura.	54
Figura 6- Frequência das fontes de compostos fenólicos.	55
Figura 7- Frequência da utilização dos agentes encapsulantes.	61
Figura 8- Frequência da utilização dos métodos para determinação da capacidade antioxidante.	64
Figura 9- Forest plot da eficiência da microencapsulação – Grupo com Extratos fenólicos versus Grupo Controle.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Microencapsulação de extratos fenólicos a partir de frutas e seus resíduos (2015-2020).....	83
Tabela 2- Eficiência da microencapsulação – Grupo com Extratos fenólicos versus Grupo Controle (Meta-análise).....	121

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Aspiração
AA	Amido de arroz
AAR	Amido de araruta
ABTS	Ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico
ACF	Ácidos fenólicos
ACFT	Ácidos fenólicos totais
ALBO	Albumina de ovo
ALG	Alginato de sódio
AM	Amido modificado
AMI	Amido
AMS	Amido solúvel
AM1	Amido modificado de anidrido N-octenil succínico de milho ceroso para encapsulação de alta carga
AM2	Amido modificado de anidrido n-octenil succínico de milho ceroso para alternativa de goma arábica de baixa viscosidade
ANT	Antocianina
B	Bomba
BAC	Bico atomizador convencional
BAU	Bico atomizador ultrassônico
BET	Betacianinas
CAT	Catalase
CATE	Catequina
Cant	Conteúdo de antocianina
CAR	Carragenina
CFT	Conteúdo fenólico total
CFS	Conteúdo fenólico de superfície
CM	Celulose microcristalina
CV	Coefficiente de vazão
C-E	Convencional-extrato
C-S	Convencional-suco
CS	Caseinato de sódio

CUPRAC	CUPric Reducing Antioxidant Capacity
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
DE	Dextrose equivalente
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
EE	Eficiência de encapsulação
EF	Extrato da fruta
EPI	Epicatequina
ER	Extrato do resíduo
EROs	Espécies reativas de oxigênio
FAAD	Frutano de agave de alto desempenho
FAAGP	Frutano agave de alto grau de polimerização
FB	Fibra de bambu
FC	Farinha de coco
FGB	Farinha de grão de bico
FLA	Flavonol
FT	Flavonoide total
FTIO	Farinha de trigo integral orgânica
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GA	Goma arábica
GAC	Goma acácia
GE	Gelatina
GFG	Goma de feno grego
GG	Goma guar
GGPH	Goma guar parcialmente hidrolisada
GP	Goma persa
GPx	Glutathione peroxidase
GSM	Goma de semente de manjeriço
GX	Goma xantana
HP- β CIC	Hidroxipropil β -ciclodextrina
IN	Inulina
LD	Leite desnatado
LDP	Leite desnatado em pó
MCP	Mucilagem extraída da casca de pitaya
MD	Maltodextrina

MDPC	Maltodextrina pouco cristalizada
MDR	Maltodextrina resistente
MEP	Metileritritol fosfato
MEV	Ácido mevalônico
MMU	Micro moagem úmida
O	Óleo de soja
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
PE	Proteína de ervilha
PEC	Pectina
PEI	Proteína de ervilha isolada
PD	Polidextrose
Pr	Pressão
PIS	Proteína isolada de soja
PSL	Proteína do soro do leite
PSLC	Proteína do soro do leite concentrado
QUE	Quercetina
QUI	Quitosana
RACF	Retenção de ácidos fenólicos
RANT	Retenção de antocianina
RAT	Retenção de antocianinas totais
RBET	Retenção de betacianinas
RES	Resveratrol
RFLA	Retenção de flavonol
RFT	Retenção de fenólicos totais
RPRO	Retenção de proantocianidina
SSV	Secagem por spray à vácuo
TA	Taxa do aspirador
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
TE	Temperatura de entrada
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity
TFA	Taxa de fluxo de alimentação
TFAS	Taxa de fluxo de ar de secagem
TPRO	Total de proantocianidina
TS	Temperatura de saída

UR	Umidade relativa
U-S	Ultrassônico-suco
U-E	Ultrassônico-extrato
UV	Ultravioleta
SOD	Superóxido dismutase
β CIC	β -ciclodextrina
β GLU	β glucana
γ -CIC	γ -ciclodextrina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE	20
2.1. Hipótese	20
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3.1. Resíduos agroindustriais de frutas	20
3.2. Compostos bioativos.....	23
3.3. Compostos fenólicos.....	26
3.4. Radicais livres e capacidade antioxidante.....	29
3.5. Extração de compostos fenólicos e diferentes solventes	31
3.6. Microencapsulação- <i>spray drying</i> e agentes encapsulantes.....	32
3.7. Revisão sistemática e meta-análise.....	35
4. REFERÊNCIAS	38
5. RESULTADOS	48
ARTIGO: MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DE EXTRATOS FENÓLICOS DE FRUTAS E SEUS RESÍDUOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT	49
1. INTRODUÇÃO	50
2. MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1. Pesquisa Bibliográfica e Estratégia de busca.....	52
2.2. Critérios de inclusão e exclusão.....	52
2.3. Seleção de artigos	52
2.4. Análise estatística.....	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.1. Análise estatística.....	66
4. CONCLUSÃO	67
5. REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A.....	83
APÊNDICE B.....	121

1. INTRODUÇÃO

As frutas são componentes importantes para uma alimentação saudável, tendo em vista os benefícios que elas trazem à saúde quando consumidas regularmente. Possuem um elevado teor de fibras, vitaminas, minerais, assim como compostos bioativos que agem diretamente na saúde humana. Estudos epidemiológicos têm demonstrado que devido à grande quantidade de nutrientes presentes nas frutas, a recomendação de sua ingestão seja frequente, no intuito da prevenção de diversas doenças como cardiovasculares, alguns tipos de câncer e doenças associadas ao envelhecimento (MORAIS et al., 2015; KRUMREICH et al., 2015; KARSHIMA, 2018; FARIAS et al., 2020). Em sua maioria as frutas são consumidas na sua forma *in natura*, contudo seu processamento para elaboração de produtos, como polpas congeladas, sucos, doces, geléias, chás e vinhos, possibilitam um melhor aproveitamento e conservação durante a safra e opção da sua utilização para consumo também no período entressafra. No entanto, o processamento chega a gerar uma grande quantidade de resíduos que quando não são descartados de forma adequada podem trazer graves problemas ambientais, uma vez que mesmo sendo biodegradáveis, precisam de um tempo para se decompor (DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

Os resíduos de frutas, constituídos de restos de polpas, cascas e caroços/sementes, que normalmente são descartados, ainda, contêm quantidades importante de diversos nutrientes, como vitaminas, minerais e fibras alimentares, além de compostos bioativos conhecidos por seus benefícios à saúde, decorrentes, principalmente, de sua propriedade antioxidante (STELMACH; POHL; MADEJA, 2015). Esses compostos bioativos, também chamados de fitoquímicos, são provenientes do metabolismo secundário das plantas desempenhando papel fundamental para defesa e proteção do vegetal, assim como possuem uma importante utilização nas indústrias farmacêutica, de alimentos, cosméticos, dentre outras (SHIH; MORGAN, 2020). Estes compostos por terem ação antioxidante, reduzem ou inibem a ação de radicais livres e, conseqüentemente, exercem benefícios ao organismo, podendo prevenir ou reduzir o risco do desenvolvimento de diversas doenças (HE et al., 2017). Em vista dos seus benefícios, os resíduos agroindustriais podem ser utilizados como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos alimentícios ou para extração de compostos bioativos a serem empregados em alimentos como aditivos naturais.

Dentre os compostos bioativos presente nas frutas podemos destacar os compostos fenólicos, que são fitoquímicos amplamente distribuídos no reino vegetal possuindo mais de 8000 estruturas identificadas. Apresentam importantes propriedades biológicas, ganhando

grande destaque nas pesquisas, visto que o seu consumo por meio dos alimentos tem se demonstrado de grande importância, principalmente devido a sua ação antioxidante que reduz ou evita danos ao organismo causados pelo estresse oxidativo (MARTINS; PETROPOULOS; FERREIRA, 2016). Os compostos fenólicos são substâncias lábeis, facilmente degradadas na presença de luz, oxigênio, umidade, entre outros. Sendo assim, para o emprego destes compostos em alimentos se faz necessário adotar tecnologias, dentre as quais se destaca a encapsulação, que permitam protegê-los das condições adversas, preservando sua funcionalidade (KUCK; NOREÑA, 2016; GRGIC et al., 2020).

A microencapsulação consiste na técnica que permite aprisionar um ingrediente ativo ou núcleo, utilizando um revestimento denominado material de parede ou agente encapsulante, que tem a função de isolar total ou parcialmente o material ativo protegendo-o das condições do meio externo e permitindo uma liberação controlada a partir de condições específicas de pH, temperatura, pressão ou ação de enzimas (SHARIF, 2020). Existem várias técnicas de encapsulação, destacando-se a atomização (*spray drying*), técnica comumente usada em escala industrial por apresentar diversas vantagens como operação relativamente simples, contínua, baixo custo, quando comparada a outras técnicas, além de alta reprodutibilidade, bastante utilizada na área farmacêutica, cosmético, indústria agrícola e indústria alimentícia (BAKRY et al., 2015). Sua aplicação na indústria de alimentos visa proteger o ingrediente ativo contra as reações adversas do meio, permitindo uma maior estabilidade, funcionalidade, aumento de vida de prateleira do produto, assim como impedir perdas sensoriais e nutricionais. Essa técnica pode ser aplicada na encapsulação de óleos essenciais, corantes, aromatizantes, adoçantes, compostos bioativos, microrganismos dentre outros (RAY; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016).

A eficiência da proteção dos compostos bioativos se deve também pela escolha do agente encapsulante empregado no processo (DIAS et al., 2017). Na microencapsulação tem se utilizado uma diversidade de agentes encapsulantes que além de promoverem o revestimento dos compostos ativos de modo a proporcionar proteção durante o armazenamento prolongado, evitam a ocorrência de alterações químicas e sensoriais no material encapsulado (GOUIN, 2004; SOUZA et al., 2015), conferindo também forma à microcápsula. Dentre os encapsulantes utilizados se destacam os polissacarídeos, proteínas, lipídios e biopolímeros, assim como suas blends. A escolha do agente encapsulante vai depender de vários fatores, entre eles o processo utilizado, o mecanismo de liberação, o material a ser encapsulado (COSTA et al., 2015).

A maltodextrina é um polissacarídeo formado a partir da hidrólise parcial do amido de milho, sendo bastante utilizada no processo de encapsulação por apresentar características importantes como baixa viscosidade, baixa higroscopicidade, baixo custo, alta solubilidade e boa retenção de voláteis. Entretanto, por apresentar baixa capacidade emulsificante seu uso associado a outros agentes, como proteínas e gomas, tendem a aumentar essa capacidade, melhorando a eficiência da encapsulação (COSTA et al., 2015; LEE; TAIP; ABDULLAH; 2018). A goma arábica é constituída pela mistura de polissacarídeos e glicoproteínas, e também vem sendo bastante utilizada na microencapsulação por apresentar alta solubilidade, baixa viscosidade, boas propriedades emulsificantes, sabor suave e elevada estabilidade oxidativa (COSTA et al., 2015). Embora a goma arábica se encontre entre os materiais mais utilizados para encapsulação, estudos recentes vêm mostrando que a PIS (proteína isolada de soja) é uma alternativa interessante devido ao seu baixo custo, vasta oferta e também excelente propriedade emulsificante (CHEN; LIU; TANG, 2020; AHMED; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ; GARCÍA, 2020), podendo ser utilizada como uma alternativa na melhora da capacidade emulsificante quando utilizada em combinação com a maltodextrina e goma arábica (PIECZYKOLAN; KUREK, 2019; TOLUN; ARTIK; ALTINTAS, 2020). O uso de proteína vegetal como agente encapsulante reflete uma tendência atual “verde”, nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e alimentos. A PIS tem alto poder emulsificante, além de ser uma proteína de fonte vegetal o que a caracteriza como uma matéria prima mais renovável e biodegradável, apresentando alto potencial como agente encapsulante (MOSER; SOUZA; TELIS, 2016; SOUZA; GURAK; MARCZAK, 2017; PATEL; KAR; MOHAPATRA, 2020).

Frente a crescente evolução de estudos na área de microencapsulação, em especial de extratos fenólicos, é importante integrar as informações existentes sobre essa temática. Sendo assim, a revisão sistemática e a meta-análise constituem relevantes instrumentos metodológicos de pesquisas que permitem reunir evidências procedentes de estudos realizados em locais e momentos diferentes, por grupos de pesquisa independentes, possibilitando a geração de evidência científica na temática que auxiliam na orientação de investigações futuras. A revisão sistemática é realizada a partir de um protocolo específico, com critérios definidos para sua elaboração, apresentando seus próprios objetivos, problemas de pesquisa, metodologia, resultados e conclusão (ROCKEMBACH, 2018). Uma vez reunido os resultados dos estudos, expressos em uma medida padronizada, aplica-se a meta-análise que consiste em uma análise estatística com intuito de resumir e sintetizar

evidências sobre a eficácia e os efeitos de intervenção, evitando viés e possibilitando uma análise mais objetiva dos resultados (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2018).

Considerando, portanto, a importância de estudos nessa área, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão sistemática com meta-análise para averiguar as evidências mais atuais sobre as condições de processo de encapsulação por *spray drying* de extratos fenólicos obtidos a partir de frutas e seus resíduos, utilizando maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja, como agente encapsulante, tanto na forma isolada como em blends.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

As frutas e seus resíduos agroindustriais são fontes de compostos bioativos, com elevada ação antioxidante que trazem diversos benefícios à saúde. Em vista desses benefícios, podem ser utilizados como ingredientes no desenvolvimento de novos produtos alimentícios ou seus extratos podem ser empregados em alimentos como aditivos naturais. Porém, torna-se necessário estabilizar esses compostos em relação aos fatores do meio, utilizando para isso a técnica de encapsulação. Entretanto, considerando a variedade de estudos existentes com encapsulação por atomização e tendo em vista a utilização de maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja como agentes encapsulantes, há necessidade de esclarecer alguns questionamentos: Qual agente encapsulante utilizado com mais frequência nos estudos? Qual agente encapsulante permite uma melhor eficiência de encapsulação no produto final? Qual método antioxidante utilizado com maior frequência nos estudos? Qual fruta ou resíduo foi mais utilizado como fonte de compostos fenólicos a partir do emprego da técnica de atomização?

2.1. Hipótese

A maltodextrina isolada ou em combinação com hidrocolóides apresenta as características satisfatórias para o seu emprego como agente encapsulante no processo de atomização, sendo ainda a mais recorrente nos estudos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Resíduos agroindustriais de frutas

Com o passar dos anos tem se observado que uma parcela da população vem mudando seu padrão de consumo alimentar na busca de uma alimentação mais balanceada e saudável, tudo isso no intuito de melhorar a qualidade de vida e bem-estar. As frutas são importantes fontes de moléculas bioativas, e o seu consumo está associado a benefícios a saúde humana, como prevenção de doenças. Devido à grande quantidade de nutrientes presentes nas frutas, estudos epidemiológicos têm demonstrado que a recomendação de ingestão frequente, tem como intuito a prevenção de doenças cardiovasculares, de alguns tipos de câncer e de doenças associadas ao envelhecimento (MORAIS et al., 2015; KRUMREICH et al., 2015; FARIAS et al., 2020). Esse benefício à saúde está relacionado ao efeito protetor de uma variedade de substâncias contidas nas frutas que exibem capacidade antioxidante, como algumas vitaminas, carotenoides, e polifenóis tais como flavonóides, ácido clorogênico e cumarinas (BREDA; KOK, 2018). Sendo assim, a associação do consumo de frutas e os benefícios à saúde tem favorecido, cada vez mais, a um crescente aumento do comércio de produtos hortícolas (OMENA et al., 2012).

O elevado desenvolvimento tecnológico ao longo dos anos, acompanhado do crescimento populacional e da maior demanda de produtos no mercado, trouxe consigo um aumento na fabricação de produtos industrializados. Esse cenário influenciou no decorrer do tempo o surgimento da indústria de alimentos que tem a finalidade de transformar a matéria prima em produtos adequados para o consumo, a partir de processos físicos, químicos ou biológicos. Essa industrialização possibilitou assim, uma maior vida de prateleira dos produtos, maior diversificação e possibilidade de consumo de produtos em períodos de entressafra, inclusive em diferentes regiões (VICENTINI, 2015). As frutas são comumente consumidas na forma *in natura*, porém por apresentar uma alta perecibilidade, regionalidade e interesse do mercado em função da sua composição, o seu processamento na elaboração, por exemplo, de polpas congeladas tem sido uma alternativa viável para a diminuição do desperdício, possibilitando melhor aproveitamento e conservação durante a safra e opção de consumo também no período entressafra. Esse segmento agroindustrial tem apresentado um elevado crescimento no mercado, porém acompanhado de um efeito negativo ao meio ambiente, visto que, o processamento de frutas, chega a gerar cerca de 30-40% de resíduos agroindustriais, os quais na maioria das vezes não possuem um descarte adequado sendo desperdiçados ou subvalorizados (SOUSA et al., 2011; JERONIMO, 2012; DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

Segundo Sá Leitão (2012), o resíduo na indústria de alimentos ou subproduto é toda parte da matéria prima que não foi utilizada no processo para elaboração do produto final, e sua composição varia de acordo com a natureza da matéria prima. Por exemplo, na elaboração de polpas de frutas os resíduos ou subprodutos gerados são constituídos por cascas, sementes ou caroços e bagaço, os quais quando não descartados da forma correta trazem efeitos negativos ao meio ambiente como poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas. Esses resíduos por possuírem grande quantidade de matéria orgânica, quando lançados em corpos hídricos proporcionam decréscimo na concentração de oxigênio que está dissolvido nesse meio, causando um desequilíbrio ambiental, e quando descartados sem tratamento em aterros, à medida que se decompõem vão emitindo gases de efeito estufa prejudiciais. O aumento de resíduos agroindustriais e o seu descarte inadequado tem sido um problema mundial crescente, causando um maior interesse e preocupação quanto à sua redução e reaproveitamento (VILARIÑO; FRANCO; QUARRINGTON, 2017; NAVES, 2019; RODRIGUES et al., 2019).

Dessa forma, diversas aplicações vêm sendo estudadas como meio de aproveitamento desses resíduos, sendo a área de alimentação animal a que mais utiliza esse material (STORCK et al., 2015). No entanto, pesquisas mais recentes vêm mostrando que os resíduos agroindustriais podem ser utilizados como ingrediente na produção de diferentes produtos como bebidas, sobremesas, derivados do leite, biscoitos, massas e pães, como também na produção de biogás (BONFIM et al., 2019), de enzimas, de biocombustíveis (LEITNER et al., 2017) e de biopolímeros (RANGANATHAN et al., 2020), além da utilização na indústria farmacêutica (GUPTA et al., 2019), cosmética e química (KOWALSKA et al., 2017). Do ponto de vista que as frutas e, conseqüentemente, seus subprodutos, possuem uma quantidade significativa de vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos, essenciais à saúde, a utilização desses subprodutos pela indústria de alimentos, para formulação ou enriquecimento de novos produtos tem se mostrado promissor (SARGA et al., 2018). Por outro lado, os compostos bioativos presentes nos resíduos por apresentarem alto valor biológico vem ganhando grande atenção na indústria de alimentos e farmacêutica, uma vez que podem ser usados na elaboração de nutracêuticos e ingredientes alimentares funcionais, cujas propriedades terapêuticas trazem benefícios ao organismo. O uso desses compostos extraídos de resíduos agroindustriais a serem usados como aditivos alimentares funcionais, torna-se interessante para a indústria de alimentos, visto que podem ser empregados como antioxidantes, antimicrobianos, corantes, aromatizantes e agentes espessantes, aumentando

a vida de prateleira dos produtos, o valor nutricional e as características sensoriais dos alimentos (MARTINS; FERREIRA, 2017).

3.2. Compostos bioativos

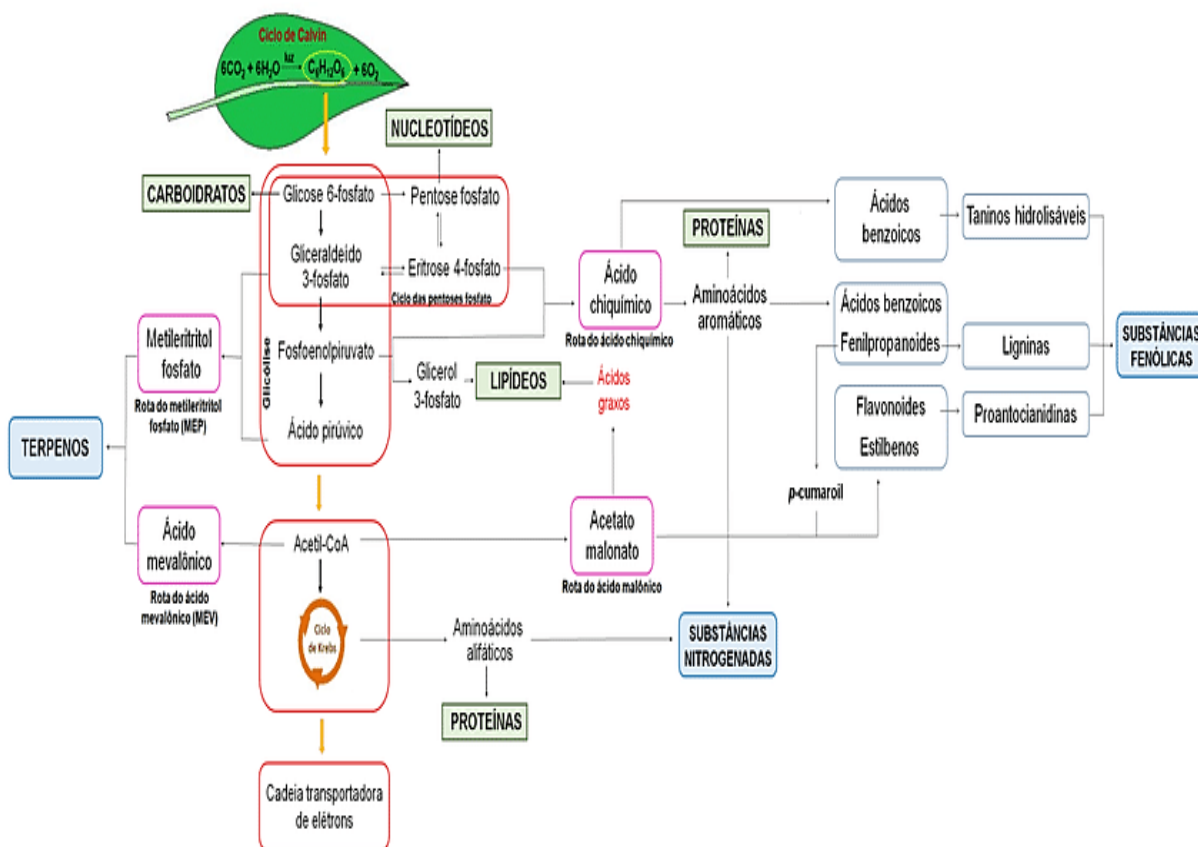
Os compostos bioativos são componentes químicos sintetizados de forma natural pelos organismos vivos tanto de origem animal quanto vegetal, produzindo efeitos biológicos sobre os seres vivos, resultando em benefícios ao organismo quando consumidos (KARASAWA; MOHAN, 2018). Dentre os alimentos de origem animal, o mel é um dos que tem uma grande importância na Medicina tradicional em virtude de conter em sua composição compostos bioativos como os flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides e ácidos orgânicos, que exibem ação antioxidante, reduzindo assim, o efeito dos radicais livres nas células. Outro exemplo de alimento de origem animal são os peixes fontes de ômega 3, ácidos graxos poli-insaturados, componentes que apresentam ação anti-inflamatória, atuando na prevenção de doenças cardiovasculares e redução dos níveis de triglicerídeos, colesterol como também redução da pressão arterial (SHERR et al., 2014; COSTA; ROCHA; MATEUS, 2016).

Apesar da ocorrência de compostos bioativos em alimentos de origem animal, a maior incidência se faz nos alimentos vegetais, onde esses componentes também conhecidos como fitoquímicos estão presentes em pequenas quantidades, sendo sintetizados naturalmente em frutas, verduras, leguminosas e tubérculos. São componentes extranutricionais, provenientes de reações anabólicas e catabólicas que ocorrem no metabolismo secundário das plantas, podendo pertencer a diferentes classes a depender de sua natureza química. Esses metabolitos desempenham papel fundamental para defesa e proteção das plantas, assim como possuem uma importante utilização nas indústrias farmacêutica, de alimentos, cosméticos, dentre outras (GYAWALI; IBRAHIM, 2014; STELMACH; POHL; MADEJA, 2015).

O metabolismo vegetal é um conjunto de reações químicas que ocorrem nas células, sendo responsável pela degradação, acúmulo e formação de substâncias de natureza orgânica. É dividido em metabolismo primário, designado também como metabolismo geral, e em metabolismo secundário. O metabolismo primário está relacionado ao fisiologismo básico das plantas que são comuns a maioria dos vegetais e pouco variável, sendo responsável pela síntese de carboidratos, proteínas, ácidos nucleicos e lipídios, componentes vitais para a sobrevivência das espécies, envolvidos na respiração, fotossíntese,

desenvolvimento celular, entre outros. Por outro lado, o metabolismo secundário sintetiza substâncias que não estão ligadas diretamente aos processos vitais dos vegetais, como o fornecimento de energia e constituição do protoplasto, porém esses metabolitos denominados também de fitoquímicos ou princípio ativo dos vegetais, desempenham funções ecológicas importantes como: proteção contra a radiação UV (ultravioleta), a poluição e os microrganismos, atração de polinizadores e defesa contra herbívoros, agindo como estratégias químicas dos vegetais ao interagir com o ambiente ao seu redor, fundamentais na defesa e proteção contra qualquer dano ecológico. Esses metabolitos secundários variam de acordo com a família, espécie ou gênero, não estando presentes ubiquamente em todas as plantas (KABERA et al., 2014; VAN GROENIGEN et al., 2015; O'CONNOR, 2015; SOARES et al., 2016). Esses compostos são sintetizados a partir de quatro vias de biossíntese: via do acetato malonato, do ácido mevalônico (MEV), do metileritritol fosfato (MEP) e do ácido chiquímico (Figura 1).

Figura 1- Esquema geral das vias de biossíntese do metabolismo vegetal secundário (retângulos rosas) e suas conexões com o metabolismo primário (retângulos vermelhos), em detalhe os produtos dos metabólitos primários (verde) e os secundários (azul). Figura de Moreira (2015).



Os metabolitos secundários constituem três grandes grupos, classificados de acordo com as semelhanças estruturais e propriedades químicas, sendo eles: terpenos, compostos nitrogenados e compostos fenólicos, como mostra na Figura 1 (CUNHA et al., 2016).

Os terpenos são hidrocarbonetos naturais sintetizados a partir da via do ácido mevalônico e do metileritritol fosfato, constituindo a maior classe de produtos naturais, onde já foram identificadas mais de 55.000 substâncias. Sua estrutura básica é formada pela união de cinco átomos de carbono, chamada de isopreno (C_5H_8) que ao se polimerizar podem formar diferentes terpenos classificados como: hemiterpenos (C5), monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), sesterpenos (C25), triterpenos (C30), tetraterpenos (C40) e politerpenos (> C40). Alguns terpenos como os monoterpenos e sesquiterpenos estão presentes nos óleos essenciais e agem como toxina na defesa das plantas contra herbívoros ou na atração de polinizadores, exibindo também atividade antimicrobiana, sendo utilizados na indústria de cosmético, farmacêutica e alimentícia. Na área de alimentos os tetraterpenos é o subgrupo de destaque visto que apresentam propriedades funcionais fisiológicas como atividade antioxidante, alguns com função provitamina A, além de atuarem como corantes por serem um grande grupo de pigmentos naturais (PAGARE, et al., 2015; BORGES; AMORIM, 2020).

Os compostos nitrogenados são sintetizados em sua maioria a partir de aminoácidos comuns nas vias do ácido chiquímico e do acetato malonato, possuindo um ou mais átomos de nitrogênio em sua estrutura. Estes metabólitos incluem os alcalóides, glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos e aminoácidos não proteicos. Os alcalóides se destacam por serem encontrados em aproximadamente 20% das plantas vasculares, sendo reconhecidos pelo seu amplo espectro de atividades biológicas, como as propriedades farmacológicas em animais vertebrados, e constituindo princípios ativos em plantas medicinais. Nas plantas têm função de defesa contra herbívoros por possuírem toxicidade e capacidade dissuasora (ANULIKA, et al., 2016; ISAH, 2019; BORGES; AMORIM, 2020). Suas propriedades são antifúngicas, antibacteriana, antiplasmódica e antitumoral. A morfina, potente anestésico, extraído da espécie *Papaver somniferum*, foi o primeiro medicamento obtido de um alcaloide. Outro exemplo é a codeína, utilizada na formulação de xaropes antitussígeno e a papaverina, utilizada em medicamentos contra cólicas (BESSA et al., 2013).

Os compostos fenólicos, grupo quimicamente heterogêneo, que apresenta em sua estrutura uma hidroxila funcional ligada a um anel aromático. Esse grupo de compostos possui uma variedade de substâncias que, a depender da sua estrutura química, vão desde compostos simples até compostos com alto grau de polimerização. Estes compostos

sintetizados a partir das vias do ácido chiquímico e do acetato malonato, estão presentes em diversos vegetais, tendo como função sua proteção contra patógenos e herbívoros. Aliado a isso, promovem diversos efeitos fisiológicos como: antialérgicos, anti-inflamatórios, antimicrobianos, antioxidantes e cardioprotetores, considerados benéficos a saúde humana. Estes fitoquímicos em função de suas propriedades bioativas vêm ganhando grande destaque na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosmético (PAGARE, et al., 2015; KIM et al., 2016).

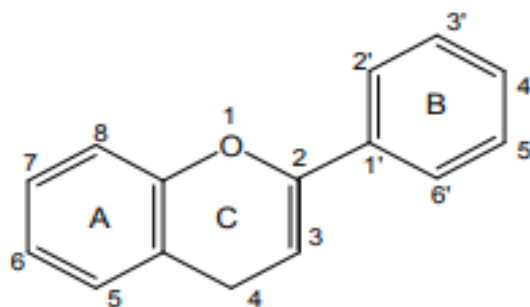
A importância do consumo de frutas vem ganhando cada vez mais destaque, uma vez que apresentam compostos bioativos em sua composição, os quais possuem importantes efeitos na saúde, sendo promotores e peças-chaves na promoção da qualidade de vida. Dentre a gama de efeitos fisiológicos, esses compostos tem grande papel como agente antioxidante, interferindo nos processos patogênicos das doenças, diminuindo assim o risco de diversas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) como diabetes, doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e doenças associadas ao envelhecimento (ANDRÉS; MATEO-VIVARACHO; TENORIO, 2016; SIOW; LIM; GAN, 2017).

3.3. Compostos fenólicos

Entre os antioxidantes presentes nas frutas, os compostos fenólicos são os mais frequentes, estando amplamente distribuídos no reino vegetal, possuindo mais de 8000 estruturas identificadas, cuja biossíntese ocorre a partir do ácido chiquímico e acetato malonato. Nos vegetais podem se apresentar tanto na forma livre como ligados a proteínas e açúcares (glicosídeos), e estão divididos em duas classes principais: flavonóides e não flavonoides (MARTINS; PETROPOULOS; FERREIRA, 2016).

Os flavonóides estão amplamente presentes nas plantas, com mais de 4000 variedades identificadas. Apresentam uma rica diversidade estrutural, possuindo na sua estrutura básica 15 carbonos, consistindo em dois anéis aromáticos (A e B) e um anel pirano ou pirona (C) (Figura 2), e as mudanças nessa estrutura, como hidroxilação, metilação, acilação, dentre outros, podem dar origem a diversas subclasses, sendo as principais: flavonóis, flavonas, flavanóis, flavanonas, isoflavonas e antocianidinas (Figura 3) (MACHADO et al., 2008; LIU et al., 2015).

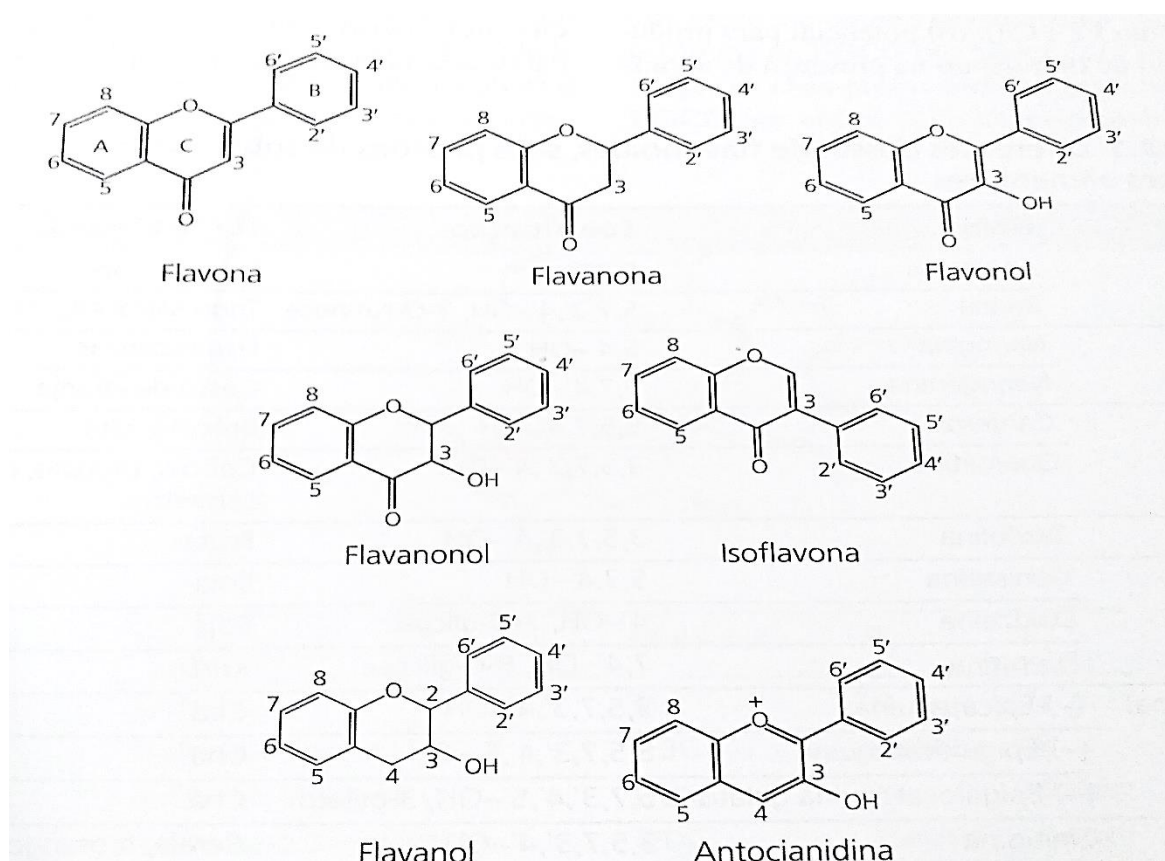
Figura 2- Estrutura química dos flavonóides.



Os flavonóis apresentam uma estrutura 3-hidroxi-flavona, ocorrendo mais comumente na forma glicosilada e tem como principais representantes a quercetina e o caempferol, e, dentre suas fontes alimentares podemos citar a cebola, brócolis, couve, chá e maçã. Possuem propriedades biológicas que reduzem o risco de algumas doenças crônicas como doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (DUAN et al., 2020). As flavonas, são compostos menos abundantes em vegetais quando comparados aos flavonóis, sendo os principais a luteolina e apigenina, encontrados na salsa e aipo. Contudo também apresentam propriedades importantes como ação antioxidante, anticâncer e anti-inflamatória (NIEDZWIECKI et al., 2016). O grupo flavanóis (flavan-3-ol), possuem em sua estrutura um anel heterocíclico saturado e um grupo hidroxila na posição 3, seus principais componentes são as catequinas e epicatequinas, encontrados em alimentos como maçã e grãos de cacau, e em bebidas como chá e vinho, possuindo ação anti-inflamatória e antioxidante (RUIJTERS et al., 2014; MACHADO; DOMÍNGUEZ-PERLES, 2017). As flavanonas diferem quimicamente das flavonas por não apresentarem uma ligação saturada entre os carbonos na posição 2 e 3, são incolores e estão presentes em frutas cítricas como laranja, limão, tangerina e lima. As principais flavanonas encontradas na natureza são hesperidina, naringina, naringenina, apresentam ações antioxidante, anti-inflamatória, anticâncer (KHAN; ZILL-E-HUMA; DANGLES, 2014; KARIM et al., 2018). As isoflavonas apresentam em sua estrutura química uma carbonila na posição 4 e o anel B encontra-se ligado ao restante da molécula a partir do carbono 3, pertencem a classe dos fitoestrógenos e estão presentes em leguminosas, em particular a soja. Seus principais compostos são a daidzeína e a genisteína, com potenciais benefícios no controle de doenças crônicas, com efeitos anti-inflamatório, anticâncer, síndrome antimetabólica e antiosteoporose, bem como na regulação da biota intestinal (HSIAO; HO; PAN, 2020).

As antocianidinas ocorrem na natureza como agliconas, tendo como estrutura base o cátion flavilium com um grupo hidroxila na posição 3, e duas ligações duplas entre o oxigênio e o carbono 2 e entre o carbono 3 e 4. Os principais compostos são pelargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina e malvidina. As antocianinas são derivadas das antocianidinas e apresentam grupos glicosídeos em suas estruturas. Esses compostos são pigmentos naturais responsáveis por uma variedade de cores que vão do vermelho, azul até o roxo em flores, frutos, algumas folhas e até raízes. Além de fontes naturais de corantes, agem como potente antioxidante trazendo benefícios à saúde (TSAO, 2010).

Figura 3- Estrutura química dos principais flavonóides.



No grupo dos não flavonóides, podemos destacar os ácidos fenólicos, estilbeno, taninos e cumarinas. Os ácidos fenólicos são os que se encontram em maior quantidade na natureza, sendo classificados em dois grupos: os derivados do ácido hidroxibenzóico e os derivados do ácido hidroxicinâmico (LIU et al., 2015). Em sua estrutura química, apresentam um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamento hidroxila, podendo se apresentar nos vegetais na forma insolúvel ou conjugada. Como exemplo de ácidos hidroxibenzóico temos: ácido gálico, p-hidroxibenzóico, vanílico,

siringico, protocatecoico e gentísico. Enquanto que na classe dos ácidos hidroxicinâmico estão o ácido cafeico, *p*-cumárico, ferúlico e sinápico, estando presentes em algumas bebidas vegetais, como chá mate e café além de frutas cítricas, maçã, ameixa e cereais (KARASAWA; MOHAN, 2018).

O estilbeno mais importante e estudado é o resveratrol (3,5,4'-trihidroxi-droxiestilbeno), que é uma fitoalexina trifenólica encontrada em uvas, amendoim, frutas vermelhas e vinho. Esse composto tem sido bastante estudado por possuir vários benefícios a saúde devido a sua atividade antioxidante, anti-inflamatória, quimiopreventiva e cardioprotetora (ALBERTONI; SCHOR, 2015). Os taninos que constituem uma das classes de polifenóis, são divididos em duas famílias: os taninos hidrolisáveis e os taninos condensáveis. Os hidrolisáveis (elagitaninos, galitaninos), são ésteres de ácidos gálico e elágicos glicosilados, podendo ser encontrados em frutas vermelhas, nozes e vinho tinto. Os taninos condensáveis (proantocianidinas), produtos do metabolismo do fenilpropanol, são mais abundantes e podem ser encontrados em cereais, vegetais e algumas bebidas (ANGELO; JORGE, 2007; SILVA et al., 2017). Ainda na classe dos fenólicos encontram-se as cumarinas, que são lactonas do ácido *o*-hidroxicinâmico, possuindo também várias atividades biológicas como: ação antioxidante, anti-inflamatória, anticâncer e neuroprotetora (SANDHU et al., 2014).

De forma geral os compostos fenólicos estão presentes em diversas frutas como as cítricas e vermelhas, vegetais folhosos, legumes, raízes, ervas, temperos, chás, café e vinho. Esses fitoquímicos vêm ganhando grande destaque por possuírem características biológicas importantes para a saúde do ser humano, como ação antioxidante, atenuando o estresse oxidativo em diversos processos patológicos como câncer, doenças cardiovasculares, diabetes, doenças neurodegenerativas, dentre outras (COSME et al., 2020).

3.4. Radicais livres e capacidade antioxidante

Radical livre é designado como todo átomo que apresenta um ou mais elétrons desemparelhados ocupando sozinho um orbital atômico. Essa configuração faz dos radicais livres moléculas instáveis e quimicamente reativas, podendo doar ou receber elétrons de outras moléculas. Os radicais livres são gerados a partir do metabolismo normal do organismo e têm importância na manutenção das funções fisiológicas, porém também podem ser formados a partir de fatores externos como exposição a raio X, raios ultravioletas, poluição ambiental, produtos químicos industriais, consumo de bebida alcoólica e cigarro.

As principais espécies reativas de oxigênio (EROs) formadas são: radicais superóxido (O_2^-), radicais hidroxila (OH^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2). Esses EROs podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana, e a depender do sítio de formação, têm como alvo as proteínas, lipídios, carboidratos e DNA (JING; DIAO; YU, 2019; GUPTA; KUMAR; PANDEY, 2020; HAIDER, et al., 2020).

A produção contínua dos radicais livres durante o metabolismo do organismo desencadeou no surgimento de mecanismos de defesa antioxidante do corpo para contrabalancear essa produção e seus potenciais efeitos negativos, neutralizando assim os radicais livres e mantendo a homeostase oxidativa. Contudo, um aumento na produção de radicais a partir de fatores exógenos ou pela deficiência dos mecanismos antioxidantes podem ocasionar um desequilíbrio, caracterizado como estresse oxidativo. Esse desequilíbrio entre agentes oxidantes e antioxidantes, ocasionam cadeias de reações bioquímicas que prejudicam os componentes celulares podendo resultar em dano e até morte celular, sendo essa ocorrência associada ao processo etiológico de diversas doenças, como: hepáticas, cardiovasculares, diabetes, hipertensão, câncer, aterosclerose e transtornos neurodegenerativos (SHARMA; GUPTA; SHARMA, 2018).

Antioxidante é qualquer substância capaz de fornecer um elétron ao radical livre sem se desestabilizar, agindo de forma a reduzir ou inibir a oxidação, interrompendo assim as reações em cadeia do substrato. O sistema de defesa antioxidante no organismo pode ocorrer por diferentes mecanismos de ação: sistema de prevenção, quando há o impedimento da formação dos radicais livres; sistema de varredores, quando os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais impedindo a ação deles; e sistema de reparo, quando os antioxidantes reparam as lesões celulares ocasionadas pelos radicais. O sistema de defesa pode ser dividido em enzimático e não enzimático. O sistema enzimático é composto por enzimas produzidas no organismo, sendo elas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx), que agem por meio de mecanismos de prevenção, impedindo e/ou controlando a formação dos radicais livres protegendo as células e os tecidos do estresse oxidativo. No sistema não enzimático, os antioxidantes correspondem aos compostos adquiridos de forma exógena, por meio da alimentação, com o consumo de vitaminas, minerais e compostos fenólicos (BARBOSA, et al. 2010; HE et al., 2017).

A população tem buscado de forma mais efetiva uma alimentação equilibrada, com o consumo de frutas, baseado na premissa de que esse consumo têm um importante papel na prevenção de diversas doenças que são mediadas por radicais livres, visto que esses alimentos apresentam fitoquímicos em sua composição agindo como antioxidantes, fazendo

parte do sistema não enzimático na defesa do organismo. As frutas, além de possuírem vitaminas e minerais, são importantes fontes de compostos fenólicos, antioxidantes que diminuem os danos oxidativos, pois restringem a propagação das reações em cadeia e as lesões induzidas pelos radicais livres, portanto seu consumo a longo prazo vem demonstrando proteção contra o desenvolvimento de câncer, diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, osteoporose e doenças degenerativas (BJØRKLUND; CHIRUMBOLO, 2017; CHANG; ALASALVAR; SHAHIDI, 2018). Estudos destacam também a importância da utilização dos resíduos de frutas em aplicações alimentares, pelo fato deles também fornecerem quantidades significativas de nutrientes e compostos bioativos, podendo agir de forma nutricional e terapêutica. Como exemplo podemos citar o uso dos resíduos da manga, mamão, abacaxi, jaca e maracujá que demonstraram propriedades valiosas como ação antioxidante, antimicrobiana e alto teor de fibras, podendo serem utilizados em aplicações alimentares como ingredientes para produtos funcionais (CHEOK et al., 2016).

3.5. Extração de compostos fenólicos e diferentes solventes

A extração dos compostos fenólicos em matriz vegetal é influenciada por diversos fatores, como a natureza química dos compostos, tamanho das partículas, presença de substâncias interferentes, método de extração, tipo de solvente utilizado, entre outros. Os compostos fenólicos por possuírem diferentes polaridades não possuem um único método de extração eficiente, portanto é fundamental avaliar as diferentes matrizes alimentares. A eficiência do processo de extração proporciona o máximo de rendimento de substâncias, com elevada concentração dos componentes alvo e poder antioxidante (MOKRANI; MADANI, 2016).

No que diz respeito à escolha do solvente é necessário considerar a solubilidade dos metabólitos desejados, assim como, polaridade, viscosidade, densidade, ligação de hidrogênio e pressão de vapor do solvente. A extração sólido-líquido é frequentemente empregada para extração de compostos fenólicos, sendo bastante utilizados os solventes etanol, metanol, acetona e água em diferentes proporções (SÁNCHEZ-VALDEPEÑAS et al., 2015; MOHAMMEDI et al., 2019). O metanol embora proporcione uma extração satisfatória, apresenta alta toxicidade para humanos, animais e meio ambiente (REZAINI et al., 2015; SÁNCHEZ-VALDEPEÑAS et al., 2015; FANALI et al., 2018). Outro aspecto importante a considerar é a quantidade do solvente a ser utilizada na extração, uma vez que

o excesso de solvente poderá trazer riscos à saúde e ser prejudicial ao meio ambiente (NASTIC et al., 2018).

3.6. Microencapsulação- *spray drying* e agentes encapsulantes

Microencapsulação consiste em um processo tecnológico que permite aprisionar um ingrediente ativo ou núcleo, utilizando um revestimento denominado material de parede ou agente encapsulante, que tem a função de isolar total ou parcialmente o material ativo protegendo-o das condições do meio externo e permitindo uma liberação controlada a partir de condições específicas de pH, temperatura, pressão ou ação de enzimas. As partículas formadas são classificadas de acordo com o tamanho e variam entre macro ($> 5000 \mu\text{m}$), micro ($1-5000 \mu\text{m}$) e nano ($< 1\mu\text{m}$) (SHARIF, 2020). As micropartículas podem ser classificadas em microesferas ou microcápsulas de acordo com a sua estrutura interna e morfologia. As microesferas são do tipo matriz, cujo material encapsulado forma uma rede de partículas que ficam distribuídas por todo material encapsulante. As microcápsulas são do tipo reservatório, no qual o material encapsulado fica localizado na região central, envolto por uma camada de material de parede (NUNES et al., 2015; PEREIRA et al., 2018).

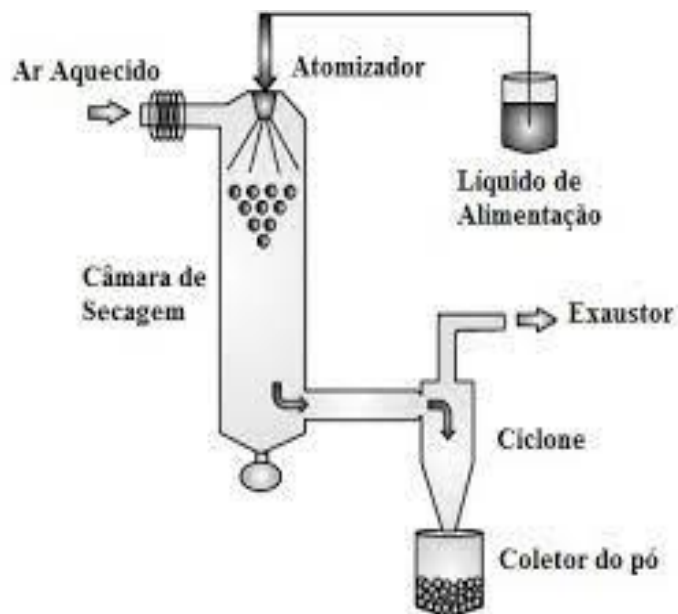
As partículas formadas variam de tamanho, forma e estrutura a partir do método de encapsulação e do agente encapsulante empregado. Vários são os métodos utilizados para a microencapsulação, sendo eles divididos em físicos, químicos e físico-químicos. A escolha do método vai depender do tipo de material a ser encapsulado, da interação dele com o agente encapsulante, da aplicação e do mecanismo de liberação desejado. Entre os métodos físicos podemos citar: *spray drying* (secagem por atomização), *spray cooling*, leiteo fluidizado, liofilização, cocristalização e extrusão centrifuga com múltiplos orifícios. Os métodos químicos englobam inclusão molecular e polimerização interfacial, e dentre os métodos físico-químicos estão a coacervação simples e complexa emulsificação seguida de evaporação do solvente, pulverização em agente formador de reticulação e envolvimento lipossômico (GONÇALVES; ESTEVINHO; ROCHA, 2016; RIBEIRO; VELOSO, 2020).

A encapsulação é uma tecnologia amplamente utilizada em diversas áreas como farmacêutica (IDREES et al., 2020), cosmético (FIGUEROA-ROBLES; ANTUNES-RICARDO; GUAJARDO-FLORES, 2020), indústria agrícola (PASCOLI et al., 2020) e vem ganhando grande destaque na indústria alimentícia (BRATOVCIC; SULJAGIC, 2019; COELHO; ESTEVINHO; ROCHA, 2021). Sua aplicação na indústria de alimentos tem o intuito de proteger o ingrediente ativo contra as reações adversas do meio (luz, calor,

umidade, oxidação), permitindo uma maior estabilidade, funcionalidade, aumento de vida de prateleira do produto, assim como impedir perdas sensoriais e nutricionais. Essa técnica é aplicada na encapsulação de óleos essenciais, corantes, aromatizantes, adoçantes, compostos bioativos, microrganismos dentre outros (TARONE; CAZARIN; JUNIOR, 2020). Existem alguns parâmetros que são utilizados para avaliar a qualidade do processo de encapsulação, e um deles é a eficiência de encapsulação que permite verificar se o material de parede foi capaz de encapsular o ingrediente ativo de forma eficiente, o resultado final vai depender tanto do agente encapsulante escolhido quanto do processo de encapsulação (MOSER; FERREIRA; NICOLLETI, 2019).

Dentre os processos de encapsulação, a atomização também denominada *spray drying* é comumente usada em escala industrial por apresentar diversas vantagens como operação relativamente simples, contínua, baixo custo, quando comparada a outras técnicas, além de alta reprodutibilidade. Essa técnica tem como limitação a utilização de materiais de parede solúveis em água a um nível aceitável, não uniformidade das micropartículas, e certa incompatibilidade com materiais sensíveis ao calor (BAKRY et al., 2015). O método de atomização pode ser empregado na encapsulação de substâncias como acidulantes, agentes aromatizantes, adoçantes, corantes, óleos, vitaminas, minerais, enzimas e microrganismos (RAY; RAYCHAUDHURI; CHAKRABORTY, 2016). O processo consiste em várias etapas, inicialmente se faz necessário fazer a dissolução do material ativo para formar a “solução de alimentação” (DORCEVIÉC et al., 2014). Em seguida, na etapa de atomização a solução de alimentação é pulverizada na câmara de secagem, estando em contato com o ar quente, promovendo uma evaporação rápida e quase completa da umidade. O fluxo de ar quente pode ocorrer de forma paralela, quando o líquido pulverizado tem o mesmo fluxo do ar quente, sendo usado para produtos mais sensíveis ao calor, ou na forma de contracorrente, quando o fluxo do líquido tem a direção oposta do ar quente, que é mais indicado para produtos não sensíveis ao calor. Alguns atomizadores usam o sistema misto combinando os dois tipos (paralelo e contracorrente). Após a etapa de evaporação da água ocorre a separação do produto em pó do ar de secagem. Nesta etapa os atomizadores usam sistemas básicos de separação (ciclones) que geralmente ocorre na parte inferior da câmara de secagem onde o pó fica depositado (Figura 4) (SHISHIR; CHEN, 2018; O’SULLIVAN et al., 2018).

Figura 4- Esquema de funcionamento do Spray Dryer.



A eficiência desse processo depende do agente encapsulante e do material ativo utilizado, mas também das variáveis envolvidas no procedimento, como: temperatura de entrada e saída de ar do sistema, taxa de fluxo de alimentação, velocidade do atomizador, tempo de permanência e temperatura da câmara (NUNES, et al. 2015; SHISHIR; CHEN, 2018).

A atomização mostrou-se efetiva na proteção de compostos fenólicos (ITURRI; CALADO; PRENTICE, 2020; LOURENÇO; MOLDÃO-MARTINS; ALVES, 2020). Entretanto, a eficiência da proteção dos compostos bioativos também se deve ao agente encapsulante (material de parede) empregado no processo (DIAS et al., 2017). Na microencapsulação tem se utilizado uma diversidade de agentes encapsulantes que além de promoverem o revestimento dos compostos ativos de modo a proporcionar proteção durante o armazenamento prolongado, evitam a ocorrência de alterações químicas e sensoriais no material encapsulado (GOUIN, 2004; SOUZA et al., 2015), conferindo também forma à microcápsula. Dentre os encapsulantes utilizados nos processos se destacam os polissacarídeos, proteínas, lipídios, entre outros biopolímeros, assim como suas blendas. A escolha do agente encapsulante vai depender de vários fatores, entre eles o processo utilizado, o mecanismo de liberação, o material a ser encapsulado, dentre outros (COSTA et al., 2015). Entretanto, um agente encapsulante ideal deve ter as seguintes características: ser altamente solúvel no solvente do processo, apresentar baixa viscosidade mesmo em elevadas concentrações, proporcionar proteção contra as condições adversas do meio, capacidade de

formação de filme, baixa higroscopicidade, propriedades desejadas de liberação do agente ativo, não apresentar sabor caso o produto final venha a ser aplicado em alimentos (PEREIRA et al., 2018). Além disso, para a utilização como aditivo alimentar ele precisa ser certificado que é seguro para uso (COELHO; ESTEVINHO; ROCHA, 2021).

A maltodextrina, oligossacarídeo resultante da hidrólise parcial do amido, é um dos agentes mais utilizados para encapsular, pois apresenta baixa higroscopicidade, baixa viscosidade, alta solubilidade e baixo custo. Entretanto, por apresentar baixa capacidade emulsificante seu uso associado a outros agentes, como proteínas e gomas, tendem a aumentar essa capacidade, melhorando a eficiência da encapsulação (COSTA et al., 2015; LEE; TAIP; ABDULLAH; 2018). A goma arábica (ou goma acácia), polissacarídeo proveniente do exsudado da acácia, constituída pela mistura de polissacarídeos e glicoproteínas (BUCURESCU et al., 2018), é também, bastante efetiva como material de parede (encapsulante) por formar emulsão estável e apresentar boa retenção de voláteis (HOSSEINI et al., 2015), baixa viscosidade, boas propriedades emulsificantes e sabor suave (CHEW; TAN; NYAM, 2018). Embora a goma arábica se encontre entre os materiais mais utilizados para encapsulação, estudos recentes vêm mostrando que a PIS (proteína isolada de soja) é uma alternativa interessante devido ao seu baixo custo, vasta oferta e também excelente propriedade emulsificante, podendo ser utilizada como uma alternativa na melhora da capacidade emulsificante quando utilizada em combinação com a maltodextrina e goma arábica. O uso de proteína vegetal como agente encapsulante reflete uma tendência atual “verde”, nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e alimentos.

A proteína isolada de soja (PIS) é produzida a partir do farelo de soja desengordurado (LIU et al., 2017), e apresenta efeitos benéficos à saúde por ser uma fonte de proteína de alta qualidade com baixo teor de gordura saturada (TANG, 2019). A PIS vêm sendo bastante utilizada como ingrediente na formulação de produtos também pelo seu alto poder emulsificante, além de ser uma proteína de fonte vegetal o que a caracteriza como uma matéria prima mais renovável e biodegradável. Vários estudos abordam a PIS pelo seu alto potencial como agente encapsulante (MUZAFFAR; KUMAR, 2015; MOSER; SOUZA; TELIS, 2016; SOUZA; GURAK; MARCZAK, 2017).

3.7. Revisão sistemática e meta-análise

Revisão sistemática trata-se de uma investigação científica realizada a partir da utilização de protocolos específicos para reunir estudos primários que avaliem e interpretem

críticamente pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular, servindo para nortear o desenvolvimento de projetos e indicar novos rumos para futuras investigações de uma determinada área. Difere da revisão de literatura narrativa ou tradicional, pelo fato de não ser apenas um levantamento da literatura disponível, sendo evidenciados os critérios de sua elaboração, apresentando seus próprios objetivos, problemas de pesquisa, metodologia, resultados e conclusão. Apresenta características de reprodutibilidade e repetibilidade, suprimindo lacunas inconclusivas deixadas pelas revisões narrativas, direcionando os pesquisadores para a elucidação de temas pertinentes (ROCKEMBACH, 2018).

Para a elaboração da revisão sistemática é necessário a construção de um protocolo específico com as seguintes etapas: definição da (s) questão (ões) de pesquisa e objetivo do estudo, definição dos critérios de elegibilidade, seleção das bases de dados bibliográficos, elaboração das estratégias de busca nas bases de dados, seleção dos termos para busca, avaliação da elegibilidade dos estudos, seleção dos estudos e extração de dados (DONATO; DONATO, 2019).

Na definição da (s) questão (ões) de pesquisa é necessário que o pesquisador realize uma análise prévia da literatura existente, observando se existem estudos realizados sobre o assunto, e caso exista uma revisão sistemática sobre o tema, o pesquisador pode optar por atualizá-la ou construir uma nova revisão. De qualquer modo, é necessário que haja uma escolha clara e específica do problema de pesquisa afim de que o processo tenha uma análise direcionada e completa. Como complemento das questões de pesquisa é preciso definir os critérios de elegibilidade que consistem nos critérios de inclusão e exclusão para busca dos artigos. Em seguida é preciso definir quais as bases de dados que serão utilizadas para a pesquisa dos estudos e elaborar estratégias de busca, que a depender da base escolhida apresentam desde formulários simples a formulários avançados de busca, como: intervalo do ano de publicação, idioma, tipo de publicação (artigos originais, revisões, livros, teses, dissertações, anais de eventos etc.), autor, título, país de publicação e disponibilidade (acesso livre ou restrito). A partir da escolha das bases de dados para o emprego de uma técnica de busca avançada é necessário a escolha dos termos de pesquisa, trazendo conceitos que integram o objetivo da revisão. Essa estratégia de busca deve englobar não apenas os descritores do assunto como também o vocabulário não controlado, que consistem em sinônimos, siglas, palavras-chave, variações de grafia e termos relacionados, utilizando para estratégias de busca avançadas os operadores booleanos (AND, OR e AND NOT) (DONATO; DONATO, 2019; GALVÃO; RICARTE, 2020).

Na etapa de avaliação da elegibilidade dos estudos é efetuada leitura dos títulos e resumos permitindo realizar uma triagem dos artigos e descartar as referências que não se enquadram nos critérios da revisão, havendo elegibilidade confirmada a partir da leitura completa do artigo. Uma vez selecionados os artigos, os revisores precisam coletar os dados registrando-os em um quadro para posterior uso no relatório da revisão (BRIZOLA; FANTIN, 2016).

A meta-análise consiste na análise estatística de resultados de diferentes estudos com o objetivo de integrá-los, combinando e resumindo seus resultados, gerando uma única estimativa de efeito. É realizada a partir da comparação dos dados quantitativos de estudos semelhantes, resumindo os tamanhos dos efeitos por uma medida de tendência central, além de ser avaliado a heterogeneidade dos estudos, pois os tamanhos de efeitos podem ser influenciados por características que variam entre eles. A representação dos resultados é exibida em gráficos tipo *forest plot*, exibindo os tamanhos de efeito e intervalos de confiança, para que a distribuição das estimativas possa ser avaliada (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2018).

Desta forma, torna-se evidente a necessidade de identificar estudos relacionados a avaliação da microencapsulação, por atomização, de extratos fenólicos provenientes de frutas e seus resíduos agroindustriais e o seu efeito sobre a eficiência de encapsulação. Assim, uma revisão sistemática, objetivo deste estudo, permitirá, portanto, reunir evidências mais atuais sobre essa temática.

4. REFERÊNCIAS

- ALBERTONI, G.; SCHOR, N. Resveratrol desempenha importante papel no mecanismo de proteção na doença renal - mini-revisão. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v.37, n.1, p.106-114, 2015.
- ANDRÉS, V.; MATEO-VIVARACHO, L.; GUILLAMÓN E, VILLANUEVA M.J.; TENORIO, M.D. High hydrostatic pressure treatment and storage of soy-smoothies: colour, bioactive compounds and antioxidant capacity. **LWT -Food Science and Technology**, v. 69, p. 123-130, jan. 2016.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos- uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.66, n.1, p.1-9, 2007.
- ANULIKA, N. P.; IGNATIUS, E.O.; RAYMOND, E.S.; OSARO-ITOTA OSASERE, ABIOLA, A.H. The Chemistry of Natural Product: Plant Secondary Metabolites. **International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research**, v. 4, n. 8, p. 1-8, 2016.
- AHMED, G.H.G.; FERNÁNDES-GONZÁLEZ, A.; GARCÍA, M.E.D. Nano-encapsulation of grape and apple pomace phenolic extract in chitosan and soy protein via nanoemulsification. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v.108, nov. 2020.
- BAKRY, A. M.; ABBAS, S.; ALI, B.; MAJEED, H.; ABOUELWABA, M. Y.; MOUSA, A.; LIANG, L. Microencapsulation of oils: a comprehensive review of benefits, techniques, and applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 1, p. 143-182, 2015.
- BARBOSA, K.B.F.; COSTA, N.M.B.; ALFENAS, R.C.G.; PAULA, S. OLIVEIRA DE.; MINIM, V.P.R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.23, n.4, p.629-643, jul./ago. 2010.
- BESSA, N. G. F. D.; BORGES, J. C. M.; BESERRA, F. P.; CARVALHO, R. H. A.; PEREIRA, M. A. B.; FAGUNDES, R.; CAMPOS, S. L.; RIBEIRO, L. U.; QUIRINO, M.S.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; ALVES, A. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15 n. 4, p. 692-707, 2013.
- BJØRKLUND, G.; CHIRUMBOLO, S. Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health. **Nutrition**, v.33, p.311-321, 2017.
- BONFIM, O.E.T.; DOS REIS, A.L.; DOS SANTOS, C.V.; SOARES, W.C.; DE OLIVEIRA, V.A.B. Estimativa do potencial de geração de biogás oriundos de resíduo de polpa de maracujá e acerola. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.1, p.316-325, 2019.
- BORGES, L.P.; AMORIM, V.A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.11, n.1, p.54-67, fev. 2020.

- BRATOVCIC, A.; SULJAGIC, J. Micro- and nano-encapsulation in food industry. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.11, n.1, p.113-121, mai. 2019.
- BREDA, S.G.J.V.; KOK, T.M.C.M. Smart combinations of bioactive compounds in fruits and vegetables may guide new strategies for personalized prevention of chronic diseases. **Molecular Nutrition & Food Research**, [s.l.], v.62, n.1, p.1-12, 2018.
- BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **RELVA**, Juara, v. 3, n. 2, p. 23-39, jul./dez. 2016.
- BUCURESCU, A.; BLAGA, A.C.; ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F. Microencapsulation of curcumin by a spray-drying technique using gum arabic as encapsulating agent and release studies. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v. 11, p 1795–1806, jul. 2018.
- CHANG, S.K.; ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Superfruits: Phytochemicals, antioxidante efficacies, and health effects – A comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.59, n.10, p.1-25, jan. 2018.
- CHEN, F.; LIU, L.; TANG, C. Spray-drying microencapsulation of curcumin nanocomplexes with soy protein isolate: Encapsulation, water dispersion, bioaccessibility and bioactivities of curcumin. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v.105, p.1-10, ago. 2020.
- CHEOK, C.Y.; ADZAHAN, N.M.; RAHMAN, R.A.; ADEBIN, N.H.Z.; HUSSAIN, N.; SULAIMAN, R.; CHONG, G.H. Current trends of tropical fruit waste utilization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.58, n.3, p.335-361, fev. 2018.
- CHEW, S.C.; TAN, C.P.; NYAM, K.L. Effect of gum arabic, β -cyclodextrin, and sodium caseinate as encapsulating agent on the oxidative stability and bioactive compounds of spray-dried kenaf seed oil. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 83, n.9, set. 2018.
- COELHO, S.C.; ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F. Encapsulation in food industry with emerging electrohydrodynamic techniques: Electrospinning and eletrospraying- A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v.339, mar. 2021.
- COSME, P.; RODRÍGUEZ, A.B.; ESPINO, J.; GARRIDO, M. Plant phenolics: Bioavailability as a key determinant of their potential health-promoting applications. **Antioxidants**, [s.l.], v.9, n.12, dez. 2020.
- COSTA, M.; ROCHA, H.; MATEUS, T. Compostos bioativos em alimentos de origem animal. **TecnoAlimentar**, [s.l.], n.6, p. 34-37, 2016.
- COSTA, S.S.; MACHADO, B.A.S.; MARTIN, A.R.; BAGNARA, F.; RAGADALLI, S.A.; ALVES, A.R.C. Drying by spray drying in the food industry: Micro-encapsulation, process parameters and main carriers used. **African Journal of Food Science**, [s.l.], v. 9, p. 462-470, set. 2015.
- CUNHA, A.L.; MOURA, K.S.; BARBOSA, J.C.; SANTOS, A. FEITOSA dos. Os metabólitos secundários e sua importância para o organismo. **Diversitas Journal**, v. 1, n. 2, p. 175-181, mai./ago., 2016.

DIAS, D.R.; BOTREL, D.A.; FERNANDES, R.V.B.; BORGES, S.V. Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods. **Current Opinion in Food Science**, [s.l.], v. 13, p. 31–37, fev. 2017.

DO NASCIMENTO FILHO, W.B.; FRANCO, C.R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v.7, n.6, p.1968-1987, 2015.

DONATO, H.; DONATO, M. Etapas na condução de uma revisão sistemática. **Acta Médica Portuguesa**, [s.l.], v.32, n.3, p.227-235, mar. 2019.

DORCEVIÉC, V., BALANC, B., BELSCAK-CVITANOVIÉC, A., LEVIÉC, S., TRIFKOVIÉC, K., KALUSEVIÉC, A., KOSTIÉC, I., KOMES, D., BUGARSKI, B., NEDOVIÉC, V. Trends in encapsulation technologies for delivery of food bioactive compounds. **Food Engineering Reviews**, v.7, n.4, p.452-490, 2014.

DUAN, Y.; SANTIAGO, F.E.M.; DOS REIS, A.R.; DE FIGUEIREDO, M.A.; ZHOU, S.; THANNHAUSER, T.W.; LI, L. Genotypic variation of flavonols and antioxidant capacity in broccoli. **Food Chemistry**, v.338, n.15, ago. 2020.

FARIAS, D.P.; NERI-NUMA, I.A.; ARAÚJO, F. FERNANDES DE.; PASTORE, G.M. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, [s.l.], v.306, fev. 2020.

FIGUEROA-ROBLES, A.; ANTUNES-RICARDO, M.; GUAJARDO-FLORES, D. Encapsulation of phenolic compounds with liposomal improvement in the cosmetic industry. **International Journal of Pharmaceutics**, [s.l.], v.593, jan. 2021.

GALVÃO, M.C.B.; RICARTE, I.L.M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **LOGEION: Filosofia da informação**, Rio de Janeiro, v. 6 n. 1, p.57-73, fev. 2020.

GONÇALVES, A.; ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F. Microencapsulation of vitamin A: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.51, p.76-87, mai. 2016.

GOUIN, S. Microencapsulation: Industrial Appraisal of Existing Technologies and Trends. **Trends in Food Science and Technology**, [s.l.], v. 15, p. 330-347, 2004.

GRGIC, J.; SELO, G.; PLANINIC, M.; TISMA, M.; BUCIC-KOJIC, A. Role of the Encapsulation in Bioavailability of Phenolic Compounds. **Antioxidants**, [s.l.], v.9, p.1-35, set. 2020.

GUPTA, N.; PODDAR, K.; SARKAR, D.; KUMARI, N.; PADHAN, B.; SARKAR, A. Fruit waste management by pigment production and utilization of residual as bioadsorbent. **Journal of Environmental Management**, v.244, p.138-143, ago. 2019.

GUPTA, A.; KUMAR, R.; PANDEY, A.K. Antioxidant and antidiabetic activities of Terminalia bellirica fruit in alloxan induced diabetic rats. **South African Journal of Botany**, v.130, p.308-315, 2020.

- HAIDER, K.; HAIDER, MD.R.; NEHA, K.; YAR, M.S. Free radical scavengers: An overview on heterocyclic advances and medicinal prospects. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v.204, out. 2020.
- HE, L.; HE, T.; FARRAR, S.; JI, L.; LIU, T.; MA, X. Antioxidants Maintain Cellular Redox Homeostasis by Elimination of Reactive Oxygen Species. **Cellular Physiology and Biochemistry**, v.44, n.2, p.532-553, 2017.
- HOSSEINI, A.; JAFARI, S. M.; MIRZAEI, H.; ASGHARI, A.; AKHAVAN, S. Application of image processing to assess emulsion stability and emulsification properties of Arabic gum. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 126, p. 1–8, ago. 2015.
- HSIAO, YU-HSUAN; HOB, CHI-TANG; PAN, MIN-HSIUNG. Bioavailability and health benefits of major isoflavone aglycones and their metabolites. **Journal of Functional Foods**, v.74, ago. 2020.
- IDREES, H.; ZAIDI, S.Z.J.; SABIR, A.; KHAN, R.U.; ZHANG, X.; HASSAN, S. A review of biodegradable natural polymer-based nanoparticles for drug delivery applications. **Nanomaterials**, [s.l.], v.10, n.10, p.1-22, out. 2020.
- ISAH, T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. **Biological Research**, [s.l.], v. 52, n. 39, p. 39-52, 2019.
- ITURRI, M.S.; CALADO, C.M.B.; PRENTICE, C. Microparticles of *Eugenia stipitata* pulp obtained by spray-drying guided by DSC: An analysis of bioactivity and in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, [s.l.], v.334, 127557, 2020.
- JERONIMO, C.E.M. Gestão Agroindustrial: Pontos Críticos de Controle Ambiental no Beneficiamento de Frutas. **Revista de Administração de Roraima**, [s.l.], v. 12, p.70- 77, 2012.
- JING, Y.; DIAO, Y.; YU, X. Free radical-mediated conjugation of chitosan with tannic acid: Characterization and antioxidant capacity. **Reactive and Functional Polymers**, v. 135, p. 16-22, 2019.
- KABERA, J.M.; SEMANA, E.; MUSSA, A.R.; HE, X. Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, [s.l.], v.2, n.7, p. 377-392, jul. 2014.
- KARASAWA, M.M.G.; MOHAN, C. Fruits as prospective reserves of bioactive compounds: a review. **Natural Products and Bioprospecting**, [s.l.], v.8, p.335-346, ago. 2018.
- KARIM, N.; JIA, Z.; ZHENG, X.; CUI, S.; CHEN, W. A recent review of citrus flavanone naringenin on metabolic diseases and its potential sources for high yield-production, **Trends in Food Science & Technology**, v.79, p.35-54, set. 2018.
- KARSHIMA, S.N. Parasites of importance for human health on edible fruits and vegetables in Nigeria: a systematic review and meta-analysis of published data. **Pathogens and Global Health**, [s.l.], v.112, n.1, p.47-55, fev. 2018.

- KHAN, M.K.; ZILL-E-HUMA; DANGLES, O. A comprehensive review on flavanones, the major citrus polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.33, n.1, p.85-104, fev. 2014.
- KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J.C.; MOU, B.; WATERLAND, N.L. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, p. 19-34, jun. 2016.
- KOWALSKA, H.; CZAJKOWSKA, K.; CICHOWSKA, J.; LENART, A. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v.67, p.150-159, set. 2017.
- KRUMREICH, F.D.; CORRÊA, A.P.A.; SILVA, da S.D.S.; ZAMBIAZI, R.C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP. v. 37, n. 2, p.450-456, jun. 2015.
- KUCK, L.S.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agentes. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 194, p. 569–576, 2016.
- LEE, J.K.M.; TAIP, F.S.; ABDULLAH. Z. Effectiveness of additives in spray drying performance: a review. **Food Research 2**, [s.l.], v.6, p. 486 – 499, nov. 2018.
- LEITNER, W.; KLANKERMAYER, J.; PISCHINGER, S.; PITSCH, H., KOHSE-HEOINGHAUS, K. Advanced biofuels and beyond: chemistry solutions for propulsion and production. **Angewandte Chemie International Edition**, [s.l.], v.56, n.20, p. 5412–5452, 2017.
- LIU, Y.; WANG, P.; CHEN, F.; YUAN, Y.; ZHU, Y.; YAN, H.; HU, X. Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. **Food Chemistry**, v.186, n.1, p.46-53, 2015.
- LIU, Q.; QI, J.; YIN, S.; WANG, J.; GUO, J.; FENG, J.; CHENG, M.; CAO, J.; YANG, X. Preparation and stabilizing behavior of octenyl succinic esters of soybean soluble polysaccharide in acidified milk beverages. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v.63, p.421-428, 2017.
- LOURENÇO, S.C.; MOLDÃO-MARTINS, M.; ALVES, V.D. Microencapsulation of pineapple peel extract by spray drying using maltodextrin, inulin, and arabic gum as wall matrices. **Foods**, [s.l.], v.9, n.6, jun. 2020.
- MACHADO, H.; NAGEM, T.J.; PETERS, V.M.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, T.T.D. Flavonoides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v. 27, p. 33-39, 2008.
- MACHADO, N.F.L.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R. Addressing facts and gaps in the phenolics chemistry of winery by-products. **Molecules**, v.22, n.286, 2017.

- MARTINS, N., FERREIRA, I.C.F.R. Wastes and by-products: upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. **Trends Food Science Technology**, v.62, p.33- 48, 2017.
- MARTINS, N.; PETROPOULOS, S.; FERREIRA, I.C.F.R. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum L.*) as affected by pre- and post- harvest conditions: A review. **Food Chemistry**, v.211, p.41-50, 2016.
- MOHAMMEDI, H.; IDJERI-MECHERARA, S.; MENACEUR, F.; HASSANI, A. The effect of solvents and extraction procedure on the recovery of phenolic compounds and the antioxidant capacity of algerian *Bassia muricata L.* extracts. **Chemistry Journal of Moldova**, v.14, n.2, p.79-89, 2019.
- MOKRANI, A.; MADANI, K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica L.*) fruit. **Separation and Purification Technology**, [s.l.], v.162, p.68-76, 2016.
- MORAIS, D.R.; ROTTA, E.M.; SARGI, S.C.; SCHMIDT, E.M.; BONAFE, E.G.; EBERLIN, M.N.; SAWAYA, A.C.H.F.; VISENTAINER, J.V. Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI (–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. **Food Research International**, Barking, v. 77, n. 3, p. 392-399, nov. 2015.
- MOSER, P.; FERREIRA, S.; NICOLLETI, V.R. Buriti oil microencapsulation in chickpea protein-pectin matrix as affected by spray drying parameters. **Food and Bioproducts Processing**, v.117, p.183-193, set. 2019.
- MOSER, P.; SOUZA, R. TEODORO DE.; TELIS, V.R.N. Spray drying of grape juice from Hybrid CV. BRS Violeta: Microencapsulation of anthocyanins using protein/maltodextrin blends as drying aids. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v.41, p.1-11, 2016.
- MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Parameter optimization for spray drying of tamarind pulp using response surface methodology. **Powder Technology**, [s.l.], v.279, p.179-184, 2015.
- NASTIĆ, N.; ŠVARC-GAJIĆ, J.; DELERUE-MATOS, C.; BARROSO, M.F.; SOARES, C.; MOREIRA, M.M.; MORAIS, S.; MAŠKOVIĆ, P.; SRČEK, V.G.; SLIVAC, I.; RADOŠEVIĆ, K.; RADOJKOVIĆ, M.; Subcritical water extraction as an environmentally-friendly technique to recover bioactive compounds from traditional Serbian medicinal plants. **Industrial Crops & Products**. v. 111, p. 579–589, 2018.
- NAVES, L.C. Influência da compactação do solo sobre a produção e o potencial poluidor de lixiviados de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.5, p. 949-958, set/out. 2019.
- NIEDZWIECKI, A.; ROOMI, M.W.; KALINOVSKY, T.; RATH, M. Anticancer efficacy of polyphenols and their combinations. **Nutrients**, v.8, n.9, 552, set. 2016.

NUNES, G.L.; SILVA, T. MARQUES DA.; HOLKEM, A.T.; SCHLEY, V.; MENEZES, C. RAGAGNIN DE. Microencapsulação de culturas probióticas: princípios do método de spray drying. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v.37, p.132-141, dez. 2015.

O'CONNOR, S. E. Engineering of Secondary Metabolism. **Annual Review of Genetics**, v.49, n.1, p. 71–94, 2015.

O'SULIVAN, J.J.; NORWOOD, EVE-ANNE; O'MAHONY, J.A.; KELLY, A.L. Atomisation technologies used in spray drying in the dairy industry: A review. **Journal of Food Engineering**, v.243, p.57-69, fev. 2019.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G.; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F.; Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, [s.l.], v. 49, p. 334–344, nov. 2012.

PAGARE, S.; BHATIA, M.; TRIPATHI, N.; PAGARE, S.; BANSAL, Y.K. Secondary Metabolites of Plants and Their Role: Overview. **Current Trends in Biotechnology and Pharmacy**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 293-304, jul. 2015.

PASCOLI, M.; ALBUQUERQUE, F. PEREIRA DE.; CALZAVARA, A.K.; TINOCO-NUNES, B.; OLIVEIRA, W.H.C.; GONÇALVES, K.C.; POLANCZYK, R.A.; VECHIA, J.F.D.; MATOS, S.T. SOARES DE.; ANDRADE, D. JÚNIOR DE.; OLIVEIRA, H.C.; SOUZA-NETO, J.A.; LIMA, RENATA DE.; FRACET, L.F. The potential of nanobiopesticide based on zein nanoparticles and neem oil for enhanced control of agricultural pests. **Journal of Pest Science**, [s.l.], v.93, p.793-806, jan. 2020.

PATEL, A.S.; KAR, A.; MOHAPATRA, D. Development of microencapsulated anthocyanin-rich powder using soy protein isolate, jackfruit seed starch and na emulsifier (NBRE-15) as encapsulating materials. **Scientific reports**, [s.l.], v.10, 10198, jun. 2020.

PEREIRA, K.C.; FERREIRA, D.C.M.; ALVARENGA, G.F.; PEREIRA, M.S.S.; BARCELOS, MC.S.; COSTA, J.M. GOMES DA. Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão, **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, jan. 2018.

PIECZYKOLAN, E.; KUREK, M.A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v.129, p.665-671, 2019.

RANGANATHAN, S.; DUTTA, S.; MOSES, J.A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Utilization of food waste streams for the production of biopolymers. **Heliyon**, [s.l.], v.6, n.9, set. 2020.

RAY, S.; RAYCHAUDHURI, U.; CHAKRABORTY, R. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, v. 13, p. 76-83, 2016.

RIBEIRO, J.S.; VELOSO, C.M. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. **Food Hydrocolloids**, v.112, set. 2020.

ROCKEMBACH, M. Avaliação arquivística: uma análise baseada em revisão sistemática de literatura. **Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 23, n. esp., p. 90-98, abr. 2018.

RODRIGUES, A.M.; REBELATO, M.G.; CERQUEIRA, A.; CASTAÑEDA-AYARZA, J.A. Marco metodológico para evaluar el desempeño ambiental de la disposición de residuos y subproductos en la producción de FCOJ. **Pensamiento & Gestión**, [s.l.], n.47, p. 111-147, 2019.

RUIJTERS, E.J.B.; HAENEN, G.R.M.M.; WESELER, A.R.; BAST, A. The cocoa flavanol (-)-epicatechin protects the cortisol response. **Pharmacological Research**, v.79, p.28-33, 2014.

SARGA, N.A.; PAREEK, S.; SHARMA, S.; YAHIA, E.M.; LOBO, M.G. Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s.l.], v.17, n.3, p.512-531, 2018.

SÁ LEITÃO, B. R. G. Sustentabilidade e elaboração de novos produtos através do aproveitamento residual alimentar. **Revista de produção acadêmica e científica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 97 – 104, 2012.

SÁNCHEZ-VALDEPEÑAS, V.; BARRAJÓN, E.; VEGARA, S.; FUNES, L.; MARTÍ, N.; VALERO, M.; SAURA, D. Effect of instant controlled pressure drop (DIC) pre-treatment on conventional solvent extraction of phenolic compounds from grape stalk power. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v.76, p.545-549, dez. 2015.

SANDHU, S.; BANSAL, Y.; SILAKARI, O.; BANSAL, G. Coumarin hybrids as novel therapeutic agents. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.22, p.3806-3814, 2014.

SHARMA, G.N.; GUPTA, G.; SHARMA, P. A Comprehensive Review of Free Radicals, Antioxidants, and Their Relationship with Human Ailments. **Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression**, v.28, n.2, p.139-154, 2018.

SHARIF, N.; KHOSHNOUDI-NIA, S.; JAFARI, S.M. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and metaanalysis. **Food Research International**, v.132, jun. 2020.

SHIH, M.; MORGAN, J.A. Metabolic flux analysis of secondary metabolism in plants. **Metabolic Engineering Communications**, [s.l.], v.10, e00123, jun. 2020.

SHISHIR, M.R.I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, v.65, p.49-67, jul. 2017.

SIDDAWAY, A.P.; WOOD, A.M.; HEDGES, L.V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, [s.l.], v.70, n.1, p. 1-24, jul. 2018.

- SILVA, M.S.; GARCÍA-ESTÉVEZ, I.; BRANDÃO, E.; MATEUS, N.; FREITAS, VICTOR de; SOARES, S. Molecular Interaction Between Salivary Proteins and Food Tannins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.65, n.31, p.6415-6424, jun. 2017.
- SLOW, H. L.; LIM, T. S.; GAN, C. Y. Development of a workflow for screening and identification of α -58 amylase inhibitory peptides from food source using an integrated Bioinformatics-phage display approach: Case study – Cumin seed. **Food Chemistry**, v. 214, n.1, p. 67–76, jan. 2017.
- SOARES, N.P.; SANTOS, P.L.; VIEIRA, V.S.; PIMENTA, V.S.C.; DE ARAÚJO, E.G. Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas. **Enciclopédia biosfera- Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.13 n.24; p.991-1010, dez. 2016.
- SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 35, n. 3, p. 554-559, mai/jun. 2011.
- SOUZA, A.C.P.; GURAK, P.D.; MARCZAK, L.D.F. Maltodextrin, pectin and soy protein isolate as carrier agents in the encapsulation of anthocyanins-rich extract from jaboticaba pomace. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.]. v. 102, p.186-194, mar. 2017.
- SOUZA, de A.L.R.; RODRIGUES, M.F.; SILVA, da G.V.; SANTOS, dos R.R. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por *spray drying*: uma revisão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2015.
- STELMACH, E.; POHL, P.; MADEJA, A. S. The content of Ca, Cu, Fe, Mg and Mn and antioxidant activity of green coffee brews. **Food Chemistry**, v. 182, p. 302- 308, 2015.
- STORCK, C.R.; BASSO, C.; FAVARIN, F.R.; RODRIGUES, A.C. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 277-284, out./dez. 2015.
- TANG, CHUAN-HE. Nanostructured soy proteins: fabrication and applications as delivery systems for bioactives (a review). **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 91, p. 92-116, jun. 2019.
- TARONE, A.G.; CAZARIN, C.B.B.; JUNIOR, M.R.M. Anthocyanins: New techniques and challenges in microencapsulation. **Food Research International**, v.133, jul. 2020.
- TOLUN, A.; ALTINTAS, Z.; ARTIK, N. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. **Journal of Biotechnology**, [s.l.], v.239, p.23–33, dez. 2016.
- TOLUN, A.; ARTIK, N.; ALTINTAS, Z. Effect of different microencapsulating materials and relative humidities on storage stability of microencapsulated grape pomace extract. **Food Chemistry**, [s.l.], v.302, 125347, jan. 2020.
- TSAO R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. **Nutrients**, v.2, n.12, p.1231-1246, dez. 2010.

VAN GROENIGEN, J.W.; HUYGENS, D.; BOECKX, P.; KUYPER, TH.W.; LUBBERS, I.M.; RÜTTING, T.; GROFFMAN, P.M. The soil N cycle: new insights and key challenges. **Soil**, [s.l.], v.1, p. 235-256, mar. 2015.

VICENTINI, M. S. Alimentos industrializados: abordagem da indústria, consumidores e governo. **Segurança alimentar e nutricional**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 671-682, 2015.

VILARIÑO, M.V; FRANCO, C.; QUARRINGTON, C. Food loss and waste reduction as an integral part of a circular economy. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, n.21, p.1-5, mai. 2017.

5. RESULTADOS

ARTIGO: MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DE EXTRATOS FENÓLICOS DE FRUTAS E SEUS RESÍDUOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE

RESUMO

O consumo de frutas vem ganhando cada vez mais destaque na alimentação, uma vez que apresentam compostos bioativos em sua composição, com ênfase para os compostos fenólicos. Estes compostos possuem características biológicas importantes para a saúde do ser humano, como ação antioxidante, atenuando o estresse oxidativo em diversos processos patológicos. A microencapsulação por atomização é uma das técnicas mais utilizadas para encapsular esses compostos bioativos, obtendo eficiência a partir da escolha do agente encapsulante empregado no processo. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão sistemática com meta-análise para averiguar as evidências mais atuais sobre encapsulação por *spray drying* de extratos fenólicos obtidos a partir de frutas e seus resíduos, utilizando maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja, como agente encapsulante, tanto na forma isolada como em blendas. A pesquisa bibliográfica ocorreu em quatro bases de dados Lilacs, Science Direct, Scopus e Web of Science. Considerando como critérios de inclusão apenas artigos de pesquisa, publicados nos últimos 5 anos (2015-2020), em idioma inglês e que abordassem encapsulação por *spray drying*, utilizando maltodextrina, goma arábica e/ou proteína isolada de soja, como agente encapsulante, tanto na forma isolada como em blendas. Os estudos que não se enquadravam nesses critérios foram excluídos. Assim, foram selecionados 110 artigos, nos quais foi evidenciado que a maior frequência de utilização foi da uva (10,43%), da maltodextrina (37,20%), como agente encapsulante, e do método DPPH (47,62%), para determinação analítica da ação antioxidante. Com base nos resultados da meta-análise, extratos fenólicos microencapsulados com maltodextrina em conjunto com goma arábica e o microencapsulado com apenas goma arábica apresentaram maior eficiência de encapsulação do que o grupo controle (maltodextrina) ($p = 0,05$), os estudos também apresentaram um alto índice de heterogeneidade ($I^2=97\%$). Os artigos também demonstraram que os microencapsulados apresentaram concentração relevante de compostos fenólicos, com forte perspectiva de utilização como aditivo alimentar na indústria de alimentos.

Palavras-chave: Atomização; Fitoquímicos; Subprodutos de frutas.

ABSTRACT

The consumption of fruits is gaining more and more prominence in food, since they have bioactive compounds in their composition, with an emphasis on phenolic compounds. These compounds have important biological characteristics for human health, such as antioxidant action, attenuating oxidative stress in several pathological processes. The microencapsulation by atomization is one of the most used techniques to encapsulate these bioactive compounds, obtaining efficiency from the choice of the encapsulating agent used in the process. The objective of this study was to perform a systematic review with metanalysis to investigate the most current evidence on spray drying encapsulation of phenolic extracts obtained from fruits and their residues, using maltodextrin, gum arabic and isolated soy protein, as an encapsulating agent, both in isolated form and in blends. The literature research occurred in four Lilacs, Science Direct, Scopus and Web of Science databases. Considering as inclusion criteria only research articles, published in the last 5 years (2015-2020), in English and addressing spray drying encapsulation using maltodextrin, gum arabic and / or isolated soy protein, as an encapsulating agent, both in isolated form and in blends, and studies that did not meet these criteria were excluded. Thus, were selected 110 articles, in which it was evidenced that the highest frequency of use was the grape (10.43%), maltodextrin (37.20%), as an encapsulating agent, and the DPPH method (47.62%), for analytical determination of antioxidant action. Based on the results of the metanalysis, phenolic extracts microencapsulated with maltodextrin together with gum arabic and the microencapsulated with only gum arabic showed greater encapsulation efficiency than the control group (maltodextrin) ($p = 0.05$), the studies also showed a high rate of heterogeneity ($I^2 = 97\%$). The articles also demonstrated that the microencapsules had a relevant concentration of phenolic compounds, with a strong perspective of use as a food additive in the food industry.

Keywords: Atomization; Phytochemicals; Fruit by-products.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos boa parte da população tem buscado uma alimentação mais balanceada, incluindo frutas e hortaliças como componentes diários importantes nas refeições (MORAIS et al., 2015). A inclusão desses alimentos na dieta se deve, principalmente, a ampla presença de compostos bioativos, os quais agem como antioxidantes naturais, reduzindo ou inibindo a ação de radicais livres e, conseqüentemente, exercendo benefícios ao organismo, podendo prevenir ou reduzir o risco do desenvolvimento de diversas doenças (AHMAD et al., 2016). Estudos mostram que a baixa ingestão de frutas e hortaliças é responsável por 1,7 milhões de óbitos e 16 milhões de morbidades ocorridas anualmente em todo mundo (OLIVEIRA et al., 2015).

Os compostos ativos provenientes do metabolismo secundário das plantas, também denominados fitoquímicos, estão reunidos em três grandes grupos: compostos fenólicos, terpenos e alcaloides (CUNHA et al., 2016). Os compostos fenólicos, cuja biossíntese ocorre a partir do ácido chiquímico e ácido mevalônico, estão amplamente distribuídos no reino vegetal, possuindo mais de 8000 estruturas identificadas. Estes compostos possuem em sua estrutura básica, um grupo fenol que é constituído por um anel aromático hidroxilado, incluindo neste grupo desde moléculas mais simples até moléculas com alto grau de polimerização. Essa diversidade estrutural permite reuni-los em duas classes principais: flavonoides e não flavonoides. Nos vegetais podem se apresentar na forma livre ou ligados a proteínas e açúcares (glicosídeos) (MARTINS; PETROPOULOS; FERREIRA, 2016).

Esses compostos são substâncias instáveis podendo facilmente serem degradados na presença de luz, oxigênio, umidade, altas temperaturas, entre outros, condições estas que estão presentes no processamento de produtos alimentícios. Sendo assim, para o emprego destes compostos em alimentos se faz necessário adotar tecnologias que permitam protegê-los das condições adversas, aumentando sua estabilidade e preservando sua funcionalidade, destacando-se, assim, a tecnologia da encapsulação (KUCK; NOREÑA, 2016; GRGIC et al., 2020). Diversas técnicas estão disponíveis para obtenção de encapsulados, dentre elas a atomização, o leito fluidizado, a coacervação e a liofilização (CELLI; GHANEM; BROOKS, 2015). A escolha do método depende das características do material a ser encapsulado e do objetivo para aplicação do produto final (DIAS et al., 2017). A atomização (*spray drying*), processo em que uma substância (agente ativo), no estado sólido, líquido ou gasoso é aprisionada dentro de pequenas cápsulas, de tamanho variado (KRISHNA; JYOTHIKA, 2015), permite proteger moléculas sensíveis à luz, calor, umidade ou oxidação

(AIZPURUA-OLAIZOLA et al., 2015). É uma técnica bastante utilizada por ser altamente econômica, quando comparada a outros métodos, como à liofilização, além de propiciar pouco tempo de contato do material a ser encapsulado com o ar quente, possibilitando preservar alguns atributos de qualidade (cor, sabor e nutrientes). Além disso, o pó obtido apresenta alta estabilidade em decorrência do seu baixo teor de umidade e atividade de água, tornando-se, assim, resistente a degradação microbológica e oxidativa (SHISHIR; CHEN, 2017). A atomização mostrou-se efetiva na proteção de compostos fenólicos (TOLUN; ALTINTAS; ARTIK, 2016). Entretanto, a eficiência da proteção dos compostos bioativos se deve ao agente encapsulante (material de parede) empregado no processo (DIAS et al., 2017).

O agente carreador eficiente deve apresentar propriedades como solubilidade, peso molecular adequado, cristalinidade, difusidade, propriedades emulsificantes, preservação do material encapsulado durante estocagem, evitando a ocorrência de alterações químicas e sensoriais, liberação do material ativo sob condições favoráveis, baixo custo e disponibilidade de mercado (RIBEIRO; VELOSO, 2020; COELHO; ESTEVINHO; ROCHA, 2021). Os encapsulantes podem ter diversas origens desde natural, semissintéticos, sintéticos, incluindo os polissacarídeos, proteínas, lipídios e outros biopolímeros, assim como suas blendas. A escolha do agente encapsulante vai depender de vários fatores, entre eles o processo utilizado, o mecanismo de liberação, o material a ser encapsulado, dentre outros (COSTA et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi reunir evidências mais atuais sobre a eficiência da encapsulação de extratos fenólicos, provenientes de frutas e seus resíduos, obtidos por *spray drying*, utilizando maltodextrina, goma arábica e/ou proteína isolada de soja como agentes encapsulantes, tendo como base uma revisão sistemática com meta-análise.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo proposto foi realizada uma revisão sistemática de artigos publicados sobre a encapsulação de compostos fenólicos de frutas ou seus resíduos, por processo de atomização, utilizando como agentes encapsulantes a maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja, de forma isoladas ou combinadas.

2.1. Pesquisa Bibliográfica e Estratégia de busca

A pesquisa bibliográfica ocorreu entre os dias 24 de outubro e 09 de dezembro de 2020 nas bases de dados Lilacs, Science Direct, Scopus e Web of Science. Para as buscas foram utilizados os seguintes descritores combinados: “microencapsulation”, “spray drying”, “coating material”, “fruit extract”, “phenolic extracts”, “phenolic compounds”, maltodextrin, “gum arabic”, “soy protein isolate”, “waste fruit” e “industrial residues”, com o auxílio dos operadores booleanos AND e OR.

2.2. Critérios de inclusão e exclusão

Foram considerados como critérios de inclusão apenas artigos de pesquisa, publicados nos últimos 5 anos (2015-2020), em idioma inglês e que apresentassem os seguintes parâmetros: encapsulação por *spray drying*, e maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soja, como agente encapsulante, tanto na forma isolada como em blendas, bem como estudos que avaliassem pelo menos um dos seguintes parâmetros: estabilidade do microencapsulado, capacidade antioxidante, eficiência de encapsulação. Os critérios de exclusão considerados foram estudos publicados antes de 2015, resumos de conferência, teses, dissertações, artigos de revisão e estudos que não se enquadrassem nos parâmetros do critério de inclusão.

2.3. Seleção de artigos

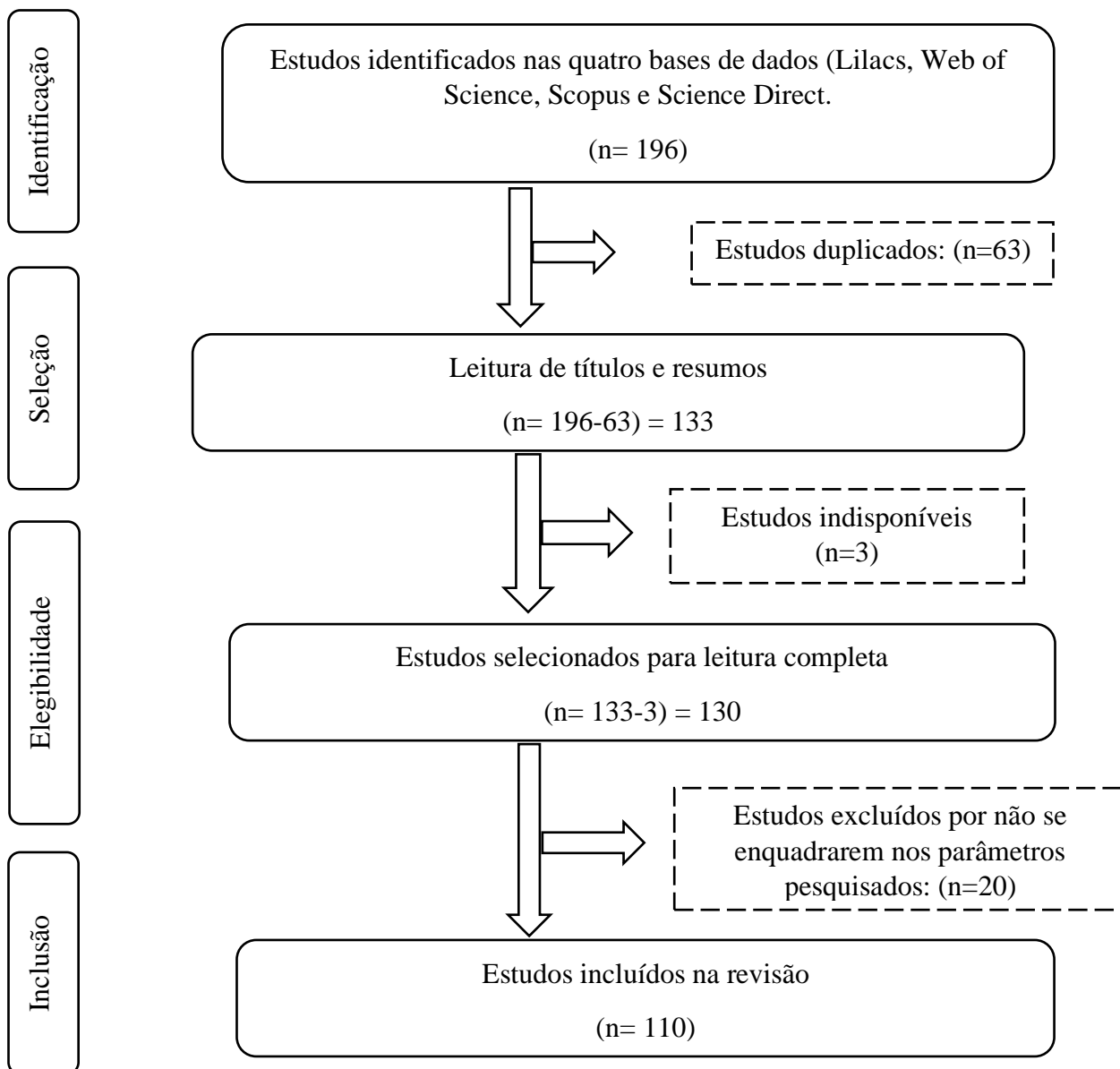
A primeira etapa de seleção incluiu leitura do título e do resumo dos artigos, sendo eliminados os estudos duplicados. Na segunda etapa foi realizada a leitura completa dos artigos, sendo descartados os indisponíveis e os que de alguma forma não se enquadravam no objetivo do estudo. As informações como data de busca, base de dados, ano de publicação, autor, *strings* e filtros utilizados foram tabuladas em planilha de Microsoft Excel, versão 2016.

2.4. Análise estatística

Em decorrência da diversidade de métodos analíticos bem como das unidades de medidas nas quais foram expressos os resultados, a meta-análise foi aplicada apenas para eficiência de encapsulação por meio de análise comparativa. Os efeitos do tratamento como diferença média (DM) com intervalos de confiança de 95% (ICs) foram definidos. Média e desvio padrão (DP) foram obtidos para cada grupo de estudo e o resultado de interesse foi usado para calcular os tamanhos de efeito. A pontuação de mudança e o DP associado para cada grupo com base na pontuação inicial e de acompanhamento foram calculados, assumindo que a correlação entre a consulta inicial e o acompanhamento era de 0,5 de acordo com Higgins e Green (2011). O método DerSimonian e Laird foi utilizado para produzir um modelo de efeitos aleatórios, assumindo heterogeneidade nos estudos. Um *forest plot* foi usado para representar graficamente os tamanhos de efeito e o IC de 95%. Um p bicaudal < 0,05 foi utilizado para determinar a significância. A heterogeneidade estatística foi avaliada pelo teste Cochran Q e quantificada pelo índice I^2 (HIGGINS et al., 2011). A análise estatística foi efetuada usando o *Review Manager 5.3* (Review Manager, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os critérios estabelecidos para a revisão, na busca inicial foram encontrados 196 artigos nas quatro bases de dados consultadas (Lilacs n= 1, Science Direct n= 43, Scopus n= 112 e Web of Science n= 40). A leitura do título e do resumo levou a exclusão de 63 artigos por estarem em duplicatas, uma vez que foram encontrados em mais de uma base de dados, restando 133 estudos. Nessa etapa de seleção ainda foram excluídos mais 3 artigos por estarem indisponíveis, resultando em 130 artigos que foram lidos na íntegra. Com a leitura completa desses artigos, 20 deles foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, totalizando, assim, 110 artigos que foram analisados nesta revisão (Figura 1).

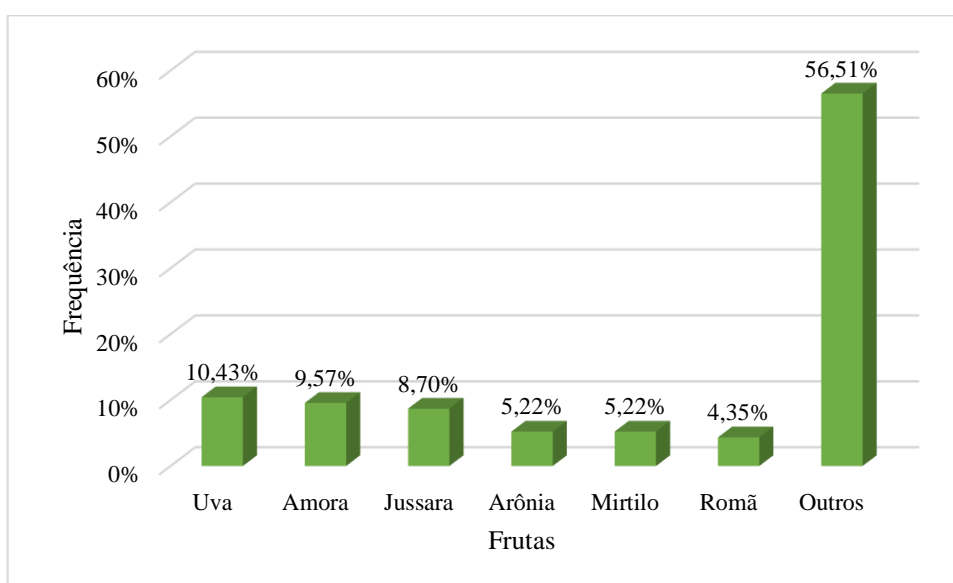
Figura 1- Fluxograma de pesquisa de literatura.

As características dos estudos relativas a: fruta ou resíduo utilizado, agente encapsulante, solvente, condições de processo, eficiência de encapsulação, tamanho da partícula, conteúdo fenólico, capacidade antioxidante, estabilidade, rendimento, possível aplicação, autor e ano de publicação estão descritas na Tabela 1 (Apêndice A). Evidencia-se que o processo de secagem por atomização foi aplicado a diversas fontes de compostos fenólicos, dentre as quais estão 48 tipos de frutas em sua forma *in natura*, resíduo, polpa ou suco. A diversidade das fontes decorre da vasta variedade de frutas existentes no mundo,

fontes de compostos fenólicos, incluindo frutas exóticas presentes em vários países. Desta forma, observa-se que os artigos são resultantes de estudos realizados em diversos países.

Das fontes de compostos fenólicos utilizadas nos estudos, 97,27% dos artigos (107 dos 110 artigos) reportam dados relativos a apenas um tipo de fruta, enquanto 2,73% dos artigos (3 dos 110 artigos) referem-se a mais de uma fonte. Contudo, a fonte utilizada com maior frequência foi a uva (10,43%), seguida da amora (9,57%), jussara (8,7%), arônia (5,22%), mirtilo (5,22%) e romã (4,35%), como apresentado na Figura 2. As fontes classificadas como “outros” incluem: cereja azeda, ameixa, groselha preta, abacaxi, cacau, barberry, framboesa preta, cagaita, jaboticaba, sabugueiro, manga, maracujá, cupuaçu, toranja, tangerina, maçã, rambutão, guaraná, noni, carambola, tamarillo, maoberry, acerola, *Renealmia alpinia*, graviola, fingered citron, cranberry, araçá boi, umbu, sapota, limão, mamão papaya, tâmara, pitaya vermelha, banana, abacate, jamelão, morango, cajá, laranja, pitanga e tamarindo, cuja frequência de cada fonte foi abaixo de 3%.

Figura 2- Frequência das fontes de compostos fenólicos.



A uva é a fruta com maior frequência de utilização (10,43%) nos estudos, possivelmente por ser consumidas em maior quantidade mundialmente, tanto em sua forma natural quanto processada, além de ser considerada uma das maiores fontes de compostos fenólicos em comparação a outras frutas. A grande variedade de cultivares resulta em uvas com diferentes características em relação a sua coloração e perfil fenólico (ARAÚJO;

SANTOS; PINTO, 2017; SOUZA; VIEIRA; PUTTI, 2018). Os principais compostos fenólicos presentes nas uvas são os flavonóides (antocianinas e flavonóis), os estilbenos (resveratrol), os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos cinâmicos e benzóicos) e uma larga variedade de taninos (IGLESIAS-CARRES et al., 2018), os quais atribuem à fruta o efeito benéfico à saúde por apresentarem atividade antioxidante, anti-inflamatória e cardioprotetora, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas não transmissíveis (COSME; PINTO; VILELA, 2018).

Os artigos apresentam estudos sobre frutas conhecidas mundialmente, entretanto observa-se muitas variedades de frutas, específicas de uma determinada região ou país, que também estão cada vez mais sendo exploradas, a exemplo da jussara (*Euterpe edulis Martius*), fruta tropical e exótica nativa da Mata Atlântica, com grande potencial de consumo. Segundo Carvalho et al. (2016), a diversidade de compostos bioativos presente nessa fruta tropical tem despertado grande interesse da ciência e da indústria, devido ao seu elevado potencial antioxidante. Outro exemplo é a Arônia (*Aronia menalocarpa*), fruta nativa da América do Norte, rica em antocianinas cujo teor pode ser de 1500-4400 mg/kg, a depender da variedade e método de cultivo (BEDNARSKA; JANISZEWSKA-TURAK, 2019).

As frutas em função dos benefícios de ordem nutricional bem como da presença em sua constituição de compostos bioativos capazes de promover saúde e bem-estar ao ser humano vem sendo alvo de vários estudos. Os resíduos resultantes do seu processamento também têm despertado interesse em decorrência da presença de fitoquímicos bioativos em sua constituição, bem como, da elevada quantidade de resíduos gerada pela indústria. Vale mencionar que o incremento do crescimento industrial deste setor se deve a alta perecibilidade das frutas que impõe a aplicação de tecnologias que permitem disponibilizar produtos de frutas ao longo de todo ano (DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Esses resíduos provenientes do processamento industrial das frutas são importantes fontes de compostos bioativos, porém o seu uso ainda é bastante limitado devido ao alto custo quanto a secagem, armazenamento e transporte dos subprodutos, sendo mais utilizado como ração animal e fertilizante. Entretanto, o descarte desses resíduos ainda é bastante elevado, representando um problema crescente que precisa de atenção. Segundo Varzakas; Zakynthinos; Verpoort (2016) as frutas e hortaliças geram entre 25 a 30% de produtos não comestíveis, entre cascas e sementes.

Dos artigos estudados nessa revisão, 32,73% deles (36 dos 110 estudos) são relativos a resíduos de frutas, como fonte de compostos fenólicos, dos quais 63,87% (23 dos 36 estudos) tem como foco os resíduos industriais doados por vinícolas e fábricas de polpas, sucos, frutas enlatadas, bebidas, chocolate e chá. Da safra da uva, uma das maiores safras de fruta do mundo, 80% são destinadas para a produção de vinho, chegando a gerar 20% de resíduos industriais, entre cascas e sementes (TOLUN; ALTINTAS; ARTIK, 2016). O bagaço da uva resultante do processamento dessa fruta, retém 20-30% de compostos fenólicos e as sementes de 60 a 70% (TOLUN; ARTIK; ALTINTAS, 2020). O processamento da acerola gera 40% do seu volume como resíduo, que na maioria das vezes é descartado pelas indústrias, contudo apresentam alta concentração de antocianinas totais, carotenóides, compostos fenólicos e flavonóides totais (REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2017). Rezende; Nogueira; Narain (2018), avaliaram a microencapsulação dos extratos de compostos bioativos obtidos da polpa e do resíduo agroindustrial de acerola, utilizando como agentes encapsulantes a goma arábica e maltodextrina em secagem por pulverização e liofilização. Esses autores reportam que maiores concentrações de compostos fenólicos, dentre eles antocianinas e flavonóides foram detectados no extrato do resíduo de acerola do que na polpa da fruta submetida a secagem por *spray drying*.

Vale ressaltar que os compostos bioativos presentes nos resíduos agroindustriais têm uma grande perspectiva de uso como alimentos funcionais, adicionando valor ao produto com efeito benéfico à saúde do consumidor. Aliado a isso, o interesse das empresas em utilizar tecnologias ambientais sustentáveis, vem contribuindo para os estudos que visam o aproveitamento desses subprodutos gerados pelas indústrias que processam frutas.

Alguns fatores são importantes para eficiência de extração desses compostos fenólicos, dentre eles a escolha do solvente utilizado, além das condições de extração como tempo e temperatura. Quanto a escolha do solvente é necessário avaliar a afinidade molecular entre o solvente e o soluto, assim como a segurança ambiental, viabilidade financeira e toxicidade para humanos (MOURA FILHO et al., 2017). Por conseguinte, os extratos fenólicos por serem misturas de diferentes classes de compostos fenólicos, não existe um processo universal e satisfatório para a extração de todos os fenólicos ou de uma classe específica. Outro fator que dificulta a extração destes compostos se deve, a matriz alimentar que pode variar do simples ao altamente polarizado, podendo haver interação deles com outros componentes dos alimentos, como carboidratos e proteínas. No entanto, os principais solventes utilizados como melhores extratores para essa classe de compostos são a água, o etanol e a acetona, considerados os mais seguros para a produção de alimentos e

medicamentos. O metanol embora proporcione uma extração satisfatória, apresenta alta toxicidade para humanos, animais e meio ambiente (REZAINÉ et al., 2015; SÁNCHEZ-VALDEPEÑAS et al., 2015; FANALI et al., 2018).

Observa-se que na maioria das extrações reportadas nos artigos analisados nesta revisão, o etanol, tanto na forma isolada, como em solução hidroetanólica em diferentes concentrações são bastante utilizados como solvente extrator. A extração aquosa, bem como, com o etanol ou água acidificados (ácido clorídrico, cítrico e acético) também são muito empregados. Outros solventes também utilizados, porém, em menor frequência, são: metanol, acetato de etila, álcool etílico e acetona. De acordo com Veber et al. (2015), na extração de fenólicos a partir de frutos de jambolão, o uso do solvente hidroetanólico a 50% possibilitou obter extrato com maior quantidade de compostos fenólicos do que o obtido com solvente hidroetanólico a 25 % e com a água. Santos et al. (2017b) relatam, que a extração aquosa foi 1 a 2 vezes mais eficiente para a extração de fenólicos do bagaço de amora quando comparada com a extração hidroalcolólica.

Kaderides et al. (2015), ao avaliarem a extração de compostos fenólicos em casca de romã constataram que o rendimento de extração aumentou com o aumento da polaridade do solvente, a saber: acetato de etila < etanol < metanol < metanol aquoso a 50% < água. Desta forma, este resultado correlaciona-se ao princípio de que “semelhante dissolve semelhante”, visto que a maioria dos compostos fenólicos são polares. A utilização da água como alternativa de solvente extrator, propõe um “processo verde”, visto que além de ser um solvente universal, de baixo custo, é renovável, reduzindo o consumo de energia e quantidades de solventes além de garantir a obtenção de um extrato seguro e de qualidade. Lu et al. (2020) empregando um processo de extração ecologicamente correto, utilizando a água como solvente para extração da antocianina em bagaço de mirtilo, verificaram que foi possível obter extrato aquoso $1569 \pm 0,05$ mg / g seco de antocianinas, enquanto no extrato hidroetanólico foi obtido $2966 \pm 0,08$ mg / g.

Papillo et al. (2019) utilizaram extração aquosa e hidroetanólica para obtenção de compostos fenólicos a partir da casca de cacau e verificaram que o solvente extrator com melhor desempenho foi água/etanol (50:50), obtendo 93,3 mg de polifenóis totais por grama de extrato seco. Os autores destacam, que o etanol é uma substância considerada “GRAS” (reconhecido como seguro de acordo com a American Food and Drug Administration) e ao ser empregado na concentração de 50% na solução extratora, evita-se que o seu uso seja excessivo, reduzindo o custo como também possíveis riscos à saúde em aplicações industriais futuras. Alguns autores (Liyana-Pathirana; Shahidi, 2005; Vizzotto e Pereira,

2011) acreditam que é necessário a combinação da água com outros solventes orgânicos para extração de polifenóis, uma vez que a água é altamente polar, podendo resultar em extratos com alta impureza (ácidos orgânicos, açúcares, proteínas solúveis) interferindo, assim, na quantificação final dos compostos fenólicos.

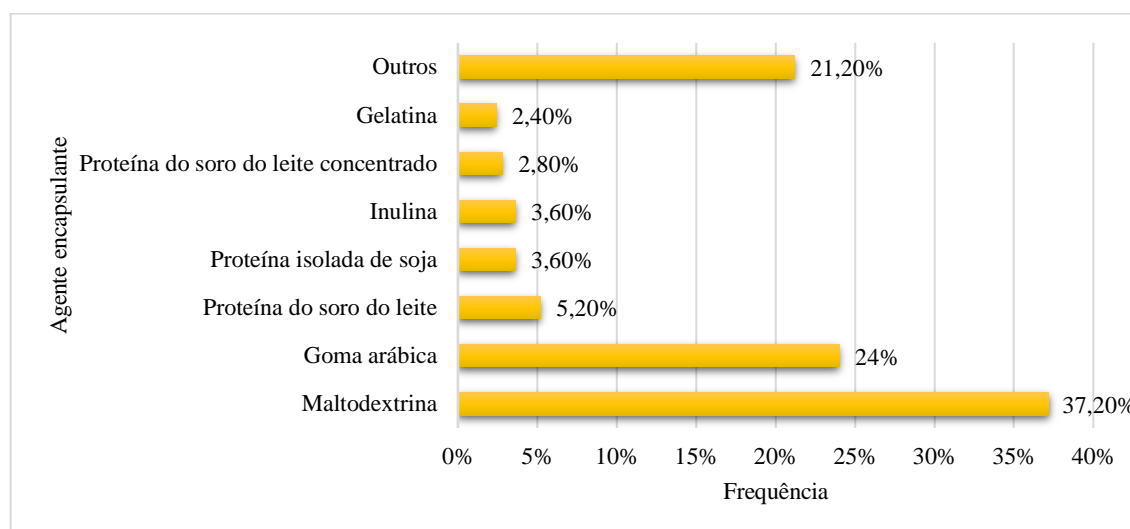
A encapsulação por *spray drying* é uma técnica simples, com alta qualidade das partículas e de baixo custo em comparação a outros métodos de secagem convencional (MORENO et al., 2016), comumente utilizada na indústria farmacêutica e alimentícia para encapsulação de polifenóis e outros compostos termolábeis (SAIKIA et al., 2015). Muitos estudos reportam a utilização dessa técnica para encapsulação de fenólicos. As condições de processo são importantes para uma adequada eficiência de encapsulação, sendo a temperatura um dos fatores de destaque. Yingngam et al. (2018) avaliaram o efeito da temperatura de entrada (130-180 °C), taxa de fluxo de secagem e taxa de aspiração na secagem do extrato de *maoberry* encapsulado com diferentes concentrações de maltodextrina. Nesse estudo foi constatado que todas as variáveis estudadas influenciaram significativamente no rendimento, umidade e eficiência de encapsulação e no teor de antocianinas nas micropartículas. Os autores destacam que quanto maior a temperatura de entrada maior o rendimento do produto e menor o teor de antocianina e de umidade, estabelecendo como condições ideais a temperatura de entrada de 140°C, taxa de fluxo de alimentação de 6 mL/min e taxa de aspiração 29 m³/h. Ressaltam, ainda, que o aumento da temperatura de entrada eleva a temperatura da câmara de secagem e da partícula pulverizada o que, conseqüentemente, pode ter degradado algumas antocianinas. Observações semelhantes foram relatadas por Tolun; Altintas; Artik, (2016), ao constatarem que com a elevação da temperatura de 120° para 140 °C houve um aumento no teor de fenólicos nas micropartículas de extrato do resíduo de uva, entretanto, com temperatura mais elevada (160° e 180°C) foi evidenciado redução no teor desses compostos, aumento no rendimento em decorrência da maior eficiência de transferência de calor e maior evaporação de água em temperaturas mais altas. Lourenço; Moldão-Martins; Alves, (2020) verificaram que ao aumentar a temperatura de entrada de 150° para 190 °C ocorreu diminuição da capacidade antioxidante das partículas, tendo em vista que os componentes bioativos presentes na casca do abacaxi são mais facilmente oxidados com o aumento da temperatura.

Segundo Kalamara; Goula; Adamopoulos, (2015) quanto maior a temperatura de secagem mais rápida é a formação da membrana ao redor das partículas o que proporciona uma melhor retenção do material do núcleo evitando lixiviação. No entanto, temperaturas acima de 180 °C podem aumentar excessivamente o tamanho das partículas causando

imperfeições em sua superfície e consequentes perdas do material (MOHAMMED et al., 2017). Rosa et al. (2019), verificaram que ao avaliar a morfologia das partículas produzidas em diferentes temperaturas (120°/140°/160°C), aquelas obtidas à 140 °C apresentaram uniformidade, com superfície lisa e sem trincas, garantindo uma maior retenção e proteção do material encapsulado.

Um dos desafios da indústria na secagem de produtos alimentícios é a perda do material durante processo devido à sua aderência na parede da câmara, em razão da alta higroscopicidade e baixa temperatura de transição vítrea de alguns produtos (PETERSEN; JORGENSEN; RAWLINGS, 2015). Parte desse problema pode ser resolvido com a escolha adequada do agente encapsulante. A maltodextrina, proteínas e gomas têm se mostrado eficaz como encapsulantes em virtude do seu alto peso molecular, além da alta temperatura de transição vítrea que, auxilia também na proteção dos compostos bioativos, rendimento, solubilidade, redução da umidade e higroscopicidade (SHISHIR; CHEN, 2017). De acordo com os artigos analisados, a maltodextrina é o agente encapsulante com maior frequência de utilização nos estudos (37,20%), possivelmente devido à alta eficiência de encapsulação, baixo custo, boa solubilidade e baixa viscosidade. Além disso, em solução é incolor e apresenta sabor suave. De acordo com o grau de hidrólise podem ter diferentes pesos moleculares, variando em função da densidade do revestimento ao redor do material encapsulado (SAAVEDRA-LEOS et al., 2015; MULCAHY; MULVIHILL; O'MAHONY, 2016).

Na Figura 3, verifica-se, ainda que a goma arábica é o segundo material de parede mais utilizado (24% de frequência), seguido da proteína do soro do leite (5,2%), proteína isolada de soja (3,6%), inulina (3,6%), proteína do soro do leite concentrado (2,8%) e gelatina (2,4%). Os agentes classificados como “outros”, incluem: leite em pó desnatado, amido modificado, quitosana, β -ciclodextrina, celulose cristalina, polidextrose, amido, proteína de ervilha isolada, pectina, leite desnatado, amido de araruta, hidroxipropil β -ciclodextrina, goma de feno grego, goma guar parcialmente hidrolisada, amido modificado de anidrido N-octenil succínico de milho seroso, óleo de soja, goma guar, β -glucana, Tween 80 (polisorbato), farinha de trigo integral orgânica, farinha de grão de bico, farinha de coco, amido solúvel, alginato de sódio, carragenina, fibra de bambu, mucilagem extraída da casca de pitaya, albumina de ovo, proteína de ervilha, goma acácia, amido de arroz, γ -ciclodextrina, frutano agave de alto desempenho e de alto grau de polimerização, goma xantana e caseinato de sódio, cuja frequência de utilização de cada um isoladamente é inferior a 2%.

Figura 3- Frequência da utilização dos agentes encapsulantes.

Apesar da maltodextrina, de forma isolada, apresentar boa eficiência de encapsulação, alguns estudos demonstram que essa eficiência é ainda melhor quando o seu uso é associado a um hidrocoloide (PIECZYKOLAN; KUREK, 2019), uma vez que exibe uma melhor capacidade de emulsificação (TOLUN; ARTIK; ALTINTAS, 2020). Carvalho et al. (2016) observaram que a combinação da maltodextrina 10 DE com a goma arábica promoveu uma maior retenção de antocianinas quando comparada com a utilização desses materiais de forma isolada. Também foi verificado que as micropartículas obtidas com maltodextrina 30 DE, seguida da goma arábica, apresentaram maior teor de umidade e de higroscopicidade do que as micropartículas contendo maltodextrina 10 DE e sua mistura com goma arábica. A maior quantidade de grupos hidrofílicos do agente carreador promove maior absorção de água pelas micropartículas. No caso da maltodextrina 10 DE que apresenta um menor grau de hidrólise e menor número de grupos hidrofílicos, favorece a redução da higroscopicidade do produto obtido. Tolun; Altintas; Artik (2016), relatam achados semelhantes ao usar maltodextrina em conjunto com a goma arábica, no encapsulamento de compostos fenólicos do bagaço de uva, cujos resultados foram melhores do que aqueles obtidos com a maltodextrina isolada, além disso a maltodextrina DE 4-7 apresentou maior eficiência em comparação a DE 17-20.

Colín-Cruz et al. (2019) ao avaliarem a secagem do suco de amora com *Lactobacillus acidophilus*, utilizando goma arábica, maltodextrina e proteína do soro do leite concentrado, isolados e em combinação, observaram que o produto obtido com a mistura de goma arábica com maltodextrina apresentou maior teor de antocianinas e de compostos fenólicos totais, sendo considerada no estudo a formulação mais viável para proteger os compostos bioativos

e bactérias probióticas. Em estudo de Jimenez-Gonzales et al. (2018), ficou evidenciado que na microencapsulação do extrato do pericarpo do fruto *Renalmia alpinia* com maltodextrina e goma arábica, isoladas e em conjunto, o melhor rendimento foi obtido ao utilizar os dois agentes encapsulantes combinados (21,58%), quando comparado ao rendimento do microencapsulado com goma arábica (19,47%) e com maltodextrina (18,59%). Esses resultados podem estar atribuídos à baixa viscosidade de solução de alimentação, no caso da maltodextrina, que propicia a formação de um pó mais fino, dificultando sua coleta no ciclone. A maior viscosidade da solução da goma arábica também influenciou no rendimento do produto uma vez que tem maior tendência em aderir as paredes da câmara.

As proteínas têm sido consideradas um importante agente carreador pela sua capacidade de formar filmes e sua interação com polifenóis (JIA; DUMONT; ORSAT, 2016). Dentre elas, a proteína isolada de soja vem sendo bastante utilizada como agente carreador pelo seu alto poder emulsificante, além de ser uma fonte renovável e biodegradável. Correia et al. (2017) avaliando diferentes processos de secagem do extrato do bagaço de mirtilo, utilizando quatro agentes encapsulantes de forma isolada (farinha de trigo, farinha de coco, farinha de grão de bico e proteína isolada de soja) evidenciaram que o microencapsulado obtido com proteína isolada de soja exibiu maior concentração de polifenóis (156,2 mg GAE/g), de antocianinas (13,4 mg/g), maior ação antioxidante (DPPH: 714,1 $\mu\text{mol TE/g}$) e o maior rendimento (50,1%). Acredita-se que a maior eficácia da proteína isolada de soja, como material encapsulante se deve ao fato da proteína migrar com eficiência para a superfície da partícula formando complexos com os polifenóis, diminuindo a viscosidade entre as partículas e dificultando sua aderência as paredes. Desta forma, a proteína isolada de soja pode ser vista como um eficiente substituto para polissacarídeos. Durante o armazenamento por 16 semanas (à 4 e 20 °C) o extrato de mirtilo microencapsulado com a proteína de soja exibiu maior estabilidade dos seus fitoquímicos.

Ao encapsular o extrato do resíduo de limão com maltodextrina isolada, maltodextrina com a proteína de soja e maltodextrina com carragenina, Papoutsis et al. (2018) verificaram que o complexo com a proteína de soja obteve melhores resultados relacionados ao teor de fenólico total, de flavonoide total, FRAP e eficiência de encapsulação quando comparados aos dos outros agentes encapsulantes, tanto em secagem por spray drying quanto por liofilização. Wang et al. (2020), ao analisar o suco de amora microencapsulado com maltodextrina associada a quatro diferentes tipos de proteínas (proteína do soro do leite, albumina de ovo, proteína de soja isolada e proteína de ervilha), de forma isolada, detectaram teor de fenólicos totais significativamente maior no pó cujo

agente encapsulante continha a proteína de soja do que nos outros pós que continham como encapsulantes outras proteínas na mesma proporção (40%). Outro dado relevante constatado é que a mistura da maltodextrina com proteínas de origem animal, como encapsulante, resultou em produtos com teor de fenólicos totais significativamente menor do que o encontrado nos microencapsulados obtidos com mistura de maltodextrina e proteínas vegetais. Entretanto, o uso da proteína isolada de soja e de ervilha propiciaram rendimento inferior a 50%. Ton; Tran; Le, (2016) relataram que a microencapsulação do óleo de semente de rambutão com proteína do soro do leite exibiu maior eficiência de encapsulação, maior rendimento e proteção contra a oxidação do que o microencapsulado com outras proteínas (caseinato de sódio, gelatina e proteína isolada de soja).

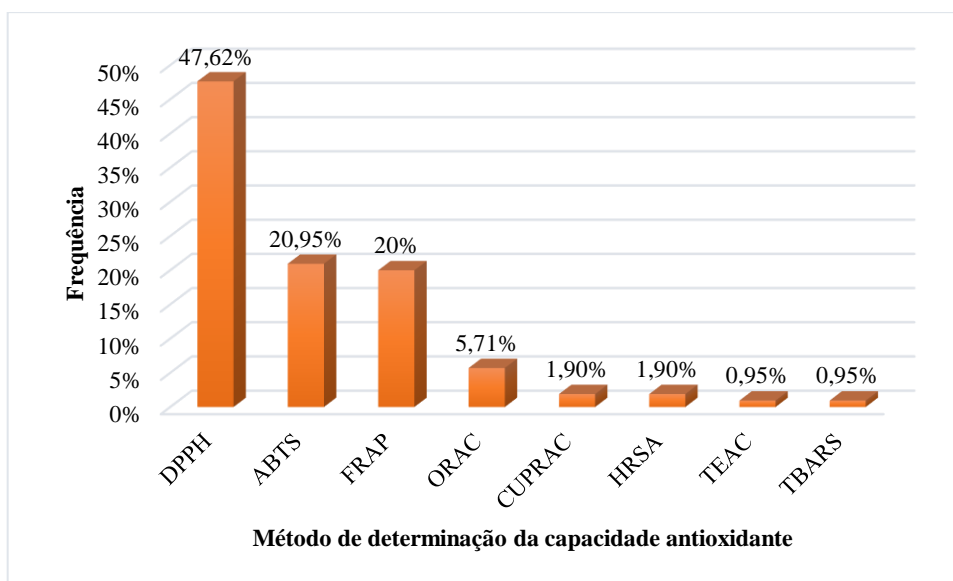
Vu; Scarlett; Vuong, (2020) ao estudarem a secagem do extrato da casca de banana utilizando maltodextrina DE4-7, maltodextrina DE9-12, maltodextrina DE16,5-19,9, proteína isolada de soja e goma acácia em conjunto com maltodextrina DE9-12 como material de parede, verificaram que a combinação de maltodextrina DE9-12:goma acácia propiciou melhor rendimento (83%) e as condições de encapsulamento mais adequadas, enquanto que com a proteína isolada de soja de forma isolada obtiveram os menores resultados de rendimento (61,74%), eficiência de encapsulação (77,21%), FRAP (21,37 mg TE/g), DPPH (19,73 mg TE/g), comparados a todos os outros tratamentos. Santana et al. (2018) relatam que ao encapsular polpa de jussara com a proteína isolada de soja (PIS), em combinação com amido modificado, utilizando diferentes condições de processo (temperatura de ar de entrada: 140°-200°C; concentração do agente transportador: 0,5-2 g de agente transportador/g de sólidos da polpa de jussara; razão de amido/proteína isolada de soja: 5-30g de PIS/100g), obtiveram os seguintes resultados de rendimento, teor de antocianinas e eficiência de encapsulação: 49,9 a 78,5%, 34,1% a 96,9% e 98,5 a 99,5%, respectivamente. As melhores condições de processo selecionadas nesse estudo em relação a PIS para os valores máximos de rendimento, retenção de antocianinas e eficiência de encapsulação, foram: temperatura de entrada de 170°C, concentração do agente transportador 1,25 e 2g e razão de agente transportador (amido:PIS) de 30g de PIS/100g.

Muzaffar; Kumar (2015) ao avaliarem diferentes proporções de proteína isolada de soja na encapsulação da polpa de tamarindo, identificaram que as condições ideais de secagem por pulverização foram 25% de proteína isolada de soja (PIS), 170 ° C de temperatura de entrada e taxa de fluxo de alimentação de 400 ml / h. Destacando, também, que a PIS provou ser um agente transportador eficiente com bom rendimento de secagem,

em decorrência de sua propriedade de formar filmes que após secagem aumenta a temperatura de transição vítrea superando a viscosidade da polpa e aumentando, assim, o rendimento, como também a sua baixa higroscopicidade e alta solubilidade.

Quanto a capacidade antioxidante dos microencapsulados, observar-se que 66 dos 110 (60%) artigos analisados, relatam ter efetuado esta análise, utilizando diferentes métodos analíticos. Dentre os métodos utilizados a maior frequência foi do método DPPH (47,62%), seguido do ABTS (20,95%), FRAP (20%), ORAC (5,71%), CUPRAC (1,9%), HRSA (1,9%), TEAC (0,95%) e TBARS (0,95%) (Figura 4).

Figura 4- Frequência da utilização dos métodos para determinação da capacidade antioxidante.



A avaliação da capacidade antioxidante nos alimentos é importante para indicar ou comprovar a presença de substâncias antioxidantes, assim como seu potencial, podendo avaliar também a proteção contra a oxidação e deterioração do mesmo. Diversos são os métodos para determinar a capacidade antioxidante *in vitro*, dentre eles destacam-se os que se baseiam na captura de radicais livres e os que determinam a oxidação de uma molécula alvo. O método do radical DPPH é um dos mais utilizados em ensaios antioxidantes de amostras vegetais, corroborando com os achados, sendo avaliado de forma metodológica como um método prático, rápido, preciso, com boa estabilidade e reprodutibilidade (ALVES et al., 2010; SUCUPIRA et al., 2012). Como a capacidade antioxidante não depende apenas da reatividade química do antioxidante, como também de outros fatores e levando em

consideração que cada tipo de ensaio tem sua aplicabilidade, recomenda-se que haja utilização de mais de uma técnica para avaliação da capacidade antioxidante, pois um único método não representa de forma segura e precisa a capacidade antioxidante de uma amostra. Apesar do método DPPH ter sido utilizado com bastante frequência nos artigos analisados, torna-se difícil a comparação dos resultados, uma vez que são expressos em diferentes unidades de medida.

Outro fator a ser considerado e que vale ser destacado é que poucos artigos consideram a ação antioxidante e conteúdo fenólico dos agentes encapsulantes. As micropartículas são resultantes da junção do extrato ou da polpa da fruta com o agente encapsulante, e alguns desses agentes contém compostos fenólicos, a exemplo da goma arábica, extraída a partir de troncos e ramos de árvores, podendo conter em sua constituição taninos, que são moléculas de polifenóis. Outro exemplo é, proteína de soja que também apresentam compostos fenólicos em sua composição. Dessa forma, seria importante quantificar a ação antioxidante do agente encapsulante a fim de se evitar uma superestimação dos resultados. Diante disso, Iturri; Calado; Prentice (2020) avaliando a microencapsulação por secagem em *spray drying* de polpa de *Eugenia stipitata* utilizando como agente encapsulante a maltodextrina e goma arábica, quantificaram os polifenóis totais e capacidade antioxidante dos agentes, relataram que a goma arábica apresentou teor polifenóis totais de 97 mg de ácido gálico/100g, e seguinte ação antioxidante: DPPH IC50 (752 mg d.m.m /mL), DPPH (64174 g d.m.m/g DPPH), FRAP (9 μ mol FeSO₄/g d.m.m), ABTS (1 (μ mol Trolox/g d.m.m). Na maltodextrina os compostos fenólicos estavam ausentes e, conseqüentemente, não exibiu ação antioxidante.

Os estudos têm demonstrado que a microencapsulação é um processo eficaz e de extrema importância para preservação de vários componentes, amplamente aplicada nos setores farmacêutico e de cosmético, porém ainda pouco empregada na indústria de alimentos em razão do custo de implantação, necessidade de pessoal e manutenção do processo. Entretanto, as indústrias alimentícias devem considerar que alguns compostos, como aromas e corantes naturais, são altamente instáveis, podendo ser degradados com facilidade, trazendo grandes prejuízos a indústria. A aplicação de microencapsulados como aditivo alimentar no setor industrial também foi relatada por vários autores. Fia et al. (2018) aplicaram o extrato de uva verde microencapsulado, contendo maltodextrina como agente encapsulante, em vinho branco como aditivo antiescurecimento. O complexo antioxidante do microencapsulado mostrou-se eficaz para proteger o vinho branco do escurecimento, além disso, a técnica usada pode ser facilmente implementada em maior escala para

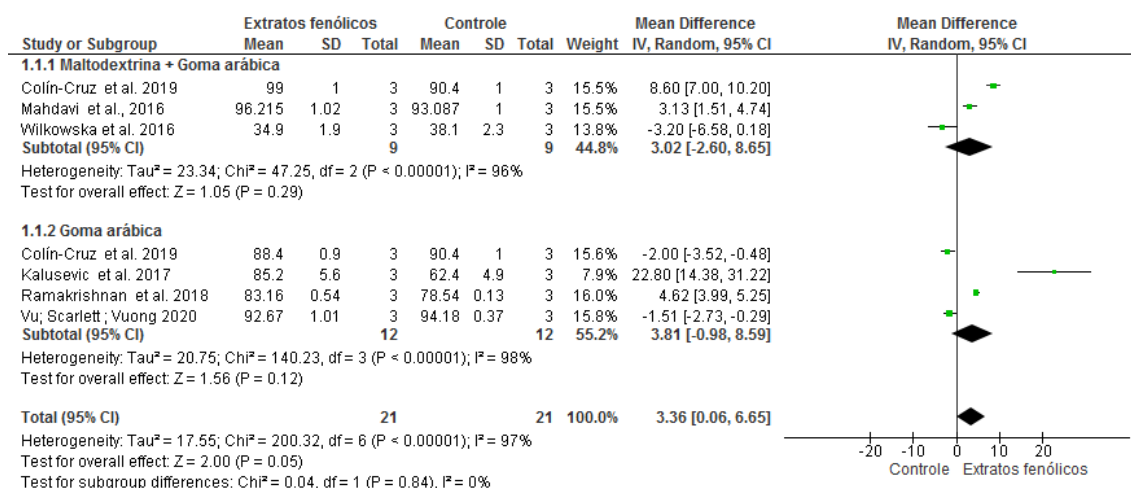
produção efetiva do extrato. Papillo et al. (2019) analisaram o extrato da casca do cacau encapsulado com maltodextrina (80:20) quanto a sua estabilidade durante o cozimento de biscoitos. Os autores constataram que, o teor de polifenóis não foi afetado pelo cozimento, trazendo a perspectiva do seu uso como ingrediente funcional para enriquecimento com polifenóis em produtos de panificação, abrindo novas possibilidades de aplicação na indústria alimentícia. Utpott et al. (2020) testaram a encapsulação de betalaínas extraídas de pitaya vermelha, utilizando maltodextrina e mucilagem extraída da casca da pitaya como agentes encapsulantes, como pigmentos naturais. O microencapsulado foi aplicado em iogurte com bons resultados na estabilidade da cor, evidenciando a eficácia da técnica e dos agentes encapsulantes utilizados. Esse resultado satisfatório permitiu sugerir que esse corante na forma de pó também pode ser aplicado em outras matrizes alimentares como refrigerantes, sorvetes, produtos de panificação, dentre outros.

Desta forma, verifica-se a importância da técnica de encapsulação em diversos setores, sendo promissor sua utilização na indústria alimentícia. Contudo, diante da variedade de compostos bioativos presentes em frutas e resíduos, requer-se sempre mais estudos para o entendimento básico das interações, características físico-químicas dos agentes encapsulantes, aplicação em matriz alimentar, vida útil e otimização dos processos.

3.1. Análise estatística

Apesar da variabilidade metodológica dos estudos, uma meta-análise foi realizada sobre a eficiência de encapsulação (EE) dos extratos fenólicos. Nessa revisão 38 dos 110 artigos (41,80%) trouxeram resultados referentes a EE, porém nem todos foram submetidos a meta-análise por não apresentarem as características necessárias para a análise, não sendo possível efetuar comparação. Para maior confiabilidade dos resultados a meta-análise foi aplicada em subgrupos de extratos fenólicos microencapsulados. Assim, obteve-se os subgrupos do microencapsulado contendo maltodextrina + goma arábica (MD+GA) e goma arábica isolada (GA), como agente encapsulante, os quais foram comparados ao grupo controle correspondente a maltodextrina. Ao analisar a eficiência da microencapsulação, o MD (*mean difference*) foi de 3,36 (IC 95% 0,06 a 6,65), indicando que os grupos com extratos fenólicos microencapsulados com MD+ GA e GA foram mais eficazes do que o grupo controle (maltodextrina) ($p = 0,05$). Os estudos mostraram um alto nível de heterogeneidade ($I^2 = 97\%$) (Figura 5; Tabela 2- Apêndice B).

Figura 5- Forest plot da eficiência da microencapsulação – Grupo com Extratos fenólicos versus Grupo Controle.



A análise dos subgrupos de forma isolada permite constatar não haver diferença significativa, uma vez que o subgrupo MD+GA e o subgrupo GA apresentaram respectivamente, $p = 0,29$ e $p = 0,12$. Apesar da estimativa do efeito estar direcionada para os subgrupos, ainda assim, não foi significativa, possivelmente devido a pequena quantidade de artigos analisados. Possivelmente com o acréscimo de mais estudos este panorama poderia ser modificado, uma vez que a tendência mostra maior eficácia para os subgrupos. Contudo, ao analisar o contexto geral o $p = 0,05$ indicando haver diferença estatisticamente significativa, apresentando os subgrupos maior EE que o grupo controle. Segundo Higgins; Green (2011), um I^2 acima de 50% indica heterogeneidade substancial e, acima de 75%, heterogeneidade alta. Analisando os dados, observou-se que houve uma alta heterogeneidade a partir do cálculo do i-quadrado ($I^2 = 97\%$), assim como os resultados dos subgrupos MD+GA (96%) e GA (98%), o que pode ser decorrente de possíveis diferenças metodológicas nos estudos, no que se refere as condições de extração e de processo, bem como concentrações dos agentes encapsulantes, dentre outros.

4. CONCLUSÃO

Nessa revisão sistemática foram encontrados diversos estudos referentes a microencapsulação por atomização de extratos fenólicos provenientes de frutas, tanto em sua forma *in natura* como a partir de seus resíduos, sucos e polpas. Os achados trouxeram a uva como principal fonte de compostos fenólicos utilizada nos artigos. Quanto aos resíduos de frutas constatou-se que apresentam elevada concentração de compostos fenólicos com

grande perspectiva de seu uso como aditivo alimentar, além de ser possível minimizar impactos ambientais ao utilizar este material como fonte de compostos bioativos. O agente encapsulante com maior frequência de utilização foi a maltodextrina, empregada tanto em sua forma isolada como em combinação com outros agentes, e DPPH o método mais empregado para determinação da capacidade antioxidante. A meta-análise indicou que os extratos fenólicos encapsulados com MD+GA e com GA apresentaram maior eficiência de encapsulação quando comparados com o grupo controle (maltodextrina). Entretanto, a alta heterogeneidade ($I^2 = 97\%$; $p=0,05$) sugere ampliar o número de artigos em novos estudos. Vale destacar a importância desse estudo, visto que, não há conhecimento de revisões sistemáticas na área de ciência e tecnologia de alimentos, levando em consideração também que são inúmeros os artigos encontrados sobre o tema, havendo necessidade de uma síntese das evidências disponíveis.

5. REFERÊNCIAS

- AGUDELO, C.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FERREIRA, I.C.F.R. Phytochemical content and antioxidant activity of grapefruit (Star Ruby): A comparison between fresh freeze-dried fruits and diferente powder formulations. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.80, p.106-112, fev.2017.
- AHMAD, N.; ZUO, Y.; LU, X.; ANWAR, F.; HAMEED, S. Characterization of free and conjugated phenolic compounds in fruits of selected wild plants. **Food Chemistry**, [s.l.], v.190, n.1, p.80-89, 2016.
- AIZPURUA-OLAIZOLA, O.; ORMAZABAL, M.; VALLEJO, A.; OLIVARES, M.; NAVARRO, P.; ETXEBARRIA, N.; USOBIAGA, A. Optimization of supercritical fluid consecutive extractions of fatty acids and polyphenols from *Vitis Vinifera* grape wastes. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 80, n. 1, p. 101-107, 2015.
- ALISSA, K.; YU-CHI HUNG, HOU, C.Y.; LIM, G.C.W.; JHIH-YING CIOU. Developing new health material: the utilization of spray drying technology on avocado (*Persea Americana mill.*) seed powder. **Foods**, [s.l.], v.9, n.2, p.1-15, jan. 2020.
- ALVES, C.Q.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P.; BAHIA, M.V.; AGUIAR, R.M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, [s.l.], v.33, n.10, 2010.
- ALVES, T.V.G.; RUSSANY SILVA DA COSTA, R. SILVA DA.; ALIAKBARIAN, B.; CASAZZA, A.A.; PEREGO, P.; SILVA JÚNIOR, J.O.C.; COSTA, R.M.R.; CONVERTI, A. Microencapsulation of *Theobroma cacao* L. waste extract: optimization using response surface methodology. **Journal of Microencapsulation**, [s.l.], v.34, n.2, p.111-120, mar. 2017.
- ARAÚJO, D. SILVA DE; SANTOS, JUCILEIDE DOS; PINTO, L.C. Teor de compostos fenólicos totais em variedades de uvas roxas (*Vitis labruscas*). **Nutrição Brasil**, [s.l.], v.16, n.4, set. 2017.
- ARAÚJO, H.C.S.; JESUS, M.S.; NETA, M.T.S.L.; GUALBERTO, N.C.; MATOS, C. M. S.; RAJAN, M.; RAJKUMAR, G.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. Effect of maltodextrin and gum arabic on antioxidant activity and phytochemical profiles of spray-dried powders of sapota (*Manilkara zapota*) fruit juice. **Drying Technology**, [s.l.], p.1-13, nov. 2020.
- ARCHAINA, D.; LEIVA, G.; SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Physical and functional properties of spray-dried powders from blackcurrant juice and extracts obtained from the waste of juice processing. **Food Science and Technology International**, [s.l.], p.1–9, jul. 2017.
- BERNARDES, A.L.; MOREIRA, J.A.; TOSTES, M.G.V.; COSTA, N.M.B.; SILVA, P.I.; COSTA, A.G.V. In vitro bioaccessibility of microencapsulated phenolic compounds of jussara (*Euterpe edulis* Martius) fruit and application in gelatine model-system. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.102, p.173-180, mar. 2019.

BEDNARSKA, M.A.; JANISZEWSKA-TURAK, E. The influence of spray drying parameters and carrier material on the physico-chemical properties and quality of chokeberry juice powder. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.57, p.564-577, set. 2019.

BICUDO, M.O.P.; JÓ, J.; OLIVEIRA, G. ALVES DE.; CHAIMSOHN, F.P.; SIERAKOWSKI, M.R.; RILTON ALVES DE FREITAS, R. ALVES DE.; RIBANI, R.H. Microencapsulation of Juçara (*Euterpe edulis* M.) Pulp by Spray Drying Using Different Carriers and Drying Temperatures. **Drying Technology: An International Journal**, [s.l.], v.33, p.153-161, 2015.

BOGER, B.R.; GEORGETTI, S.R.; KUROZAWA, L.E. Microencapsulation of grape seed oil by spray drying. **Food Science and Technology**, Campinas, [s.l.], v.38, n.2, p.263-270, abr. 2018.

BORGES, L.L.; MARTINS, F.S.; CONCEIÇÃO, E.C.; SILVEIRA, D. Optimization of the spray-drying process for developing jaboticaba waste powder employing response surface methodology. **Journal of Food Process Engineering**, [s.l.], v.40, n.1, ago. 2015.

BOYANO-OROZCO, L.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; MEZA-MÁRQUEZ, O.G.; OSORIO-REVILLA, G. Microencapsulation of Rambutan Peel Extract by Spray Drying. **Foods**, [s.l.], v.9, p.1-17, jul. 2020.

BRAGA, M.B.; ROCHA, S.C.S.; HUBINGER, M.D. Spray-drying of milk–blackberry pulp mixture: effect of carrier agent on the physical properties of powder, water sorption, and glass transition temperature. **Journal of Food Science**, [s.l.], v.0, n.0, 2018.

CARVALHO, A.G.S.; MACHADO, M.T.C.; SILVA, V.MARTINS DA.; SARTORATTO, A.; RODRIGUES, R.A.F.; HUBINGER, M.D. Physical properties and morphology of spray dried microparticles containing anthocyanins of jussara (*Euterpe edulis* Martius) extract. **Powder Technology**, [s.l.], v.294, p.421-428, 2016.

CELLI, G.B.; GHANEM, A.; BROOKS, M.S. Bioactive encapsulated powders for functional foods – a review of methods and current limitations. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.8, p.1825-1837, 2015.

COELHO, S.C.; ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F. Encapsulation in food industry with emerging electrohydrodynamic techniques: Electrospinning and eletrospraying- A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v.339, mar. 2021.

COLÍN-CRUZ, M.A.; PIMENTEL-GONZÁLEZ, D.J.; CARRILLO-NAVAS, H.; ALVAREZ-RAMÍREZ, J.; GUADARRAMA-LEZAMA, A.Y. Co-encapsulation of bioactive compounds from blackberry juice and probiotic bacteria in biopolymeric matrices. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 110, p.94-101, 2019.

CORREIA, R.; GRACE, M.H.; ESPOSITO, D.; LILA, M.A. Wild blueberry polyphenol-protein food ingredients produced by three drying methods: Comparative physico-chemical properties, phytochemical content, and stability during storage. **Food Chemistry**, [s.l.], v.235, p.76-85, 2017.

COSME, F.; PINTO, T.; VILELA, A. Phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices: A chemical and sensory view. **Beverages**, [s.l.], v.4, n.22, p.1-14, 2018.

COSTA, R. SILVA DA.; TEIXEIRA, C.B.; ALVES, T.V.G.; RIBEIRO-COSTA, R.M.; CASAZZA, A.A.; ALIAKBARIAN, B.; CONVERTI, A.; SILVA JÚNIOR, J.O.C.; PEREGO, P. Optimization of spray drying conditions to microencapsulate cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) seed by-product extract. **Natural Product Research**, [s.l.], v.33, n.18, p.1-18, abr. 2018.

COSTA, S.S.; MACHADO, B.A.S.; MARTIN, A.R.; BAGNARA, F.; RAGADALLI, S.A.; ALVES, A.R.C. Drying by spray drying in the food industry: Micro-encapsulation, process parameters and main carriers used. **African Journal of Food Science**, [s.l.], v. 9, p. 462-470, set. 2015.

ĆUJIĆ-NIKOLIĆ, N.; STANISAVLJEVIĆ, N.; ŠAVIKIN, K.; KALUŠEVIĆ, A.; NEDOVIĆ, V.; SAMARDŽIĆ, J.; JANKOVIĆ, T. Chokeberry polyphenols preservation using spray drying: effect of encapsulation using maltodextrina and skimmed milk on their recovery following *in vitro* digestion. **Journal of Microencapsulation**, [s.l.], v.36, n.3, p.1-11, set. 2019.

CUNHA, A.L.; MOURA, K.S.; BARBOSA, J.C.; SANTOS, A. FEITOSA dos. Os metabólitos secundários e sua importância para o organismo. **Diversitas Journal**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 175-181, mai./ago., 2016.

DAZA, L.D.; FUJITA, A.; FÁVARO-TRINDADE, C.S.; RODRIGUES-RACT, J.N.; GRANATO, D.; GENOVESE, M.N. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.], v.97, p.20-29, jan. 2016.

DAZA, L.D.; FUJITA, A.; GRANATO, D.; FÁVARO-TRINDADE, C.S.; GENOVESE, M.I. Functional properties of encapsulated Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extract. **Food Bioscience**, [s.l.], v.18, p.15-21, jun. 2017.

DIAS, D.R.; BOTREL, D.A.; FERNANDES, R.V.B.; BORGES, S.V. Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods. **Current Opinion in Food Science**, [s.l.], v. 13, p. 31–37, fev. 2017.

DÍAZ, D.I.; BERISTAIN, C.I.; AZUARA, E.; LUNA, G.; JIMENEZ, M. Effect of wall material on the antioxidant activity and physicochemical properties of *Rubus fruticosus* juice microcapsules. **Journal of Microencapsulation**, [s.l.], v.32, n.3, p.247-2254, mai. 2015.

EL-MESSERY, T.M.; EL-SAID, M.M.; DEMIRCAN, E.; OZÇELIK, B. Microencapsulation of natural polyphenolic compounds extracted from apple peel and its application in yoghurt. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, [s.l.], v.18, n.1, p.25–34, 2019.

EMAM-DJOMEH, Z.; SEDDIGHI, A.; ASKARI, G. Influence of process conditions on the functional properties of spray-dried seedless black barberry (*Berberis vulgaris*) juice powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v.41, n.3, p.1-11, fev.2016.

FANALI, C.; TRIPODO, G.; RUSSO, M.; POSTA, S.D.; PASQUALETTI, V.; GARA, LAURA DE. Effect of solvent on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of hazelnut kernel. **Electrophoresis**, v.39, p.1683-1691, 2018.

FIA, G.; GORI, C.; BUCALOSSI, G.; BORGHINI, F.; ZANONI, B. A Naturally Occurring Antioxidant Complex from Unripe Grapes: The Case of Sangiovese (v. *Vitis vinifera*). **Antioxidants**, [s.l.], v.7, n.27, p.1-10, fev. 2018.

GAGNETEN, M.; CORFIELD, R.; MATTSON, M.G.; SOZZI, A.; LEIVA, G.; SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content. **Powder Technology**, [s.l.], v.342, p.1008-1015, jan. 2019.

GAROFULIC, I.E.; ZORIC, Z.; PEDISIC, S.; DRAGOVIC-UZELAC, V. Retention of polyphenols in encapsulated sour cherry juice in dependence of drying temperature and wall material. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.83, p.110-117, 2017.

GUERGOLETTI, K.B.; BONIFÁCIO, K.L.; BARBOSA, D.S.; VALEZI, D.F.; SALVIATO, A.; MAURO, E.D.; IDA, E.L.; GARCIA, S. Influence of Spray-Drying and Room Temperature Storage on the Anti- and Prooxidant Properties of Fermented Juçara Pulp. **Food Technology & Biotechnology**, [s.l.], v.58, n.1, p.29-37, fev. 2020.

GOUIN, S. Microencapsulation: Industrial Appraisal of Existing Technologies and Trends. **Trends in Food Science and Technology**, [s.l.], v. 15, p. 330-347, 2004.

GOMES, W.F.; FRANÇA, F.R.M.; DENADAI, M.; ANDRADE, J.K.S.; OLIVEIRA, E.M.S.; BRITO, E. SOUSA DE.; RODRIGUES, S.; NARAIN, N. Effect of freeze- and spray-drying on physico-chemical characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.55, n.6, p.2095-2102, mar. 2018.

GONZÁLEZ, F.; GARCIA-MARTINEZ, E.; CAMACHO, M.M.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Stability of the physical properties, bioactive compounds and antioxidant capacity of spray-dried grapefruit powder. **Food Bioscience**, [s.l.], v.28, p.74-82, abr. 2019.

GRGIC, J.; SELO, G.; PLANINIC, M.; TISMA, M.; BUCIC-KOJIC, A. Role of the Encapsulation in Bioavailability of Phenolic Compounds. **Antioxidants**, [s.l.], v.9, p.1-35, set. 2020.

HIGGINS, J.P.T; GREEN S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 [updated March 2011]. **The Cochrane Collaboration**, 2011. Available from www.handbook.cochrane.org.

HIGGINS, J.P.T.; ALTMAN, D.G.; GÖTZSCHE, P.C.; JÜNI, P.; MOHER, D.; OXMAN, A.D.; SAVOVIC, J.; SCHULZ, K.F.; WEEKS, L.; STERNE, J.A. Cochrane Bias Methods Group; Cochrane Statistical Methods Group. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 343(7829), p.1–9, out. 2011.

- HU, Y.; LI, Y.; ZHANG, W.; KOU, G.; ZHOU, Z. Physical stability and antioxidant activity of citrus flavonoids in arabic gum-stabilized microcapsules: Modulation of whey protein concentrate. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v.77, p.588-597, abr. 2017.
- IGLESIAS-CARRES, L.; MAS-CAPDEVILA, A.; SANCHO-PARDO, L.; BRAVO, F.I.; MULERO, M.; MUGUERZA, B.; AROLA-ARNAL, A. Optimized extraction by response surface methodology used for the characterization and quantification of phenolic compounds in whole red grapes (*Vitis vinifera*). **Nutrients**, v.10, n.12, dez. 2018.
- ISLAM, M.Z.; KITAMURA, Y.; KOKAWA, M.; MONALISA, K.; TSAI, FU-HSUAN.; MIYAMURA, S. Effects of micro wet milling and vacuum spraydrying on the physicochemical and antioxidant properties of orange (*Citrus unshiu*) juice with pulppowder. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.], v.101, p.132-144, jan. 2017.
- ISLAM, M.Z.; AYAMI, O.; KITAMURA, Y.; KOKAWA, M.; TAKESHI, K.; MASAYUKI, K.; NORIHIRO, H. Micro wet milling and spray drying of whole mandarin powder and its characterization. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s.l.], v.15, p.851-861, out. 2020.
- ITURRI, M.S.; CALADO, C.M.B.; PRENTICE, C. Microparticles of *Eugenia stipitata* pulp obtained by spray-drying guided by DSC: An analysis of bioactivity and in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, [s.l.], v.334, 127557, 2020.
- JAFARI, S.M.; GHALENOEI, M.G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, [s.l.], v.311, p.59-65, 2017.
- JANISZEWSKA-TURAK, E.; SAK, A.; WITROWA-RAJCHERT, D. Influence of the carrier material on the stability of chokeberry juice microcapsules. **International Agrophysics**, [s.l.], v.33, p.517-525, jun. 2019.
- JIA, Z.; DUMONT, M.J.; ORSAT, V. Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices. **Food Bioscience**, [s.l.], v.15, p.87-104, 2016.
- JIMENEZ-GONZALEZ, O.; RUIZ-ESPINOSA H.; LUNA-GUEVARA J.J.; OCHOA-VELASCO C.E.; LUNA V. D.; LUNA-GUEVARA M.L. A potential natural coloring agent with antioxidant properties: Microencapsulates of *Renealmia alpinia* (Rottb.) Maas fruit pericarp. **NFS Journal**, [s.l.], v.13, p.1-9, 2018.
- JOKIC, S.; NASTIC, N.; VIDOVIC, S.; FLANJAK, I.; ALADIC, K.; VLADIC, J. An approach to value cocoa bean by-product based on subcritical water extraction and spray drying using different carriers. **Sustainability**, [s.l.], v.12, n.6, p.1-12, mar. 2020.
- KADERIDES, K.; GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G. A process for turning pomegranate peels into a valuable food ingredient using ultrasound-assisted extraction and encapsulation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s.l.], v.31, p.204-215, ago. 2015.

- KALAMARA, E.; GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G. An integrated process for utilization of pomegranate wastes — Seeds. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s.l.], v.27, p.144-153, 2015.
- KALUSEVIC, A.M.; LEVIE, S.M.; CALIJA, B.R.; MILIE, J.R.; PAVLOVIE, V.B.; BUGARSKI, B.M.; NEDOVIE, V.A. Effects of different carrier materials on physicochemical properties of microencapsulated grape skin extract. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.54, p.3411-3420, set. 2017.
- KARACA, A.C.; GUZEL, O.; AK, M.M. Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v.96, p.449-455, fev. 2015.
- KHALIFA, I.; LI, M.; MAMET, T.; LI, C. Maltodextrin or gum Arabic with whey proteins as wall-material blends increased the stability and physicochemical characteristics of mulberry microparticles. **Food Bioscience**, [s.l.], v.31, 100445, out. 2019.
- KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M.L.; MELLO, J.C. Microparticles containing guaraná extract obtained by spray-drying technique: development and characterization. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.25, n.3, p.292-300, jun. 2015.
- KRISHNAIAH, D.; BONO, A.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R.; ANISUZZAMAN, S.M. Optimisation of spray drying operating conditions of *Morinda citrifolia* L. fruit extract using response surface methodology. **Journal of King Saud University – Engineering Sciences**, [s.l.], v.27, n.1, p.26-36, jan. 2015.
- KRISHNA, A., JYOTHIKA, M. A. Review on microcapsules. **Canadian Journal of Plant and Science**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 26-33, 2015.
- KUCK, L.S.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 194, p. 569–576, 2016.
- KUCK, L.S.; NOREÑA, C.P.Z. Application of gum Arabic, β -cyclodextrin, and hydroxypropyl- β -cyclodextrin to microencapsulation by molecular inclusion of grape skin extract (*Vitis labrusca* var. Isabel). **Food Processing and Preservation**, [s.l.], v.43, n.2, jan. 2019.
- LACERDA, E.C.Q.; CALADO, V.M.A.; MARIANA MONTEIRO, M.; FINOTELLI, P.V.; TORRES, A.G.; PERRONE, D. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v.151, p.500-510, mai. 2016.
- LEYVA-PORRAS, C.; SAAVEDRA-LEOS, M.Z.; CERVANTES-GONZÁLEZ, E.; AGUIRRE-BAÑUELOS, P.; SILVA-CÁZAREZ, M.B.; ÁLVAREZ-SALAS, C. Spray drying of blueberry juice-maltodextrin mixtures: evaluation of processing conditions on content of resveratrol. **Antioxidants**, [s.l.], v.8, n.10, p.1-12, out. 2019.

LI, Y.; TANG, B.; CHEN, J.; LAI, P. Microencapsulation of plum (*Prunus salicina* Lindl.) phenolics by spray drying technology and storage stability. **Food Science and Technology**, Campinas, v.38, n.3, set. 2017.

LI, Y.; WU, L.; WENG, M.; TANG, B.; LAI, P.; CHEN, J. Effect of different encapsulating agent combinations on physicochemical properties and stability of microcapsules loaded with phenolics of plum (*Prunus salicina* lindl.). **Powder Technology**, [s.l.], v.340, p.459-464, dez. 2018.

LIM, K.J.A.; CABAJAR, A.A.; MIGALLOS, M.K.V.; LOBARBIO, C.F.Y.; TABOADA, E.B. Microencapsulation of Phenolic Compounds from Waste Mango Seed Kernel Extract by Spray Drying Technology. **Nature Environment and Pollution Technology**, [s.l.], v.18, n.3, p.765-775, fev. 2019.

LIMA, E.M.F.; MADALÃO, M.C.M.; BENINCÁ, D.B.; SARAIVA, S.H.; SILVA, P.I. Effect of encapsulating agent and drying air temperature on the characteristics of microcapsules of anthocyanins and polyphenols from *juçara* (*Euterpe edulis* Martius). **International Food Research Journal**, [s.l.], v.26, n.2, p.607-617, abr. 2019.

LIU, Y.; CHEN, F.; GUO, H. Optimization of bayberry juice spray drying process using response surface methodology. **Food Science and Biotechnology**, [s.l.], v.26, n.5, p.1-10, ago. 2017.

LIYANA-PATHIRANA, C.; SHAHIDI, F. Optimization of extraction of phenolic compound from wheat using response surface methodology. **Food Chemistry**, [s.l.], v.93, n.1, p.47-56, nov.2005.

LOURENÇO, S.C.; MOLDÃO-MARTINS, M.; ALVES, V.D. Microencapsulation of pineapple peel extract by spray drying using maltodextrin, inulin, and arabic gum as wall matrices. **Foods**, [s.l.], v.9, n.6, jun. 2020.

LU, Y.; LIANG, X.; CHENG, L.; FANG, S. Microencapsulation of pigments by directly Spray-Drying of anthocyanins extracts from blueberry pomace: chemical characterization and extraction modeling. **International Journal of Food Engineering**, [s.l.], v.16, n.3, jan.2020.

MAHDAVIA, S.A.; JAFARIB, S.M.; ASSADPOOR, E.; DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v.85, p.379-385, abr. 2016.

MAHDI, A.A.; MOHAMMED, J.K.; AL-ANSI, W.; GHALEB, A.D.S.; AL-MAQTARI, Q.A.; MA, M.; AHMED, M.I.; WANG, H. Microencapsulation of fingered citron extract with gum arabic, modified starch, whey protein, and maltodextrin using spray drying. **International Journal of Biological Macromolecules**. [s.l.], v.152, p.1125-1134, jun. 2020.

MANICKAVASAGAN, A.; THANGAVEL, K.; DEV, S.R.S.; DELFIYA, D.S.A.; NAMBI, E.; ORSAT, V.; RAGHAVAN, G.S.V. Physicochemical Characteristics of Date

Powder Produced in a Pilot-Scale Spray Dryer. **Drying Technology**, [s.l.], v.33, p.1114–1123, 2015.

MARTINS, N.; PETROPOULOS, S.; FERREIRA, I.C.F.R. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum L.*) as affected by pre- and post- harvest conditions: A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v.211, p.41-50, 2016.

MAZUCO, R.A.; CARDOSO, P.M.M.; BINDACO, E.S.; SCHERER, R.; CASTILHO, R.O.; FARACO, A.A.G.; FABIANA GOMES RUAS, F.G.; OLIVEIRA, J.P.; GUIMARÃES, M.C.C.; ANDRADE, T. UGGERE DE.; LENZ, D.; BRAGA, F.C.; ENDRINGER, D.C. Maltodextrin and gum arabic-based microencapsulation methods for anthocyanin preservation in juçara palm (*Euterpe edulis Martius*) fruit pulp. **Plant Foods for Human Nutrition**, [s.l.], v.73, n.3, p.209-215, set. 2018.

MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; BRZEZOWSKA, J.; MAJERSKA, J.; CISKA, E. The influence of inulin on the retention of polyphenolic compounds during the drying of blackcurrant juice. **Molecules**, [s.l.], v.24, n.22, p.1-19, nov. 2019.

MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; ŁYSIAK, G.P.; FIGIEL, A. Chemical composition and antioxidant properties of powders obtained from different plum juice formulations. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v.18, p.1-14, jan. 2017.

MINH, N.P.; VY, L.D.; THONG, N.Q. Technical factors influencing to instant powder from strawberry (*Fragaria*) juice. **Journal of Global Pharma Technology**, [s.l.], v.11, n.4, p.47-56, 2019.

MISHRA, P.; BRAHMA, A.; SETH, D. Physicochemical, functionality and storage stability of hog plum (*Spondia pinnata*) juice powder produced by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.54, n.5, p.1052-1061, abr. 2017.

MOHAMMED, N.; TAN, C.; MANAP, Y.; ALHELLI, A.; HUSSIN, A. Process conditions of spray drying microencapsulation of Nigella sativa oil, **Powder Technology**, [s.l.], v.315, p.1-14, 2017.

MORAIS, D.R.; ROTTA, E.M.; SARGI, S.C.; SCHMIDT, E.M.; BONAFE, E.G.; EBERLIN, M.N.; SAWAYA, A.C.H.F.; VISENTAINER, J.V. Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. **Food Research International**, Barking, v. 77, n. 3, p. 392-399, nov. 2015.

MORENO, T., DE PAZ, E., NAVARRO, I., RODRIGUEZ-ROJO, S., MATIAS, A., DUARTE, C.; SANZ-BUENHOMBRE, M.; COCERO, M.J. Spray drying formulation of polyphenols-rich grape marc extract: Evaluation of operating conditions and different natural carriers. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.9, n.12, p.1–13, ago. 2016.

MORENO, T.; COCERO, M.J.; RODRÍGUEZ-ROJO, S. Storage stability and simulated gastrointestinal release of spray dried grape marc phenolics. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.112, p.96-107, nov. 2018.

- MOURA FILHO, J.M.; NAGAI, L.Y.; NASCIMENTO, L.C.S.; CAVALCANTE NETO, A.A.; PENNA, A.L.B. Determinação do solvente ótimo para extração dos compostos fenólicos do fruto de buriti. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8 n. 3, p. 22-28, jul./set. 2017.
- MOSER, P.; TELIS, V.R.N.; NEVES, N.A.; GARCÍA-ROMERO, E.; GÓMEZ-ALONSO, S.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Storage stability of phenolic compounds in powdered BRS Violeta grape juice microencapsulated with protein and maltodextrin blends. **Food Chemistry**, [s.l.], v.214, p.308-318, jan. 2017.
- MULCAHY, E.M.; MULVIHILL, D.M.; O'MAHONY, J.A. Physicochemical properties of whey protein conjugated with starch hydrolysis products of different dextrose equivalent values. **International Dairy Journal**, [s.l.], v.53, p.20-28, 2016.
- NETA, M.T.S.L.; JESUS, M. SILVA DE.; JOHN LENNON ALVES DA SILVA, J.L.ALVES DA.; ARAUJO, H.C.S.; SANDES, R.D.D.; SHANMUGAM, S.; NARAIN, N. Effect of spray drying on bioactive and volatile compounds in soursop (*Annona muricata*) fruit pulp. **Food Research International**, [s.l.], v.124, p.70-77, out. 2019.
- NOGUEIRA, G.F.; SOARES, C.T.; MARTIN, L.G.P.; FAKHOURI, F.M.; OLIVEIRA, R. AUGUSTUS DE. Influence of spray drying on bioactive compounds of blackberry pulp microencapsulated with arrowroot starch and gum arabic mixture. **Journal of Microencapsulation**, [s.l.], v.37, n.1, p.65-76, 2020.
- MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Parameter optimization for spray drying of tamarind pulp using response surface methodology. **Powder Technology**, [s.l.], v.279, p.179-184, 2015.
- OLIVEIRA, M.S.; LACERDA, L.N.L.; SANTOS, L. CAROLINE DOS.; LOPES, A.C.S.; CÂMARA, A.M.C.S.; MENZEL, H.J.K.; HORTA, P.M. Consumo de frutas e hortaliças e as condições de saúde de homens e mulheres atendidos na atenção primária à saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.20, n.8, ago. 2015.
- ORTIZ-BASURTO, R.I.; RUBIO-IBARRA, M.E.; RAGAZZO-SANCHEZ, J.A.; BERISTAIN, C.I.; JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ, M. Microencapsulation of *Eugenia uniflora* L. juice by spray drying using fructans with different degrees of polymerisation. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v.1, n.175, p.603-609, nov. 2017.
- PAPILLO, V.A.; LOCATELLI, M.; TRAVAGLIA, F.; BORDIGA, M.; GARINO, C.; COISSON, J.D.; ARLOIRO, M. Cocoa hulls polyphenols stabilized by microencapsulation as functional ingredient for bakery applications. **Food Research International**, [s.l.], v.115, p.511-518, 2019.
- PAPOUTSIS K.; GOLDING, J.B.; VUONG, Q.; PRISTIJONO, P.; STATHOPOULOS, C.E.; SCARLETT, C.J.; BOWYER, M. Encapsulation of citrus by-product extracts by spray-drying and freeze-drying using combinations of maltodextrin with soybean protein and ι -carrageenan. **Foods**, [s.l.], v.7, n.115, p.1-12, 2018.
- PETERSEN, L.N.; JORGENSEN, J.B.; RAWLINGS, J.B. Economic optimization of spray dryer operation using nonlinear model predictive control with state estimation. **IFAC-PAPERS ONLINE**, [s.l.], v.48, n.8, p.507-513, 2015.

- PIECZYKOLAN, E.; KUREK, M.A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v.129, p.665-671, 2019.
- POMBO, J.C.P.; MEDEIROS, H.H.B.REIS DE.; PENA, R.S. Optimization of the spray drying process for developing cupuaçu poder. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.57, p.4501-4513, mai. 2020.
- QUOC, L.P.T. Effect of different carrier agents on physicochemical properties of spray-dried pineapple (*Ananas comosus* merr.) Powder. **Journal of the Korean Chemical Society**, [s.l.], v.64, n.5, p.259-266, mai. 2020.
- RAMAKRISHNAN, Y.; ADZAHAN, N.M.; YUSOF, Y.A.; MUHAMMAD, K. Effect of wall materials on the spray drying efficiency, powder properties and stability of bioactive compounds in tamarillo juice microencapsulation. **Powder Technology**, [s.l.], v.328, p.406-414, abr. 2018.
- RAMOS, R.M.Q.; SIACOR, F.D.C.; TABOADA, E.B. Effect of Maltodextrin Content and Inlet Temperature on the Powder Qualities of Spray-Dried Pineapple (*Ananas comosus*) Waste Extract. **Waste and Biomass Valorization**, [s.l.], v.11, p.3247-3255, mar. 2019.
- REZAIE, M.; FARHOOSH, R.; IRANSHAHI, M.; SHARIF, A.; GOLMOHAMDZADEH, S. Ultrasonic-assisted extraction of antioxidative compounds from Bene (*Pistacia atlântica* subsp. *mutica*) hull using various solvents of different physicochemical properties. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 173, p. 577-583, 2015.
- REZENDE, Y.R.R.S.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **Food Science and Technology**, [s.l.], v.85, p.158-169, nov. 2017.
- REZENDE, Y.R.R.S.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, [s.l.], v.254, p.281-291, jul. 2018.
- REVIEW MANAGER (REVMAN). Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration; 2014.
- RIGON, R.T.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation by spray-drying of bioactive compounds extracted from blackberry (*rubus fruticosus*). **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.53, n.3, nov. 2015.
- RIVAS, J.C.; CABRAL, L.M.C.; ROCHA-LEÃO, M.H. Stability of bioactive compounds of microencapsulated mango and passion fruit mixed pulp. **International Journal of Fruit Science**, [s.l.], v.20, p.94-110, dez. 2019.
- RIBEIRO, A.M.; ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F. Spray drying encapsulation of elderberry extract and evaluating the release and stability of phenolic compounds

in encapsulated powders. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.12, p.1381-1394, jun. 2019.

RIBEIRO, J.S.; VELOSO, C.M. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. **Food Hydrocolloids**, v.112, set. 2020.

ROCHA, J.C.G.; BARROS, F.A. RIBEIRO DE.; PERRONE, I.T.; VIANA, K.W.C.; TAVARES, G.M.; STEPHANI, R.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulation by atomization of the mixture of phenolic extracts. **Powder Technology**, [s.l.], v.343, p.317-325, fev. 2019.

ROCHA, C.BROWN DA.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation and controlled release of bioactive compounds from grape pomace. **Drying Technology**, [s.l.], p.1-14, mar. 2020.

ROSA, J. RIGHI DA; NUNES, G.L.; MOTTA, M.H.; FORTES, J.P.; WEIS, G.C.C.; HECKTHEUER, L.H.R.; MULLER, E.I.; MENEZES, C. RAGAGNIN DE; ROSA, C. SEVERO DA. Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v.89, p.742-748, 2019.

SAAVEDRA-LEOS, Z.; LEYVA-PORRAS, C.; ARAUJO-DÍAZ, S.B.; TOXQUITERÁN, A.; BORRÁS-ENRÍQUEZ. Technological application of maltodextrins according to the degree of polymerization. **Molecules**, [s.l.], v.20, n.12, p.21067-21081, nov. 2015.

SÁNCHEZ-VALDEPEÑAS, V.; BARRAJÓN, E.; VEGARA, S.; FUNES, L.; MARTÍ, N.; VALERO, M.; SAURA, D. Effect of instant controlled pressure drop (DIC) pre-treatment on conventional solvent extraction of phenolic compounds from grape stalk power. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v.76, p.545-549, dez. 2015.

SANTANA, A.A.; CANO-HIGUITA, D.M.; OLIVEIRA, R.A.; TELIS, V.R.N. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food Chemistry**, [s.l.], v.212, p.1-9, dez. 2016.

SANTANA, A.A.; PAIXÃO, L.C.; OLIVEIRA, R. AUGUSTUS DE.; TELES, V.R.N. Influence of process conditions on the physicochemical properties of jussara pulp (*Euterpe edulis*) powder produced by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, p. 1-13, jul. 2018.

SANTIAGO, M.C.P.A.; NOGUEIRA, R.I.; PAIM, D.R.S.F.; GOUVÊA, A.C.M.S.; GODOY, R.L.O.; PEIXOTO, F.M.; PACHECO, S.; FREITAS, S.P. Effects of encapsulating agents on anthocyanin retention in pomegranate powder obtained by the spray drying process. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.73, p.551-556, nov. 2016.

SANTOS, S.S.; RODRIGUES, L.M.; COSTA, S.C.; MADRONA, G.S. Antioxidant compounds from blackberry (*Rubus fruticosus*) pomace: Microencapsulation by spray-dryer and pH stability evaluation. **Food Packaging and Shelf Life**, [s.l.], v.20, 100177, 2017a.

- SANTOS, S. SIQUEIRA DOS; RODRIGUES, L.M.; COSTA, S. CLÁUDIO DA; BERGAMASCO, R.C.; MADRONA, G.S. Microencapsulation of bioactive compounds from blackberry pomace (*Rubus fruticosus*) by spray drying technique. **International Journal of Food Engineering**, [s.l.], v.13, n.9, mar. 2017b.
- SANTOS, S. SIQUEIRA DOS; RODRIGUES, L.M.; COSTA, S. CLÁUDIO DA; BERGAMASCO, R.C.; MADRONA, G.S. Microcapsules of Blackberry Pomace (*Rubus fruticosus*): Light and Temperature Stability. **Chemical Engineering Transactions**, [s.l.], v.57, p.1837-1842, 2017c.
- SAIKIA, S.; MAHNOT, N.K.; MAHANTA, C.L. Optimisation of phenolic extraction from Averrhoa carambola pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. **Food Chemistry**, [s.l.], v.171, p.144-152, 2015.
- SILVA, M. VIEIRA DA.; JUNIOR, B.D.; VISENTAINER, J.V.; OLIVEIRA, F. SANTOS DE.; HAMINIUK, C.W.I. Hygroscopic equilibrium of microencapsulated extract of passion fruit seed and its effect on the antioxidant capacity. **Food Process Engineering**, [s.l.], v.41, n.1, p.1-8, jun. 2017.
- SINGH, C.S.; PASWAN, V.K.; RAI, D.C. Process optimization of spray dried Jamun (*Syzygium cumini* L.) pulp powder. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.109, p.1-6, jul. 2019.
- SHARIFI, A.; NIAKOUSARI, M.; MASKOOKI, A.; MORTAZAVI, S.A. Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (*Berberis vulgaris*) extract powder. **International Food Research Journal**, [s.l.], v.22, n.6, p.2364-2370, jun. 2015.
- SHISHIR M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v.65, p.49-67, jul. 2017.
- SOUZA, A. VACARO DE; VIEIRA, M.R.S; PUTTI, F.F. Correlações entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em casca e polpa de variedades de uva de mesa. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, fev. 2018.
- SOUZA, M.M.B.; SANTOS, A.M.P.; CONVERTI, A.; MACIEL, M.I.S. Optimisation of umbu juice spray drying, and physicochemical, microbiological and sensory evaluation of atomised powder. **Journal of microencapsulation**, [s.l.], v.37, n.3, p.230-241, jan. 2020.
- SUCUPIRA, N.R.; SILVA, A.BRAGA DE.; PEREIRA, G.; COSTA, J.NASCIMENTO DA. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos, **UNOPAR Científica-Ciências Biológicas e da Saúde**, [s.l.], v.14, n.4, p. 263-269, 2012.
- TOLUN, A.; ALTINTAS, Z.; ARTIK, N. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. **Journal of Biotechnology**, [s.l.], v.239, p.23-33, 2016.

TOLUN, A.; ARTIK, N.; ALTINTAS, Z. Effect of different microencapsulating materials and relative humidities on storage stability of microencapsulated grape pomace extract. **Food Chemistry**, [s.l.], v.302, 125347, jan. 2020.

TON, N.M.N.; TRAN, T.T.T.; LE, V.V.M. Microencapsulation of rambutan seed oil by spray-drying using different protein preparations. **International Food Research Journal**, [s.l.], v.23, n.1, p.123-128, 2016.

TSALI, A.; GOULA, A.M. Valorization of grape pomace: Encapsulation and storage stability of its phenolic extract. **Powder Technology**. [s.l.], v.340, p.194-207, dez. 2018.

TURAN, F.T.; CENGIZ, A.; KAHYAOGU, T. Evaluation of ultrasonic nozzle with spray-drying as a novel method for the microencapsulation of blueberry's bioactive compounds. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s.l.], v.32, p.136-145, out. 2015.

UTPOTT, M.; ASSIS, R.Q.; PAGNO, C.H.; KRIGGER, S.P.; RODRIGUES, E.; RIOS, A.O.; FLÔRES, S.H. Evaluation of the Use of Industrial Wastes on the Encapsulation of Betalains Extracted from Red Pitaya Pulp (*Hylocereus polyrhizus*) by Spray Drying: Powder Stability and Application. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.13, p.1940-1953, set. 2020.

VARZAKAS, T.; ZAKYNTHINOS, G.; VERPOORT, F. Plant food residues as a source of nutraceuticals and functional Foods. **Foods**, [s.l.], v.5, n.88, 2016.

VEBER, J.; PETRINI, L.A.; ANDRADE, L.B.; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini*L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.2, p.267-273, 2015.

VIDOVIĆ, S.; RAMIĆ, M.; AMBRUS, R.; VLADIĆ, J.; SZABÓ-RÉVÉSZ, P.; GAVARIĆ, A. Aronia berry processing by spray drying: from byproduct to high quality functional powder. **Food Technology & Biotechnology**, [s.l.], v.57, n.4, p.513-524, dez. 2019.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M.C. Amora-preta (*Rubus* sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1209-1214, dez. 2011.

VU, H.T.; SCARLETT, C.J.; VUONG, Q.V. Encapsulation of phenolic-rich extract from banana (*Musa cavendish*) peel. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v.57, p.2089–2098, 2020.

WANG, R.; ZHAO, Y.; ZHU, L.; FANG, Z.; SHI, Q. Effect of carrier types on the physicochemical and antioxidante properties of spray-dried black mulberry juice powders. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s.l.], v.14, p.1201-1212, 2020.

WILKOWSKA, A.; AMBROZIAK, W.; ADAMIEC, J.; CZYZOWSKA, A. Preservation of antioxidant activity and polyphenols in chokeberry juice and wine with the use of microencapsulation. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v.41, n.3, jul. 2016.

XUE, J.; SU, F.; MENG, Y.; GUO, Y. Enhanced stability of red-fleshed apple anthocyanins by copigmentation and encapsulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v.99, n.7, p.3381-3390, mai. 2018.

YEKDANE, N.; GOLI, S.A.H. Effect of pomegranate juice on characteristics and oxidative stability of microencapsulated pomegranate seed oil using spray drying. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v.12, p.1614-1625, ago. 2019.

YINGNGAM, B.; TANTIRAKSAROJ, K.; Taweetao, T.; Rungseevijitprapa, W.; SUPAKA, N.; BRANTNER, A.H. Modeling and stability study of the anthocyanin-rich maoberry fruit extract in the fast-dissolving spray-dried microparticles. **Powder Technology**, [s.l.], v.325, p.261-270, 2018.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, M.; KOBARFARD, F.; ZBICINSKI, I. Developing spray-dried powders containing anthocyanins of black raspberry juice encapsulated based on fenugreek gum. **Advanced Powder Technology**, [s.l.], v.26, n.2, p.462-469, mar. 2015.

ZHANG, J.; ZHANG, C.; CHEN, X.; QUEK, S.Y. Effect of spray drying on phenolic compounds of cranberry juice and their stability during storage. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v.269, 109744, mar. 2020.

ZORIC, Z.; PELAIC, Z.; PEDISIC, S.; GAROFULI, I.E.; KOVACEVIC, D.B.; DRAGOVIC-UZELAC, V. Effect of storage conditions on phenolic content and antioxidante capacity of spray dried sour cherry poder. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v.79, p.251-259, jun. 2017.

APÊNDICE A

Tabela 1- Microencapsulação de extratos fenólicos a partir de frutas e seus resíduos (2015-2020).

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência	
Sementes de guaraná (extrato semipurificado de guaraná)	GA;MD	Acetona: Água (70:30, v/v - 1)	TE: 190 °C, A: 80%, Pr: 2 Bar B: 6% TS: 120-130 °C.	CATE/EPI					(%)			(Klein et al., 2015)
				99,15/ 97,95	4,22			62,39				
				85,02/ 89,02	4,72			57,62				
				87,14/ 91,31	4,92			58,59				
				92,94/ 89,62	4,81			45,88				
				81,53/ 90,73	4,97	Epicatequina	DPPH	57,50				
				97,94/ 108,35	6,71	Catequina		55,70				
				88,36/ 91,39	4,74			37,19	---			
				81,73/ 90,66	4,48			36,66				
				81,55/ 82,10	7,51			34,70				
				87,04/ 89,22	5,64			42,12				
				84,05/ 86,79	5,78			51,90				
				95,61/ 84,81	4,34			60				
96,34/ 84,16	4,67			55,54								
Noni- <i>Morinda citrifolia</i> L. (Rubiaceae)	MD (5wt.%)	Acetato de etila	TE: 90/115/140 °C CV: 315 mL/h Pr: 1,1 bar TFAS: 60m3/hr	--	--	CFT: 18-54 mg/ de TAE/g de SDP FT: 21-45 mg de CE/g de SDP	DPPH: 5,2- 28,36%	--	--	Aditivo Alimentar	(Krishnaiah et al., 2015)	

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Mirtilo (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) Extrato e suco	MD (10% w/w) GA:MD (1:4, 10% w/w)	Etanol 97%	BAC/BAU C-S/C-E/ U-S/U-E TE: 125 °C A: 35 m3 / hr	--	C-S/C-E 12,21/5,67 U-S/U-E 17,25/9,28	CFT (mg GAE/100g dm) C-S/C-E 768,55/1089,7 U-S/U-E 907,02/1517,63 Cant. (mg/c3g/100 g dm) C-S/C-E 1771,78/ 4973,84 U-S/U-E 1927,78/ 5152,01	FRAP (µmol Trolox/100g dm) C-S/C-E 11.238 / 17.721 U-S/U-E 13.705 / 21.447	--	--	Aditivo alimentar	(Turan; Cengiz; Kahyaogl, 2015)
Framboesa preta (<i>Rubus occidentalis</i>) Suco	MD(DE6) 6,59-26,41%; GFG 0,33-1,17%; CM 0,66-2,34%	--	TE: 120 °C TS: 78°C TFA: 8,65 mL min ⁻¹ ; TFAS: 4,20 m3 h ⁻¹ ; TA: 55,87 m3 h ⁻¹	--	6,79 - 8,76	Cant.: 71,29-297,32 mg Cy3G/100 mL CFT: 0.9873-2.1763 mg GAE/g dw	--	--	40,68-90,08%	Aditivo alimentar	(Yousefi et al., 2015)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Carambola (<i>Averrhoa carambola</i>) Bagaço seco	MD ≤ 20DE 1:10 1:15 1:20	Etanol acidificado (1% de ácido clorídrico 1 N, pH 3,0) 1:10 (sólido: solvente)	TE: 185°C TS: 88°C	1:10- 62,99% 1:15- 74,10% 1:20- 79,07%	--	CFS (mgGAE/100 g) 198 (1:10) 165 (1:15) 112 (1:20)	FRAP (µM/100 g) 13.281-15.652	--	--	Aditivo alimentar	(Saikia; Mahnot; Mahanta, 2015)
Polpa de Jussara (<i>Euterpe edulis</i>)	GA:AM: PSL GA:AM: PIS	--	TE: 150°C TS: 90-98°C TFA: 5mL/min A: 90% TFAS: 500 l/h	GA:AM: PSL (80,27 a 99,50%) GA:AM: PIS (80,33 a 99,33%)	--	CFC (mgGAE/100 g) 535 (1:10) 637 (1:15) 825 (1:20) RAT (%) GA:AM: PSL (55,12 a 95,05%) GA: MS: PIS (55,23 a 91,03%)	--	--	GA: MS: PSL (33,88 a 76,55%) GA: MS: PIS (34,13 a 72,14%) GA (41,1-81,20%)	Aditivo alimentar; Cosmético	(Santana et al., 2016)
Cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.)	GA IN 10/20/30g	Etanol 79% 1:20 (p / v)	TE: 120/140/160 °C	--	--	--	--	120 dias CFT (perda) GA: 26,2-35,3% IN: 35,9-55,7%	IN (37,0-75,6%)	--	(Daza et al., 2016)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Barberry (<i>Berberis vulgaris</i>)	MD+GA MD+GE MD (DE 18-20)	Etanol acidificado e água destilada (1:3)	TE: 150 °C TS: 100 °C TFA: 800 mL/h	MD+GA (89,09-96,21%) MD +GE (87,57-94,97%) MD (86,06-93,08%)	--	--	--	--	--	--	(Mahdavi et al., 2016)
Romã (suco)	AM MD GA AM+MD GA+AM GA+MD AM+GA+MD	--	TE: 162-170°C TS: 89-93°C TFAS: 500 m3 h ⁻¹	--	--	Cant (mg 100g ⁻¹) 75,78 56,4 94,76 70,38 111,5 84,49 62,81	--	RAT (90 dias): 90% RAT (120 dias): 60%	--	--	(Santiago et al., 2016)
Jussara (<i>Euterpe edulis Martius</i>)	MD 10DE MD 20DE MD 30DE GA MD10DE:GA (25:75) MD20DE:GA (50:50) MD30DE:GA (75:25)	Etanol e água destilada (1:1) acidificada (pH 3,0) com ácido cítrico	TE: 160°C TS: 97°C TFAS: 300 m3/h Pr: 4 bar TFA: 4,7mL/min	--	--	RAT(%) 88,1 97,4 98,9 89,8 94,4 94,6 96,0	DPPH / FRAP (µmol de Trolox) 57,1 / 269 67,6 / 281,5 77,2 / 281,1 60,5 / 275,5 63,8 / 302,9 65,7 / 292,8 66,7 / 303,2	--	--	--	(Carvalho et al., 2016)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Casca da uva (<i>Vitis labrusca</i> var. Bordo)	5%GA:5%PD 10%GA 5%GGPH:5%PD D 10%GGPH	Água acidificada com ácido cítrico (2%, p/v)	TE: 140°C TFAS: 40,5 L/h Pr: 3,5 kgf / cm ²	--	8,35 4,82 14,25 8,48	CFT (mg GAE/g) / Cant (mg malvidin-3,5-di glucoside/g)	DPPH (µmol/g) / CUPRAC (µmol/g) / HRSA(%)	--	--	Aditivo alimentar	(Kuck; Noreña, 2016)
							69,47/143,41 /78,94				
							60,13/151,62 /79,64				
							73,42/150,73 /82,86				
							65,48/133,52 /84,40				
Resíduo de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.) da vinificação (Industrial)	MD(DE4-7;DE17-20):GA (10:0) (8:2) (6:4) (1:1;1:2 v/v)	n-hexano (10:1) etanol: água 1: 1 (v / v)	TE: 120/140/160/180°C TFA: 12 mL min ⁻¹ TFAS: 35 m3 h ⁻¹	98,8% (1:1) 99,1% (1:2)	--	CFT (mg GAE/g ⁻¹) 9,9-15,7 MD(DE17-20) 1:1 5,2-8,2 MD(DE17-20):GA 1:2 10,6 - 16,5 MD(DE4-7):GA 1:1 5,4 - 8,5 MD(DE4-7):GA 1:2	DPPH (%)	--	64,9% MD(DE4-7):GA (10:0) T:180°C 59,52% MD(DE4-7):GA (1:1) 52,77% MD(DE17-20):GA (1:1)	Aditivo alimentar	(Tolun; Altintas; Artik, 2016)
							MD (DE 17-20) 1:1				
							120°C: 27,2 140°C: 25,0 160°C: 24,1 180°C: 17,9				
							MD (DE 4-7) 1:1;1:2 120°C: 29,9 140°C: 27,3 160°C: 26,7 180°C: 20,7				

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Polpa de Jussara (<i>Euterpe edulis Martius</i>)	MD(DE20) IN AMI (OSA) (0,5, 1,0 e 2,0, p / p)	--	TE: 140°C TS: 59,6°C TA: 32m³/h TFA: 0,36 L/h	--	1,8- 12,1	Cant. (mg/g) 3,3-24,2 RAT (%) 6,0-67	ORAC (mmol Trolox/g) 192,9-839 FRAP (mmol Fe+2/g) 126,3-227	38 dias Cant.: 12,3 mg/g (0.5 /6 OSA, 1/6 IN e 2/3 MD) 11,9 mg/g (1.0 core to EC ratio 2/3 OSA, 1/6 IN e 1/6 MD) 14,1mg/g (2.0p/p)	21,5- 61,1%	Aditivo alimentar	(Lacerda et al., 2016)
Polpa de Cagaita (<i>Eugenia dysenterica DC.</i>)	GA IN (10%, 20% e 30% p / v)	Etanol aquoso (79%, v / v) a uma razão de 1:20 (w / v)	TE: 120;140;160°C	--	--	CFT (GAE mg/g DW) GA (11-31) IN (10-29) TPRO (TQE mg/g DW) GA (6-16) IN (7-14) RFT (%) GA (88-100) IN (78-98) QUE (µg/g) GA (15-50) IN (11-42)	FRAP (µmol Trolox/g DW) GA (51-160) IN (59-153) ORAC (µmol Trolox/g DW) GA (37-100) IN (40-94)	--	--	Aditivo alimentar	(Daza et al., 2017)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Suco de uva BRS Violeta	1-PIS:MD (1.25, 10.00%) 2-PIS:MD (1.00, 5.86%) 1-PSLC:MD (0.75, 30.00%) 2-PSLC:MD (0.85, 20.00%) 5;25;35°C	--	TE: 140°C TFA: 2mL/min	--	--	--	DPPH (Trolox / 100 g de suco em pó) 1-PIS:MD (9,83) 2-PIS:MD (11,06) 1-PSLC:MD (7,94) 2-PSLC:MD (8,60)	150 dias Flavonol (mg/100 g) 1-PIS:MD (20,76-21,95) 2-PIS:MD (22,68-26,38) 1-PSLC:MD (25,29-26,79) 2-PSLC:MD (25,58-26,68) 84 dias ANT (%)	--	--	(Moser et al., 2017)
Tamarillo (<i>Solanum betaceum</i>) Suco	MD GA AM1 AM2 MDR	--	TE: 150°C TS:70°C	ANT (%) MD: 78,54 GA: 83,16 AM1: 82,34 AM2: 80,75 MDR: 79,50	--	--	DPPH 11,32-28,16%	4°C: 0,59 - 4,20% 25°C: 10,89-18,37%	MD:89 GA: 59 AM1: 84 AM2: 82 MDR: 87	--	(Ramakrishnan et al., 2018)
Maoberry (<i>Antidesma puncticulatum</i> Miq)	MD(DE10) 1: 5	Etanol 45% (acidificado com 1% ácido acético)	TE: 130-180°C TFA: 3,9-14,1mL/min TFAS: 473L/h TA: 24,68-36,92m³/h	76,27-97,41%	7,41	--	--	--	4,68-75,12%	Aditivo alimentar	(Yingngam et al., 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC) Polpa e resíduo Industrial	Spray e liofilização GA:MD (DE9-12) Resíduo GA:MD (DE9-12) Polpa	Etanol acidificado (ácido clorídrico)	TE: 170 °C TS: 82 °C TFAS: 4 m ³ /min TFA: 0,36 L/h Pr: 3,5 kgf / cm ³	17.25 - 69.75%	Spray 11,39 a 66,38 µm Liofilização 18,75-464,41 µm	ANT (mg TA / 100 g) 2-11,16 CFT (mg GAE / 100 g) 1016,83 a 1052,91 FT (mg QE / 100 g) 226,53 a 551,50	ABTS: 139,69 a 151,19 µM TE / g; DPPH: 129,16 a 155,24 µM TE / g; FRAP: 236,14 a 378,85 µM TE / ge ORAC: 466,54 a 756,96 µM TE / g	--	--	Aditivo alimentar	(Rezende; Nogueira; Narain, 2018)
Bagaço de Uva Industrial	MD(DE18) PSL (90% proteína) PEI (75% proteína) (0,3: 1 e 2: 1)	--	TE: 140°C TFA: 21,5g/min TA: 40kg/h	--	--	CFT (mgGAE/gDB) 52-167 ANT (mgMVD/gDB) 1,12-2,73 CFT (mg GAE/g) 69,63 68,71 80,68 75,84	ORAC (gTEAC/gDB) 849-4853	--	12,6-77,3%	--	(Moreno; Cocero; Rodríguez-Rojo, 2018)
Ameixa (<i>Prunus salicina</i> lindl.)	MD:GA (7:3) MD:GE (7:3) MD:QUI (7:3) MD:βCIC:GA (7:2:1)	Etanol 60%	TE: 150°C TS: 85°C TFA: 850mL/h	78,6% 76,57% 86,74% 84,53%	--		--	60dias RAT MD:QUI (94,6%)	57,36% 59,2% 43,71% 56,26%	Aditivo alimentar	(Li et al., 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Ponkan (<i>Citrus reticulata</i> Blanco 'Ponkan') Casca	O-GA O-GA-PSLC	Etanol 70%	TE: 180°C TS: 80°C TFAS: 5mL/min	O-GA-PSLC 97,60%	O-GA (1.041- 1.856) O-GA- PSLC (1.429- 2.709)	CFT flavonoides O-GA 6,4mg/g O-GA-PSLC 3,38mg/g	ABTS O-GA 159,95 mmol TE / L O-GA-PSLC 95,66 mmol TE / L DPPH O-GA 19,24 mg / mL O-GA-PSLC 35,44 mg / mL	3 meses FT: O-GA-O (57,81mg/g) O-GA- PSLC-O (69,39mg/g)	O-GA- PSLC-O 72,74%	Aditivo alimentar	(Hu et al., 2017)
Bagaço de uva (<i>Vitis vinífera</i>) Industrial	MD (13,5DE): LDP MD (13,5DE):PSLC	Etanol aquoso 24%	TE: 152-189°C TFAS: 17,5 e 22,8 m ³ / h	MD:LDP 92,49%	--	--	DPPH 45 dias (inalterada)	45 dias inalterada	MD:LDP 37,28%	Aditivo alimentar; Cosmético; Fármacos	(Tsali; Goula, 2018)
Fruta da <i>Renealmia alpinia</i> (pericarpo)	MD(4-7DE) MD:GA GA	Etanol 95%	TE: 150°C TS: 98°C TFA: 40mL/min	--	MD: 1,10 a 23,75 MD:G A 1,04 a 26,21 GA: 1,0 a 46,53	Delfinidina (µg / mg) MD (68,6) MD:GA (72,8) GA (66,8) Cianidina (µg / mg) MD (92,8) MD:GA (88,8) GA (81,3)	DPPH MD manteve por 28 dias	4°C MD (9,85 mg GAE / g) MD:GA (9,66 mg GAE / g) GA (9,35 mg GAE / g)	MD (18,59%) MD:GA (21,58%) GA (19,47%)	Aditivo alimentar	(Jimenez- Gonzales et al., 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Mirtilo (<i>Vaccinium</i> spp.)	MD (20DE): AMI	Água acidificada (1% cítrico ácido) 1:3	TE: 120;140;160°C TS: 79,75;100;108,25 °C TFA: 0,45L/h	74,4-85,22%	12,8-20,7	--	--	20 dias ANT (mg/mL): 15,61-29,64	--	Aditivo alimentar	(Rosa et al., 2019)
Graviola (<i>Annona muricata</i>)	MD (DE20)	Metanol 80%	TE: 135°C TS: 60°C TFAS: 4m ³ /min TFA: 0,44 L/h	--	--	FT: 87,17 mg de Quercetina/100 g CFT: 160,28 mg de GAE/100 g	FRAP: 34,94 µM de sulfato de ferro / g DPPH: 827,23 µM of TEAC / g ABTS: 596,47 µM of TEAC / g	--	--	--	(Neta et al., 2019)
Jussara (<i>Euterpe edulis</i> Mart.) Jaboticaba (<i>Myrciaria jaboticaba</i>) Mirtilo (<i>Vaccinium ashei</i>)	MD GA PSLC	Etanol 60%	TE: 180°C TS: 78,5°C TFA: 1,12 L/h ⁻¹	ANT 56,30-95,79% CFT 82,09-96,2%	--	ANT: 1201,99-1383,18 mg·100 ⁻¹ RAT: 71,63-115,31%	--	--	--	Aditivo alimentar	(Rocha et al., 2019)
Arônia (<i>Aronia menalocarpa</i>)	MD (18-20DE): GA IN PEC GG βGLU	Acetona-água (80-20)	TE: 140°C	78,61-92,98%	16,29-53,09	--	--	7 dias ANT (mg/100g) 1543,99-2871	--	Aditivo alimentar	(Pieczykolan; Kurek, 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Amora (<i>Rubus fruticosus</i> L)	GA MD PSLC (adição de bactéria probiótica)	--	TE: 130°C TS: 60°C	CFT: 75,7-98,4% ANT: 80,2-99%	5,05-11,15	--	--	CFT (10 dias): 31,1-67,9% ANT (10 dias): 35,8-81,8%	--	--	(Colín-Cruz et al., 2019)
Amora chinesa (<i>Morus australis</i> Poir.)	MD GA PSL	--	TE: 110°C TS: 85°C TFA: 11,5 mL/min ⁻¹	--	11-49	RAT 91% (MD:GA)	DPPH/ ABTS/ ORAC 46-95%	--	41-72%	Aditivo alimentar	(Khalifa et al., 2019)
Fingered citron (<i>Citrus medica</i> L. var. <i>sarcodactylis</i> Swingle)	MD GA PSL AM	Água destilada	TE: 185°C TS: 80°C TFA: 17-21 mL/min	72,11-87,20%	14,34-26,47	--	--	--	77,77-89,39%	--	(Mahdi et al., 2019)
Cranberry (<i>Vaccinium macrocarpon</i> Ait.)	GA GA:MD(10-13DE) MD(10-13DE) MD(17-20DE)	--	TE: 185°C TS: 105°C	--	--	CFT (GAE/g) 5,42-8,22 RFT (%) 137,8-215,6 ANT(Cyn-Glu/g) 748,7-1028,1 RAT (%) 58,8-83,3 TPRO (µg PAC/g) 1671-3836,1 RPRO (%) 83,1-204	FRAP 33-50,9 ABTS 34,7-48,8	12 semanas (4;25 e 45°C) 4 e 25°C: RFT:94-127% RAT: 106-121% RPRO: 75-117%	--	--	(Zhang et al., 2020)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Resíduo de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.) Industrial	MD (4-7DE; 17-20DE): GA 10:0; 8:2; 6:4 (v / v)	n-hexano 10: 1 (v / p) para extração da gordura etanol: água 3: 1 (v / p)	TFA: 12 mL/min ⁻¹ TFAS: 35 m ³ /h ⁻¹	--	--	--	DPPH	75 dias/ 25 °C	--	Aditivo alimentar	(Tolun; Artik; Altintas, 2020)
							75 dias/ 25 °C	UR (33 e 52%)			
							UR (33 e 52%)	52% UR (MD17-20):GA			
							Perda 10,3-16%	Perda 18,9-22,3%			
							52% UR (MD4-7):GA	52% UR (MD4-7):GA			
							5,3-8,9%	33% UR (MD17-20):GA			
							33% UR (MD17-20):GA	6,7-13,1%			
							5,9-11,4%				
							33% UR (MD4-7):GA	33% UR (MD4-7):GA			
							2,4-5,2%	3,3-8,3%			
Araçá-boi (<i>Eugenia stipitata</i>)	MD (18.5DE): GA (1:3 e 1:9)	--	TE: 100 e 120°C TFA: 0,1 L/h TFAS: 0,63m ³ /min Pr: 3-5 bar	--	--	CFT (mg GAE/g) 1103-1721	ABTS (µmol Trolox/g) 295-617 DPPH 513-642 FRAP (µmol FeSO4/g) 385-672	--	--	Aditivo alimentar	(Iturri; Calado; Prentice, 2020)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Casca de romã (<i>Punica granatum</i> L.) subproduto industrial	MD(12DE) LDP (50:50) MD:PSL (50:50) MD:GA	Metanol, etanol, água, acetato de etila, e metanol aquoso a 50% (sonicação)	TE: 150 e 190°C Pr: 5 bar TFA: 1,75g/min TFAS: 17,5 e 22,8 m³/h	69,8% 91,49% 97,17% 98,64% 73,82%	--	--	--	--	--		(Kaderides; Goula; Adamopoulos, 2015)
Bagaço de amora preta (<i>Rubus fruticosus</i>)	MD(DE10)	2 extratos 1- água (EA;CA) 2- álcool etílico 80% (EE:CE)	TE: 170°C TS: 105°C Pr: 4bar TFAS: 3,5 m³/h TFA: 0,5 L/h	--	--	t0-t7 CFT(µg GAE/ mg)/ANT pH 2 CA: 23,61- 29,47/1,01- 0,73 CE:26,34- 37,07/1,98- 1,26 pH 3,5 CA: 22,24- 30,51/0,88- 0,31 CE: 24,96- 37,56/1,97- 0,67 pH 5 CA: 21,29- 25,62/0,65- 0,17	t0-t7 DPPH(µg/m L) pH 2 CA: 91,67- 94,33 CE:65,67-66 pH 3,5 CA: 95,50- 98,67 CE: 71,50- 78 pH 5 CA: 174- 158,50 CE: 72,33- 100,5 pH 6,5 CA: 97- 105,67 CE: 72,5- 103	--	--	Aditivo alimentar	(Santos et al., 2017a)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
						CE: 24,21-37,80/1,63-0,33 pH 6,5 CA: 24,03-23,22/0,55 CE: 25,94-30,87/1,37					
Sementes de romã (<i>Punica granatum</i> L.)	MD (12 DE):Tween 80 (99/1) LDP MD:LDP (50/50) MD/PSL (95%) (50/50) MD /GA (50/50)	Hexano	TE: 150 e 190°C TFAS: 17,5 e 22,8m ³ /h TFA: 1,75g/min Pr: 5bar	91,38% 89,32%, 86,96%, 80,73% 76,75%	--	--	--	--	15,66 e 18,16%	Aditivo alimentar; Cosmético; Ração animal; Fármacos	(Kalamara; Goula; Adamopoulos, 2015)
Groselha preta (<i>Ribes nigrum</i>) Framboesa (<i>Rubus idaeus</i> L.) Sabugueiro (<i>Sambucus nigra</i>)	MD (12DE)	Água	TE: 170°C TFA: 8mL/min ⁻¹ Pr: 3,2bar	--	--	Sabugueiro CFT 4,57 mg de ácido gálico/g ANT 2,39 mg cyd-3-glu / g d.m.	ABTS 3,33 ± 0,57 mg GA / g d.m.	--	--	Aditivo alimentar	(Gagneten et al., 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Bagaço de Mirtilo (<i>Vaccinium angustifolium</i> Aiton) (Indústria)	FTIO FGB FC PIS	Etanol 50%	3 secagens # Spray: TFA: 15mL/min TE: 190°C TS: 85-90°C	--	--	PIS CFT: 156,2 mg GAE / g ANT: 13,4 mg / g	DPPH 714,1 lmoles TE / g	--	FTIO: 42,2% FGB: 30,1% PIS: 50,1%	Aditivo alimentar; Cosmético	(Correia et al., 2017)
Ameixa (<i>Prunus salicina</i> Lindl.)	MD(15DE): βCIC: GA (7:2:1)	Etanol 61%	TE: 110-150°C TS: 88-94°C TFA: 550mL/h TFAS: 330m ³ /h	76,4-87,7%	--	CFT: 57,8 mg GAE / g	--	60 dias RFT: >85%	27,6%	Aditivo alimentar	(Li et al., 2017)
Casca de abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	MD(4-7DE) IN GA	Água: Etanol (20:80)	TE: 150 e 190°C Pr: 1,7 Bar TFA: 3,7 mL/min TFAS: 47m ³ /h	--	1,3- 18,2µm	CFT: 3.42- 4.82 mg/GAE/mg	DPPH 16.6-24.1 39,7-56,5 µmol Trolox/mg FRAP 63,9-92,6 µmol sulfato ferroso/mg ABTS (µmol TE/g ⁻¹)	6 meses	--	Aditivo alimentar	(Lourenço; Moldão- Martins; Alves, 2020)
Bagaço de uva (<i>Vitis vinifera</i> L) Industrial	PSL:GA PSL:GA:PEC	Água acidificada (ácido cítrico 2% p/v)	TE: 160°C TS: 78°C TFA: 0,6L/h ⁻¹ TFAS: 40,5L/h ⁻¹	--	--	CFT mg/GAE/g ⁻¹ 2,66 2,3 ANT mg/g 0,35 0,29	8,23 6,18 DPPH (µmol/g) 12,64 9,91	--	CFT (%) 31 26,8 ANT (%) 22,4 19,9	--	(Rocha; Noreña, 2020)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Uva (V. vinifera × V. labrusca)	GA GA:βCIC(4:1) GA:βCIC(3:2) GA:HP-βCIC(4:1) GA: HP-βCIC(3:2)	Água acidificada com ácido cítrico 2% (p / v)	TE: 160°C TFA: 0,6L/h TFAS: 40,5 L/h	--	--	CFT/ANT mg/GAE/g ⁻¹ /mg/g 766,93/107,7 2 518,70/81,24 655,56/90,64 584,17/62,49 626,83/89,88	DPPH/ CUPRAC (µmol/g) 2162,85/505 2,68	--	--	--	(Kuck; Noreña, 2019)
							1610,46/379 3,60				
							2141,88/501 5,86				
							1787,46/448 0,08				
							1956,06/479 5,42				
Caroço de manga (<i>Magnifera indica</i> L.) Industrial	MD GA AMS	Água	TE: 130/150/170°C TFAS: 0,6m ³ /hr TFA: 25g.min ⁻¹	--	--	CFT (mg/g ⁻¹) 77-127	HRSA(%) 75,64 86,97 83,49 91,46 89,37	--	--	--	(Lim et al., 2019)
							DPPH (mmol Trolox/g) 86.740- 217.700				
							DPPH/ FRAP (µM Trolox/g) 11,9/27,3 17,3/37,3				
Sementes de uva (Óleo) Industrial	GA GA:MD(10DE)	Hexano	TE: 180°C TS: 105°C TFA: 350 mL/h TFAS: 73 m ³ /h Pr: 1.8 Bar	67,92 63,47	6,47 5,80	CFT (mg/GAE/g) 32,3 41,6		--	--	--	(Boger; Georgetti; Kurozawa, 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Sementes de maracujá (<i>Passiflora edulis</i> Sims var. Flavicarpa) Industrial	MD(10DE)	Hexano (1:10 w/v)	TE: 119-160°C TFA: 0,43-0,77L/h	--	--	CFT (mg/GAE/g) 3513,89	DPPH/ FRAP (µmol TE g ⁻¹) 134,28 277,68	--	--	--	(Silva et al., 2017)
Casca de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.)	MD GA LDP	Etanol: Água 70% (v/v)	TE: 140°C TS: 65°C TFAS: 600L/h TFA: 8mL/min Pr: 0,55Bar	62,4 85,2 63,7	1-20	--	--	--	75,3 65,9 80,9	Aditivo alimentar	(Kalusevic et al., 2017)
Bagaço de amora preta (<i>Rubus fruticosus</i>) Industrial	MD(10DE) (1:1)	2 extratos Aquoso/Hidroalcolóico (80%)	TE: 170°C TS: 105°C TFAS: 3,5m ³ /h TFS: 0,5L/h Pr: 4Bar	--	--	CFT (mg/GAE/g) Ex. aquoso: 45,13 Ex. hidroalcolóico: 58,47 ANT (mg/g) Ex. aquoso: 1,66 Ex. hidroalcolóico: 3,53	DPPH/ FRAP Ex. aquoso 67,33/36,23 Ex. hidroalcolóico 42,33/61,21	--	--	Aditivo alimentar	(Santos et al., 2017b)
Bagaço de amora preta (<i>Rubus fruticosus</i>)	MD(10DE) (1:1)	2 extratos Aquoso/Hidroalcolóico (80%)	TE: 170°C TS: 105°C TFAS: 3,5m ³ /h TFS: 0,5L/h Pr: 4Bar	--	--	--	--	36 dias CFT (mg/GAE/g) Ex. aquoso 4°C/25°C Ganho de 32,28/3,99	--	Aditivo alimentar	(Santos et al., 2017c)

Com
luz/sem luz
Perda de
2,75/ Ganho
de 3,99
Ex.
hidroalcoólic
o
4°C/25°C
Ganho de
2,12/0,58
Com
luz/sem luz
Perda de
3,04/Ganho
de 0,58
ANT
(µg/mg)
Ex. aquoso
4°C/25°C
Ganho
3,78/Perda
de 11,16
Com
luz/sem luz
Perda de
30,04/11,16
Ex.
hidroalcoólic
o
4°C/25°C
Perda de
4,04/8,22
Com
luz/sem luz
Perda de
32,45/8,22

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Polpa de Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	MD(20DE) (10-40%)	--	TE: 120-180°C TFA: 3-12mL/min TFAS: 35 m ³ /h	--	--	CFT (mg/GAE/g) 75,90-136,91	--	--	--	--	(Pombo; Medeiros; Pena, 2020)
Polpa de umbu (<i>Spondias tuberosa</i>)	MD(10DE)	--	TE: 90-190°C TFA:0,2-1L/h TFAS: 30m ³ /h Pr: 0,6Bar	--	15,19-32,86	RFT (MD) 14-26%) 57,65-67,40%	--	CFT (mgGAE/100g) Inicial: 79,1 Após 90 dias: 24,34/29,58/ 31,81	--	Aditivo alimentar	(Souza, et al., 2020)
Sapota (<i>Manilkara zapota</i>)	MD(20DE) GA MD(20DE):GA	Metanol 80%	TE: 140°C TS: 65°C TFAS: 4 m ³ /min TFA: 0,44L/h	--	--	GA 19,964 mg de ácido fumárico / 100 g	DPPH(µM) TEAC/100g) 48,96 113,18 47,67 ABTS 834,11 646,72 469,59 FRAP (µM sulfato ferroso/100g) 84,40;230,45 220,99	--	--	--	(Araújo et al., 2020)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Manga (70%) e maracujá (30%)	IN:MD (2:1)	--	TE: 160°C TS: 90°C TFA: 14L/h	55-73%	--	CFT (mg ac. gal/100 g) (0 dias)	ABTS (µM. L ⁻¹ /g Trolox) Odias: 19,56 30dias: 18,98 60dias: 21,04 90dias: 18,51	CFT (mg ac. gal/100 g) 30dias: 353,01 60dias: 371,12 90dias: 370,12	--	Aditivo alimentar	(Rivas; Cabral; Rocha-Leão, 2019)
Tangerina Satsuma (<i>Citrus unshiu</i> Marc. cv. Miyagawawase) Polpa de Jussara (<i>Euterpe edulis</i>) com <i>Lactobacillus reuteri</i> ou <i>Lactobacillus plantarum</i>	MD(13DE) 30;40;50;60;70 %	--	TE: 140°C TS: 80-90°C TFA: 300mL/h TFAS: 0,6-0,8m ³ /min	--	43,2-51,6 50-67,6 71,8-114,5	CFT (mg GAE/100 g) 30%: 293,5 40%: 202 50%: 143,1 60%: 129,2 70%: 87,4	DPPH 41,23-78,23%	--	20,9-45,9%	--	(Islam et al., 2017)
	MD(10DE) GA GE	--	TE: 150°C TFAS: 60m ³ /h TFA: 0,52L/h	--	--	CFT (mg GAE/100 g) 9,7/9,2 15,2/14 6,8/7,7	DPPH (µM Trolox/g) 144/132 260/172 118/119	90dias CFT (mg ac. gal/100 g) 7,9 6,9 1,7	--	--	(Guergoletto et al., 2020)
Sabugueiro (<i>Sambucus nigra</i> L.)	QUI ALG GA	Etanol 96%	TE: 115°C TS: 58°C TFA: 4mL/min TFAS: 36m ³ /h	92,3-99,8%	19,3 7,3 9,1	CFT (mg GAE/100 g) 465,7/253,8 476/244,5 498,1/224,8	--	8 meses CFT (mg GAE/100 g) 333,5/271,1 464/375 659,6/487	25-41%	--	(Ribeiro; Estevinho; Rocha, 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Resíduos de limão (casca e membranas) Industrial	MD(16,5-19DE) MD:PIS MD:CAR	Água	TE: 125°C TS: 55°C TFA: 4mL/min TFAS: 38m³/h	--	--	CFT/FT (mg GAE/100 g) 1,26/0,34 1,49/0,34 1,26/0,34	FRAP (mM TE/g) 2,99 3,17 3,10	--	CFT/FT 56,52/58,14 66,97/58,14 56,46/58,67	--	(Papoutsis et al., 2018)
Mamão papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	MD(14DE)	--	TE: 150°C TFA: 0,4L/h TFAS: 4m³/min	--	--	Ácido p-cumárico 57,09 ng/g Ácido cafeico 9,45 ng/g Ácido vanílico 30,73 ng/g	DPPH (mg Trolox/g) 0,51 ABTS 0,45 FRAP 0,35	--	--	--	(Gomes et al., 2018)
Uvas verdes Sangiovese (v. <i>Vitis vinifera</i>)	GA (16%) (p/v)	--	TE: 180°C TS: 80°C	--	--	CFT (mg CATEq/L) 2,3	DPPH (µmoL TEAC/L) 24,4	--	--	Houve aplicação no estudo	(Fia et al., 2018)
Groselha negra (<i>Ribes nigrum</i>)	MD(12DE)		TE: 150°C TFA: 8mL/min Pr: 3,2Bar	--	--	CFT (mg gallic acid/100 g) 116,87 ANT (mg cyn-3-glu/100 g) 63,01	ABTS (mg eq Trolox/100 g) 144,40	--	--	Aditivo alimentar; Cosmético; Farmácia	(Archaina et al., 2017)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Toranja (<i>Citrus paradisi</i> var. <i>Star Ruby</i>)	GA:FB GA	--	TE: 120°C TFA: 9mL/min TFAS: 35 m³/h	--	--	CFT (mg/100 g) 514 499 FT (mg/100 g) 502 492 ACFT (mg/100 g) 11,75 6,59	DPPH (mg eq Trolox/100 g) 8,61 7,6 TBARS (mg eq Trolox/100 g) 2,13 4,17	--	--	--	(Agudelo et al., 2017)
Cereja azeda (<i>Prunus cerasus</i> var. <i>Marasca</i>)	MD(13-17DE)	--	TE: 150°C TS: 72°C TFA: 485mL/h TFAS: 3,5m/s	--	--	ANT (mg/100g) 111,2 ACFT (mg/100g) 98,07	DPPH (Só gráficos)	12 meses 4/20/37°C 2embalagens ANT 43,53/45,53/ 13,55 35,98/40,08/ 10,91 ACFT 52,01/36,24/ 27,44 47,03/32,98/ 30,05	--	Aditivo alimentar	(Zoric et al., 2017)
Cereja azeda	MD(6DE) MD(12DE) GA	--	TE: 130/140/150°C B: 30/40/50%	--	--	CFT 16,9-24,6 mg GAE/100 g Média: GA-21,5 MD6DE- 18,3 MD12DE- 18,4	--	--	23-92%	--	(Karaca; Guzel; Ak, 2015)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Tâmaras (40:60)	MD(DE20) GA	--	TE: 150/170°C TS: 80°C TFA: 25 e 40 mL/min	--	--	CFT (mg/100g) 130,9-1134,9 BET (mg betanin equivalent g solid ⁻¹) 0,48 0,58 0,58	--	--	--	Aditivo alimentar	(Manickavasagan et al., 2015)
Pitaya vermelha (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	MD(DE20) MD:MCP MD:GE	Água acidificada (1% v / v de ácido cítrico)	TE: 130°C TS: 75°C TFA: 0,4L.h ⁻¹	92,51 93,87 93,78	8,82 10,93 15,10	RBET (%) 35,51 42,99 42,58 %MD CFT (mg/g) 18-27	--	50 dias 40°C > 80% retenção (MD:MCP)	24,23 24,78 15,89	Aditivo alimentar Houve aplicação em iogurte	(Utpott et al., 2020)
Resíduo de abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	MD (2,5/5/7,5/10%) w/w	-	TE: 100/110/120/ 130°C TS: 65°C	--	--	TE CFT (mg/g) 22-29	FRAP (só gráficos)	--	--	Aditivo alimentar	(Ramos; Siacor; Taboada, 2019)
Amora preta (<i>Morus nigra</i> L.) Suco concentrado	MD(15DE) PSL ALBO PIS PE	--	TE: 150°C TS: 85°C TFAS: 36m ³ /h	--	14,97-197	CFT (mg GAE/100 g) 134,75-249,32	DPPH (EC ₅₀) 2,68-4,19	--	3,15-68,07% 12,21-59,21% 34,79-67,02% 10,38-25,38% 13,63-27,89%		(Wang et al., 2020)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência				
Casca de banana (<i>Musa cavendish</i>)	MD(4-7DE)	Água acidificada (pH 1)	TE: 130-180°C	93,57	--	CFT (mg GAE/g)	FRAP/ DPPH (mg TE/g DM)	40°C/ 4semanas	81,03	--	(Vu; Scarlett; Vuong, 2020)				
	MD(9-12DE)		TFA: 9 mL/min					93,79				19,40	29,59/25,28	CFT (mg GAE/g)	83,38
	MD(16,5-19,9)		A TE de 150°C					94,18				21,48	29,63/27,38	21,30	82,36
	GAC		foi utilizada					92,67				19,87	29,62/24,88	21,46	80,82
	PIS		para avaliar o					77,21				19,33	25,06/23,10	20,38	61,74
	GA:MD(9-12DE)		efeito do tipo de material de revestimento.					94,64				19,85	21,37/19,73	17,63	83,08
Casca de grãos de cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.) Industrial	MD(16DE) PSL	Água subcrítica	TE: 120°C	73,52	--	CFT (mg GAE/g)	--	--	--	--	(Jokic et al., 2020)				
			TS: 75-80°C									58,61	16,14	37,68	
Arônia	MD(10DE) MD(15,6DE) GA Várias combinações e proporções	--	TE: 160°C e 200°C	--	24,8-47,7	CFT (mg/100g)	--	2 meses	97,1-99,1	--	(Bednarska; Janiszewska-Turak, 2019)				
			TFA: 0,6x10 ⁻³ m ³ /s					2332-3673				4 e 25°C			
			TFAS: 0,055m ³ /s					ANT (mg/100g)				CFT/ANT (4°C)			
								CFT/ANT (25°C)							
								1601-1949							

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> Merr.)	MD(16-19DE) MD:GA(70:30)	--	TE: 160°C TS: 70°C TFA: 750mL h ⁻¹ TFAS: 70m ³ /h ⁻¹ Pr: 4Bar	--	3-500 (média: 51) 2-394 (média: 22)	CFT (mg GAE·g ⁻¹) 1,99 2,20	DPPH (µmol TE·g ⁻¹) 1,38-5,70	--	51,65 47,31	--	(Quoc, 2020)
Semente de abacate (<i>Persea Americana mill.</i>)	MD	Água (ultrassom)	TE: 160-200°C TFA: 20-25mL/min TFAS: 0,45m ³ /min	--	--	CFT (mg GAE/g) 367,13	ABTS (IC50: µg/mL) 2767 DPPH (IC50: µg/mL) 65,28	--	24,46- 35,47%	--	(Alissa et al., 2020)
Resíduos e suco de Arônia (<i>Aronia melanocarpa</i>)	EF:MD(16-19,9DE) EF:LD ER:MD ER:LD	Álcool	TE: 130°C TS: 56°C TFA: 8mL/min TFAS: 536 L/h	CFT (mg GAE/g) 97,30 79,08 96,89 73,51 ANT (mg/100g) 85,29 65,33 96,61 63,50	4,27 8,50 5,12 11,07	--	--	--	63,5- 97,3%	Aditivo alimentar; Suplemento farmacêutico	(Cujic-Nikolic et al., 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Groselha preta (<i>Ribes nigrum</i> L.)	MD(20-40DE) MD:IN (2:1) MD:IN (3:1) IN (30;35;40%)	--	TE: 180°C TS: 70°C TFA: 400mL/min	--	--	ANT 2,3-986,4 CATE 709,2- 5546,5 FLA 6,1-89,4 ACF 2,7-66,6 CFT (mg GAE/g) 120°C, com as 3 MD 178,5-278,2	ABTS 27,6-60,6 FRAP 25,9-50,7	--	--	--	(Michalska et al., 2019)
Arônia (Pó da fruta-Industrial)	MD(19,7DE) MD(13,1DE) MD(5,9DE) (20,40 e 60%)	Etanol 50% (Ultra)	TE: 120/140/160°C TS: 80°C TFA: 10mL/min TFAS: 35m ³ /h	120°C, com as 3 MD 52,25-74,3%	comprimento 5,0- 12,32 largura 4,0- 10,02 µm	CFT (mg GAE/g) MD 19,7DE com 3 temperaturas 218,4-325,1 ANT (mg/g) 120°C, com as 3 MD 27,5-35,1 ANT (mg/g) MD 19,7DE com 3 temperaturas 26,9-38,4	--	--	--	--	(Vidovic et al., 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Mirtilo (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	MD(7DE) MD(10DE) MD(20DE) MD(40DE) (10-30%)	--	TE: 170-210°C TFAS: 35m ³ /h Pr: 1,5Bar	--	--	RES (µg/g) 0,20-0,47 RES (%) 4,36-10,24 CFT (mg GAE/g) 13,65-32,94	--	--	--	--	(Leyva-Porras et al., 2019)
Semente de Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> Schum)	MD (5/7,5/10%)	--	TE: 150/160/170°C TFA: 5/7,5/10 mL/min	--	320,7- 1825 nm	FT (mg CE / g) 5,89-13,75	ABTS (mgTEAC /100g) 20,58-44,11	--	11,81- 19,03%	Aditivo alimentar; Farmacêuti co	(Costa et al., 2018)
Jamelão (<i>Syzygium cumini</i> L.)	MD (5-10%)	--	TE: 175 e 185°C TS: 75°C	--	--	CFT (g GAE/100 g) 162,63- 209,89 ANT (mg/100g) 87,11- 100,67	--	--	--	Aditivos alimentares	(Singh; Paswan; Rai, 2019)
Maçã (<i>Malus sieversii</i> f.)	MD(15DE): GA c/ e s/ ácido cafeico	Etanol 70% Ultra	TE: 150°C TS: 100°C TFA: 15mL/min	96,84 (sem ác.) 93,85 (com ác.)	324,62 326,16	--	--	--	--	Aditivo alimentar; Farmacêuti co	(Xue et al., 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Toranja (<i>Citrus paradisi</i> var. Star Ruby)	GA:MD:PSL	--	TE: 148°C TFA: 9mL/min TFAS: 35 m ³ /h	--	--	CFT (g GAE/100 g) 570	DPPH 1,1 mmol trolox equivalents/ 100 g FRAP 1,33mmol trolox equivalents/ 100 g	9 meses 20°C UR:0-56% Claro/escuro	--	--	(González et al., 2019)
Jussara (<i>Euterpe edulis</i> Martius)	MD (10DE) IN GA	Etanol 70% e acidificado com ácido clorídrico (HCl)	TE: 136-140°C TS: 50°C TFA: 2mL/min TFAS: 0,21m ³ /min	79,73 87,66 87,19	--	CFT (mg GAE/100g) 222,50 255,90 285,77 ANT (mg/g) 42,94 43,48 40,34	ABTS (mM trolox equivalents/ 100 g) 262,77 266,85 362 DPPH (%SRL) 56,60 57,42 58,06	--	--	Aditivo alimentar	(Bernardes et al., 2019)
Casca de cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.) Industrial	MD(16-20) (80:20) MD:GA (64:16) MD:GA(40:40) MD:GA(16:64) GA(80:20) MD(60:40)	Etanol e água	TE: 150°C TS: 80°C TFA: 7mL/min TFAS: 40m ³ /h	--	--	CFT (mg CE/g) 85 86 83 88 90 82	t0/t90 DPPH (mg TE/g) 199/166 193/183 210/179 215/176 213/178 191/162	90 dias CFT(mg CE/g) 74 78 79,1 79 75 71	--	Indústria alimentícia Houve aplicação	(Papillo et al., 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Suco de Arônia	MDPC (15,6DE) GA AA	--	TE: 180°C	--	--	(MDPC:AA) ANT (mg Cy-3-G . L ⁻¹) 612 (Apenas MDPC ou GA) ANT (mg Cy-3-G . L ⁻¹) 901-915 CFT(mg GAE/g)	--	9 semanas (5;25;35°C) Degradação de ANT 5°C- 3% 25°C- 5% 35°C- 11%	95,9-98,5	--	(Janiszewska-Turak; Sak; Witrowa-Rajchert, 2019)
Suco de morango (<i>Fragaria</i>)	γ-CIC: MD (3:7) (4:6) (6:4) (7:3)	--	TE:TS 135:75°C 145:80°C 155:85°C 165:90°C TFA 6/9/12/15mL/ min	--	--	TE:TS 176,8- 179,94 TFA 179,94- 182,30 γ-CIC: MD 182,28- 185,79	--	--	TE:TS 74,85- 77,53% TFA 77,53- 81,50% γ-CIC: MD 81,43- 84,32%	Aplicação industrial	(Minh; Vy; Thong, 2019)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Casca de maçã (<i>Malus pumila</i>)	MD PSLC GA	Etanol 80% Ultrassom Ultraturrax	TE: 150°C TS: 50°C	Spray e Ultraturrax CFT 83,58% FT 48,31%	Ultra 315,5 719,07	--	DPPH 80,21%	--	--	Aditivo alimentar Houve aplicação	(El-Messery et al., 2019)
Polpa de amora preta (<i>Rubus ssp.</i>) + leite (75-25%)	MD(10DE) MD(20DE) GA	--	TE: 160°C TFA: 5mL/min TFAS: 35m ³ /h	--	14,66 14,89 12,01	ANT (mg/100g) 106 126,7 152,1 RANT(%) 66,4/63 79,4/75,9 87,5/96	--	--	--	Indústria alimentícia e farmacêutica	(Braga; Rocha; Hubinger, 2018)
Bayberry ou amora chinesa (<i>Myrica rubra</i> Sieb)	MD(15DE)	--	TE: 145,8-174,1°C TS: 80°C	--	--	RANT 70-92,3% RFT 73,8-86%	ABTS (mmol TE g ⁻¹) 28,5-37,4	--	60,2-81,2%	--	(Liu; Chen; Guo, 2017)
Cereja azeda (<i>Prunus cerasus</i> var. Marasca)	MD(4-7DE) MD(13-17DE) GA (1:1;2:1;3:1)	--	TE: 150/175/200°C TS: 78-80°C 87-90°C 99-102°C	--	--	ACFT 16,9-67,45 56,75-100,82 44,24-64,8 ANT 18,17-83,83 38,51-113,73 47,80-74,81 FLA 4,19-14,31 8,11-23,1 17,31-24,18 RACF	--	--	--	--	(Garofulic et al., 2017)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
						61,51% 93% 59,15% RANT 65,39% 88,68% 58,54% RFLA 48,45% 81,45% 84,01%					
Arônia (<i>Aronia melanocarpa</i>)	MD(14-17DE) MD:GA HP-βCIC	--	TE: 140°C TS: 70°C	38,1 34,9 54,2	2-20	CFT/ANT (mg/g) 6,51/4,27 5,91/3,66 5,29/3,07	DPPH/ FRAP 12 meses MD 187.37– 256.23 mMT/g 87.66– 106.88 µMT/g	12 meses 8°C Perda CFT: 3,7-6,1% Perda ANT: 5,4-8,5% 25°C Perda CFT: 11-24,1% Perda ANT: 18,5-30,5% 25°C com luz Perda CFT: 21,1-30,8% Perda ANT: 23-42,5%	--	Indústria alimentícia e farmacêutica	(Wilkowska et al., 2016)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Black Barberry (<i>Berberis vulgaris</i>)	MD(6DE) 4/8/6% GA CM	--	TE:130/110/ 150°C TS: 82°C TFA: 400/600/800L/h Pr: 4,5Bar	--	3,02	CFT (mg GAE/g) 40,07-43,48 ANT (mg/g) 9,33-11,2	DPPH EC50 0,0199- 0,0318 mL/mg	--	--	Indústria alimentícia e farmacêutica	(Emam-djomeh; Seddighi; Askari, 2016)
Romã (<i>Punica granatum</i> L.) Suco	MD(18-20DE) 25/35/45%	--	TE: 124-143°C TS: 48-76°C	--	--	ANT (mg/L ⁻¹) 5,980-8,0	--	--	17-24,9%	--	(Jafari; Ghalenoi, Dehnad, 2017)
Cajazeiro-Hog plum (<i>Spondias pinnata</i> L. f. <i>kurz</i>) Suco	MD (2:1/4:1/6:1)	--	TE: 120-175°C TFA: 8- 14mL/min	--	--	CFT (mg/100g GAE) 213,12- 584,77	--	30 dias T: 25°C e 4°C UR:75%	--	--	(Mishra; Brahma; Seth, 2017)
Grão de Cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.)	MD(16,5- 19,5DE) 5;7,5;10%: QUI	Etanol: Água 70:30	TE: 150°C/160°/ 170°C TFA: 2,5/5,0/7,5 mL/min	--	Água 0,19- 5,93 pH3 0,47- 8,95	CFT (mg/100g GAE) 43,5-77,2	ABTS (µgTrolox/g) 299,5-502,6	62 dias 5/25/45°C Escuro/Luz natural/Luz artificial CFT (%) 76-85 (14 dias)	49,9- 82,6%	Indústria alimentícia e farmacêutica	(Alves et al., 2017)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Ameixa (<i>Prunus domestica</i> L.)	MD(20-30DE) 15% 25% 35%	--	TE: 180°C TS: 70°C TFA: 400mL.min ⁻¹	--	--	ACF (mg.kg ⁻¹ db) 5,74-21,46 6,91-15,32 4,43-11,44	ABTS/ FRAP (µgTrolox/g) 2,42/2,01 1,81/1,57 1,6/1,07	--	97,71% 98,78% 98,98%	--	(Michalska et al., 2017)
						FLA (mg.kg ⁻¹ db) 0,39-8,22 0,62-6,08 0,21-4,12					
						ANT (mg.kg ⁻¹ db) 0,39-0,99 0,62-1,51 0,21-0,52					
						CFT/FLA (mg GAE/g) 32,19/11,76 31,12/9,87 29,81/7,98 29,51/5,98					
Laranja (<i>Citrus unshiu</i>)	MD(13DE) 60:40 50:50 40:60 30:70	--	MMU+SSV T:40-60°C Com vapor superaquecido 200°C	--	29,23- 42,65	DPPH (%) 78,23 66,25 52,54 41,23	--	58,76% 60,05% 64,86% 68,78%	--	(Islam et al., 2020)	
						CFT (mg GAE/g) 167-289 119-288 170-260					
						FLA (mgCAT/g) 153-294 98-241 140-250					
						ORAC (µmolTEAC/g) 4558-5844 3838-7230 4932-6623					
Bagaço de uva (Resíduo Industrial)	MD(18DE) PSL PEI	--	TE: 120-140°C TS: 81-89°C TFA: 12,8- 19,9g/min	--	4,2-8,7	ANT (mgMVD/g)	--	--	--	(Moreno et al., 2016)	

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	2,1-4,0 1,2-4,1 2,5-4,8	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Jussara (Euterpe edulis Martius, Arecaceae)	MD(20DE) GA GE	--	TE: 140-190°C TS: 85-126°C TFA: 0,3L/h TFAS: 4,5x10 ⁴ L/h	--	1-20 1-30 1-80	RAT(%) 65,20-78,09 63,97-86,85 66,98-87,64	--	30 dias 40°C UR: 75% Constante de degradação 62,03 48,78 78,20	--	--	(Bicudo et al., 2015)	
Amora (<i>Rubus fruticosus</i>)	MD(10DE) GA PSL	Ultra	TE: 150°C TS: 90°C TFA: 6,66 x 10 ⁻⁴ Ls ⁻¹	--	--	CFT (mg GAE/100 g) 292,36 403,60 246,65 ANT(mg/g)/ RAT(%) 87,22/66,45 106,86/71,62 34,07/23,33	DPPH (%) 58,61 60,67 49,13	T: 35°C Em solução saturada de água salgada	--	--	(Díaz et al., 2015)	
Barberry (<i>Berberis vulgaris</i>)	MD(12DE): GA	--	TE: 160 e 180°C TFA: 500L/h TFAS: 50m ³ /h Pr:5Bar	--	10-20	ANT (mg/100g) T:160°C e MD:GA (50:50) 390,46	--	--	42,78-77,65%	--	(Shafiri et al., 2015)	
Amora (<i>Rubus fruticosus</i>)	AAR GA	--	TE: 100-150°C TFA: 0,2kg/h TFAS: 19m ³ /h	--	50,94-119,79	ANT (mg/100g) 79,02-120,37	FRAP (µmol ferrous sulfate/g) 620,35-1951,67 DPPH 89-234,10	--	28,77-56,95%	--	(Nogueira et al., 2020)	

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Jussara (<i>Euterpe edulis</i> Martius)	MD(10DE) IN GA	--	TE: 50/55/60/65/ 70°C TFA: 2mL/min TFAS: 0,21m ³ /min	--	0,2-5,0	RANT(%) 74,56 59 82,37 CFT (mg GAE/100 g) 234,20 187,67 203,07	ABTS (sem valor)	--	--	--	(Lima et al., 2019)
Jussara (<i>Euterpe edulis</i> Martius)	MD (16,5- 19,5DE) GA	--	TE: 126°C TS: 89°C TFA: 28mL/min TFAS: 600mL/min	83,18	--	ANT (mg/100g) 150,76	--	--	--	Indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética	(Mazuco et al., 2018)
Amora (<i>Rubus fruticosus</i>)	GA PD (10 e 15%)	--	TE: 140 e 160°C TS: TFA: 0,6L/h TFAS: 40,5L/h	--	--	ANT (mg/100g) 878,32- 1300,83 FT (mg GAE/100g) 2106,56- 2429,22	DPPH 31,28- 40,26% ABTS 27-45,15%	--	--	--	(Rigon; Noreña, 2015)
Jussara (<i>Euterpe edulis</i> Martius)	AM:PSLC AM:PIS	--	TE: 140-200°C TFA: 5mL/min TFAS: 500L/h	98,5-99,7% 98,5-99,5%	--	RANT(%) 49,2-82,9% 34,1-96,9%	--	--	33,2-55,5 49,9-78,5	Indústria alimentícia e cosmético	(Santana et al., 2018)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Casca de Rambutão (<i>Nephelium lappaceum</i> L.)	MD(10DE) 10% 13%	Etanol 80%	TE: 160 e 180°C TS: 70 e 80°C	90,58-93,40 89,07-94,26	1,21- 29,75	RFT (%) 92,72-95,40 91,01-96,82 CFT (mg GAE/100 g) 120,7-123,3 83,35-86,15	ABTS (µmol TE / g) 983,48- 1054,55	--	--	Indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética	(Boyano-Orozco et al., 2020)
							626,52- 719,5 DPPH (µmol TE / g) 938,99- 1036,13				
Bagaço de Mirtilo (Industrial)	MD(18-20DE)	Água	TE: 150-190°C TFA: 1,1L/h	98,27-98,98	Média 5,5	Perda de ANT (%) 0,43-62,65	--	--	36,74- 98,29	--	(Lu et al., 2020)
Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.)	MD(10DE) FAAD FAAGP	--	TE: 110/120/140°C TS: 80-90°C TFA: 2,5 mL/min	--	--	CFT (mg GAE/100 g) 11,95-42,96 ANT (mg/L) 6,17-9,61	DPPH (mmol ET/100 g) 29,19-59,53	60 dias (25/30/45°C) 45°C a degradação foi de 57% 55% 42%	25,40- 60,66	Indústria alimentícia	(Ortiz-Basurto et al., 2017)

Fruta ou resíduo	Agente encapsulante	Solvente	Condições de processo	EE (%)	Tamanho (µm)	Conteúdo fenólico	Capacidade antioxidante	Estabilidade	Rendimento	Possível Aplicação	Referência
Óleo de semente de romã + suco de romã	GA+GX	--	TE: 170°C TS: 85°C TFA: 20mL/min	93,3-96,6%	4,4-6,3	CFT (mg GAE/100 g) 6,4 (100% do suco)	--	30 dias 25 e 60°C Valor do peróxido 1,1 11,9 meq O ₂ / kg	--	Aditivo alimentar	(Yekidane; Doli, 2019)
Óleo de sementes de Rambutão (<i>Nephelium lappaceum</i> L.)	PSL CS GE PIS	Hexano	TE: 180°C TS: 60°C TFA: 1,6L/h Pr: 3Bar	73,6 69,9 67,7 67,3	8-344 10- 1460 9-1532 7-394	--	--	--	72,5 28,5 25,6 59,3	--	(Ton; Tran; Le, 2016)
Industrial Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.)	PIS (15-25%)	--	TE: 150-170°C TFA: 400- 600mL/h	--	--	--	--	--	17,9-59,6	--	(Muzaffar; Kumar, 2015)
Resíduos de Jaboticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>) Industrial	MD	Etanol: Água	TE: 100/110/120°C TFA: 3/4/5mL/min TFAS: 40/45/50mL/ min	--	--	CFT (mg GAE/100 g) 7,17-16,62 FLA 3,93-6,36	DPPH(%) 34,21-67,99	--	--	Indústria alimentícia e farmacêutica	(Borges et al., 2015)

A: aspiração; AA: amido de arroz; AAR: amido de araruta; ABTS: ACF: ácidos fenólicos; ACFT: ácidos fenólicos totais; ALBO: albumina de ovo; ALG: alginato de sódio; AM: amido modificado; AMI: amido; AMS: amido solúvel; AM1: Amido modificado de anidrido N-octenil succínico de milho ceroso para encapsulação de alta carga; AM2: amido modificado de anidrido n-octenil succínico de milho ceroso para alternativa de goma arábica de baixa viscosidade; ANT: antocianina; B: bomba; BAC: bico atomizador convencional; BAU: bico atomizador ultrassônico; BET: betacianinas; CATE: catequina; Cant.: conteúdo de antocianina; CAR: carragenina; CFT: conteúdo fenólico total; CFS: conteúdo fenólico de superfície; CM: celulose microcristalina; CUPRAC: CUPric Reducing Antioxidant Capacity; CV: coeficiente de vazão; C-E: convencional-extrato; C-S: convencional-suco; CS: caseinato de sódio; DE: dextrose equivalente; DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidrazil; EE: eficiência de encapsulação; EPI: epicatequina; EF: extrato da fruta; ER: extrato do resíduo; FAAD: frutano de agave de alto desempenho; FAAGP: frutano agave de alto grau de polimerização; FB: fibra de bambu; FC: farinha de coco; FGB: farinha de grão de bico; FLA: flavonol; FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power; FT: flavonoide total; FTIO: farinha de trigo integral orgânica; GA: goma arábica; GAC: goma acácia; GE: gelatina; GFG: goma de feno grego; GG: goma guar; GGPH: goma guar parcialmente hidrolisada; GP: goma persa; GSM: goma de semente de manjeriço; GX: goma xantana; HP-βCIC: hidroxipropil β-ciclodextrina; IN: inulina; LD: leite desnatado; LDP: leite desnatado em pó; MCP: mucilagem extraída da casca de pitaya; MD: maltodextrina; MDPC: maltodextrina pouco cristalizada; MDR: maltodextrina resistente; MMU: micro

moagem úmida; O: óleo de soja; ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity; PE: proteína de ervilha; PEC: pectina; PEI: proteína de ervilha isolada; PD: povidona; Pr: pressão; PIS: proteína isolada de soja; PSL: proteína do soro do leite; PSLC: proteína do soro do leite concentrado; QUE: quercetina; QUI: quitosana; RACF: retenção de ácidos fenólicos; RANT: retenção de antocianina; RAT: retenção de antocianinas totais; RBET: retenção de betacianinas; RES: resveratrol; RFLA: retenção de flavonol; RFT: retenção de fenólicos totais; RPRO: retenção de proantocianidina; SSV: secagem por spray à vácuo; TA: taxa do aspirador; TBARS: Thiobarbituric acid reactive substances; TE: temperatura de entrada; TEAC: Trolox Equivalent *Antioxidant* Capacity; TFA: taxa de fluxo de alimentação; TFAS: taxa de fluxo de ar de secagem; TPRO: total de proantocianidina; TS: temperatura de saída; UR: umidade relativa; U-S: ultrassônico-suco; U-E: ultrassônico-extrato; β CIC: β -ciclodextrina; β GLU: β -glucana; γ -CIC: γ -ciclodextrina.

APÊNDICE B

Tabela 2- Eficiência da microencapsulação – Grupo com Extratos fenólicos versus Grupo Controle (Meta-análise).

Subgrupos	Média e desvio padrão	Controle (Maltodextrina) média e desvio padrão	Heterogeneidade e probabilidade
MD+GA			
Colín-Cruz et al. 2019	99±1	90,4±1	I ² = 96% p= 0,29
Mahdavi et al. 2016	96,215±1,02	93,087±1	
Wilkowska et al. 2016	34,9±1,9	38,1±2,3	
GA			
Colín-Cruz et al. 2019	88,4±0,9	90,4±1	I ² = 98% p= 0,12
Kalusevic et al. 2017	85,2±5,6	62,4±4,9	
Ramakrishnan et al. 2018	83,16±0,54	78,54±0,13	
Vu; Scarlertt; Vuong 2020	92,67±1,01	94,18±0,37	
TOTAL			I ² = 97% p= 0,05

GA: goma arábica; MD: maltodextrina.