

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**PALOMA KROLOW DE SOUZA**

**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS E SUAS APLICAÇÕES  
NA INDÚSTRIA: REVISÃO SISTEMÁTICA**

**Bagé  
2021**

**PALOMA KROLOW DE SOUZA**

**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS E SUAS APLICAÇÕES  
NA INDÚSTRIA: REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof. Dra. Gabriela Silveira da Rosa

**Bagé  
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

d729m de Souza, Paloma Krolow

Microencapsulação de extratos vegetais e suas aplicações na  
indústria: revisão sistemática / Paloma Krolow de Souza.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2021.

"Orientação: Gabriela Silveira da Rosa".

1. Microencapsulação. 2. Extratos vegetais . 3. Compostos  
bioativos. I. Título.

**PALOMA KROLOW DE SOUZA**

**MICROENCAPSULAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS E SUAS APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA:  
REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Dissertação defendida e aprovada em: 05 de outubro de 2021.

Banca examinadora:

---

Profª. Dra. Gabriela Silveira da Rosa

Orientador

UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais

UNIPAMPA

---

Profª. Dra. Catarina Motta de Moura

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **GABRIELA SILVEIRA DA ROSA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/10/2021, às 20:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/10/2021, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCILIO MACHADO MORAIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/10/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0631035** e o código CRC **C8B5F487**.

Dedico este trabalho a minha família.

## RESUMO

Os compostos bioativos são compostos que ocorrem nos alimentos em pequena quantidade. Esses compostos variam amplamente em sua estrutura química e funcional, e muitos têm propriedades antioxidantes. Porém, esses compostos podem sofrer diversos tipos de degradação, como a térmica, química, na presença de oxigênio e até mesmo luz solar. Para isso, é necessário o desenvolvimento de métodos que protejam esses compostos e permitam que eles sejam aplicados nas mais diversas áreas, entre elas a indústria de alimentos. A microencapsulação surge como uma tecnologia de aprisionamento desses materiais em pequenas cápsulas que liberam o seu conteúdo de forma controlada. Este trabalho teve como objetivo elaborar uma revisão bibliográfica sobre o processo de microencapsulação e aplicações em alimentos. A pesquisa foi efetuada pela busca nas bases de dados Periódicos da Capes, Scielo e Web of Science, buscando trabalhos dos últimos 5 anos. Verificou-se o crescente interesse desta tecnologia por parte desse setor devido às mais variadas aplicações dos compostos microencapsulados. Estudos envolvendo microencapsulação de compostos bioativos podem representar avanços na obtenção de ingredientes diferenciados, com aplicação em produtos alimentícios.

Palavras-chave: Microencapsulação. Compostos bioativos. Extratos vegetais.

## **ABSTRACT**

Bioactive compounds are compounds that occur in foods in small amounts. These compounds vary widely in their chemical and functional structure, and many have antioxidant properties. However, these compounds can suffer different types of degradation, such as thermal, chemical, in the presence of oxygen and even sunlight. For this, it is necessary to develop methods that protect these compounds and allow them to be applied in the most diverse areas, including the food industry. Microencapsulation emerges as a technology for trapping these materials in small capsules that release their contents in a controlled manner. This work aimed to prepare a literature review on the microencapsulation process and applications in food. The research was carried out by searching the Capes, Scielo and Web of Science journals databases, looking for papers from the last 5 years. There is a growing interest in this technology by this sector due to the most varied applications of microencapsulated compounds. Studies involving microencapsulation of bioactive compounds may represent advances in obtaining differentiated ingredients, with application in food products.

**Keywords:** Microencapsulation. Bioactive compounds. Vegetal extracts.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de compostos bioativos de origem vegetal.....	17
Figura 2 - Estrutura básica dos flavonoides.....	18
Figura 3 - Soluções aquosas de antocianinas em diferentes valores de pH.....	20
Figura 4 - Diagrama pressão vs. temperatura de uma substância pura.....	22
Figura 5 - Microesferas e microcápsulas formadas durante o processo .....	24
Figura 6 - Diferenças entre os modelos de micropartículas .....	25
Figura 7 - Formação da partícula por secagem por <i>spray drying</i> .....	26
Figura 8 - Representação esquemática das etapas do processo de coacervação .....	27
Figura 9 - Lei de Bradford.....	29
Figura 10 - Bibliometria e suas Leis.....	29
Figura 11 - Processo de revisão sistemática .....	31
Figura 12 - Artigos incluídos e excluídos na pré-seleção.....	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Antocianinas encontradas com frequência em alimentos

16

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de encapsulação de diferentes substâncias .....	25
Quadro 2 - Métodos usuais de microencapsulação .....	35

## **LISTA DE SIGLAS**

EE – Eficiência da encapsulação

GAE – Ácido Gálico

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Nome</b>	<b>Dimensão</b>
<i>AA</i>	Atividade antioxidante	-
<i>m</i>	Massa	M

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 OBJETIVOS .....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.2 Compostos bioativos .....	17
3.3 Extração de compostos bioativos .....	20
3.4 Microencapsulação de compostos bioativos .....	23
3.1 Bibliometria.....	27
3.2 Revisão sistemática .....	29
4 METODOLOGIA .....	32
4.1 Método de pesquisa.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
5.1 Métodos de encapsulação e compostos bioativos presentes nas microcápsulas .....	34
5.2 Aplicações das microcápsulas .....	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
7 REFERÊNCIAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Kris-Etherton *et al.* (2002), os compostos bioativos são compostos extra nutricionais que ocorrem nos alimentos em pequena quantidade, principalmente em matrizes vegetais. Esses compostos variam amplamente em sua estrutura química e funcional, e muitos têm propriedades antioxidantes. Os compostos bioativos estão sujeitos a diversos tipos de interferentes. Antocianinas, por exemplo, são facilmente degradadas por alterações no pH, elevadas temperaturas ou exposição à luz e ao oxigênio. Essa degradação resulta na perda da coloração natural do composto pela formação de produtos insolúveis (HORST, 2009; OZELA, 2004).

Com base nessa instabilidade, indústrias têm investido nos estudos em conjunto com profissionais da área de alimentos para desenvolver produtos que satisfaçam as exigências dos consumidores. Busca-se o melhoramento na estabilidade à luz, calor e outros fatores dos compostos bioativos, tornando-os estáveis para utilização industrial. Um dos métodos para a proteção de compostos é a microencapsulação, técnica que consiste em criar uma camada de proteção ao agente ativo, garantindo que ele estará protegido contra fatores ambientais que possam alterar a sua composição. A escolha do método de encapsulação depende de uma série de fatores como: aplicação do produto, mecanismos desejados para a liberação do composto encapsulado, propriedades físicas e químicas do núcleo e do material de parede, escala de produção o custo envolvido (AZEREDO, 2005; ARSHADY, 1993; MENDES, 2012).

Sendo assim, torna-se importante o estudo da microencapsulação de compostos bioativos presentes em extratos vegetais, com o intuito de avaliar os métodos que atualmente estão sendo utilizados e as aplicações mais recorrentes das microcápsulas na indústria. Para tanto, são necessárias metodologias de pesquisa que possuam etapas bem definidas, planejadas e de acordo com protocolos e objetivos previamente estabelecidos, como a revisão sistemática (Biolchini *et al.*, 2005).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral desse trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura de microcápsulas de extratos vegetais e os métodos utilizados para a microencapsulação.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar um levantamento dos artigos publicados sobre o tema em questão nos últimos 5 anos;
- Analisar a influência do método utilizado para a microencapsulação dos extratos e as características das microcápsulas em termos de atividade antioxidante e teor de compostos bioativos;
- Levantar dados sobre as atuais aplicações das microcápsulas, a partir da revisão teórica.



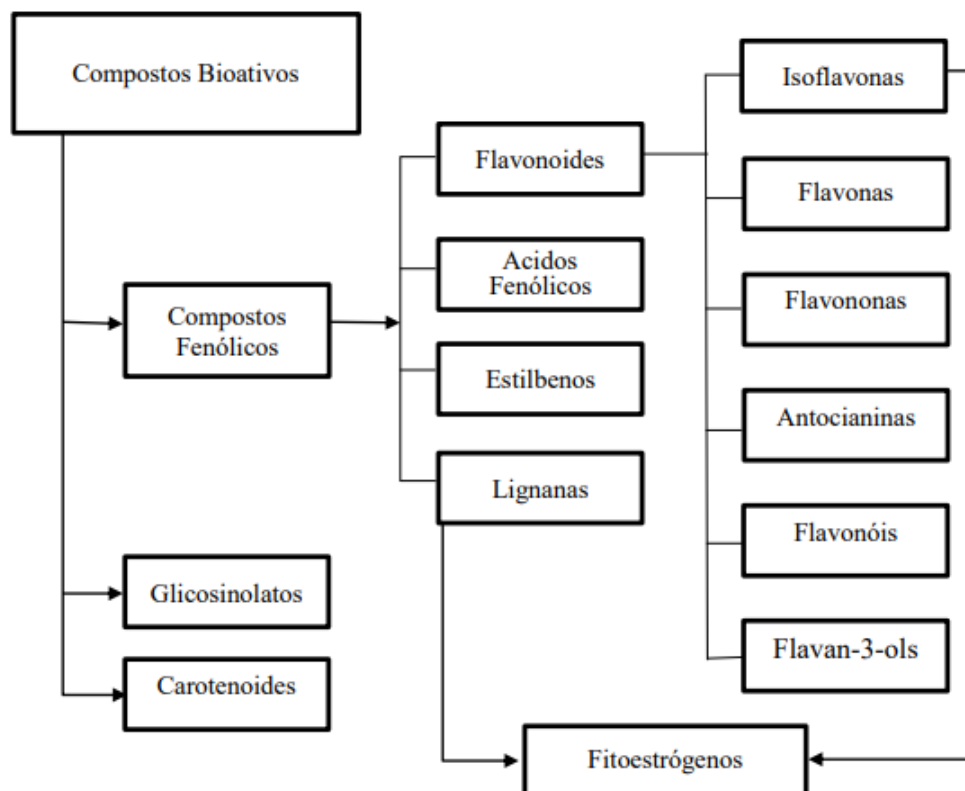
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica serão abordados tópicos referentes a compostos bioativos presentes em matrizes vegetais, fundamentos de microencapsulação e equipamentos utilizados, além de bibliometria e revisão sistemática.

#### 3.2 Compostos bioativos

De acordo com Kris-Etherton *et al.* (2002), os compostos bioativos são compostos extra nutricionais que ocorrem nos alimentos em pequena quantidade. Esses compostos variam amplamente em sua estrutura química e funcional, e muitos têm propriedades antioxidantes. O esquema da Figura 1 apresenta a classificação dos compostos bioativos de origem vegetal.

Figura 1 - Classificação de compostos bioativos de origem vegetal



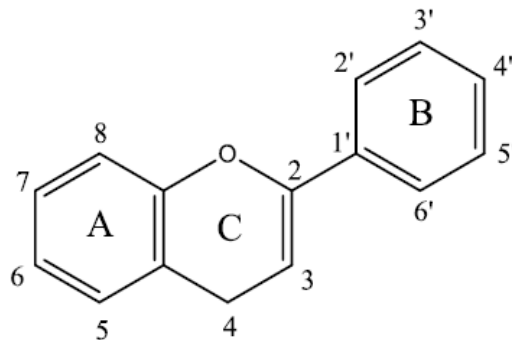
Fonte: Adaptado de Carratù e Sanzini (2005, p. 8)

Os compostos fenólicos são substâncias bioativas que podem ser citados como exemplos de metabólitos secundários e, segundo Crozier, Jaganath e Clifford (2009), mais de 8000 compostos fenólicos já foram reportados, e muitos têm ocorrência em alimentos. Quando presentes em vegetais, podem ser encontrados na forma livre ou complexados a açúcares e

proteínas. Esses compostos englobam uma diversidade de outras estruturas e contêm, pelo menos, um anel aromático possuindo um ou mais agrupamentos de hidroxilas. Angelo e Jorge (2007, p. 2), em seu trabalho sobre compostos fenólicos em alimentos, ressaltam que “Compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução [...]”. Esses compostos apresentam atividade antioxidante, ou seja, são responsáveis pelo combate a radicais livres, retardando o envelhecimento celular.

Dentro da classificação dos compostos fenólicos, estão os flavonoides, amplamente encontrados em frutas, hortaliças, grãos, cascas, raízes, entre outros. Alguns flavonoides podem ser pigmentos que dão cor a frutas e hortaliças, mas a maior parte dessas substâncias é incolor. Além disso, esses compostos auxiliam na proteção do organismo contra danos que podem ser causados por oxidação, a partir de raios ultravioletas, poluição ambiental, químicos e estresse. A estrutura química básica dos flavonoides, que pode ser observada na Figura 2, é composta basicamente por dois anéis aromáticos, denominados A e B, unidos por um anel heterocíclico denominado C. Variações no anel C fazem com que ocorra subdivisões dentro da classe dos flavonoides. As subclasses são: flavonas, flavanonas, flavonóis, isoflavonas, flavonóis e antocianinas (MAZZA, 2017; MIRANDA, 2019).

Figura 2 - Estrutura básica dos flavonoides



Fonte: Mazza (2017, PÁGINA)

As antocianinas são os compostos fenólicos de maior abundância dentro do reino vegetal e são encontradas principalmente na epiderme das folhas e na casca dos frutos. Como exemplos de antocianinas podem ser citadas as mais comuns, como malvidina, petunidina, cianidina, pelargonidina e delphinidina (CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2009). A Tabela 1 apresenta as antocianinas encontradas com maior frequência em alimentos.

Tabela 1 - Antocianinas encontradas com frequência em alimentos

<b>Antocianinas</b>	<b>Fontes</b>
Cy-3-glicosídeo	Açaí, amora vermelha e preta, cereja, cebola, jamelão, morango, maçã, uva, vinho
Pn-3-glicosídeo	Cebola, cereja, jaboticaba, uva, vinho
Mv-3-glicosídeo	Uva, vinho
Pg-3-glicosídeo	Morango
Dp-3,5-diglicosídeo	Berinjela
Pt-3-glicosídeo	Uva, vinho
Dp-3,5-diglicosídeo	Berinjela
Dp-3,5-cafeoilglicosídeo-5-glicosídeo	Berinjela
Campferol-3-glicosídeo	Morango, uva, vinho
Quercitina-3-glicosídeo	Uva, vinho, morango
Pn-3-glicosídeo	Manga
Pn, Dp-3-glicosídeo	Maracujá
Cy, Dp e Pg-3-glicosídeo e 3,5-diglicosídeo	Romã
Cy-3-glicosídeo e Pg-3-rutinosídeo	Figo
Cy-3-soforosídeo-5-glicosídeo	Repolho roxo

Fonte: Adaptada de Ozela (2004, p. 9)

As formas estruturais das antocianinas podem ser afetadas por diferentes fatores como pH, luz, temperatura, presença de solventes, entre outros. O pH do meio altera a coloração das antocianinas em solução. Em pH abaixo de 3, a coloração tende a ser vermelho intenso, em pH neutro apresenta coloração azulada e, em meios alcalinos, ocorre a ruptura do anel heterocíclico e a formação de chalconas, tornando a coloração amarelada (MAZZA; BROUILLARD, 1987; OZELA, 2004; MEREGALLI, 2017). As alterações de cor em função do pH podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3 - Soluções aquosas de antocianinas em diferentes valores de pH



Fonte: DidacForner (2016)

Quando a luz está associada ao oxigênio, esse fator passa a ser tão importante quanto o pH na degradação de antocianinas. Os processos oxidativos, de ação direta ou indireta, formam compostos escuros ou despigmentados que reagem com o pigmento, causando a diminuição do seu tempo de meia-vida (OZELA, 2004). Em seu trabalho sobre o efeito da luz na estabilidade das antocianinas presentes na pitanga roxa, Lima *et al.* (2005) observaram que a perda de 50% da cor original aumenta de 39 para 50 dias nos extratos submetidos ao efeito da luz, em comparação com extratos conservados no escuro.

A termodegradação é observada pela formação de produtos de coloração marrom e ocorre quando as antocianinas são submetidas a temperaturas maiores do que a ambiente (25°C). Coelho (2011), a partir de ensaios de degradação em extratos da uva, concluiu que a estabilidade dos extratos está relacionada com a temperatura de armazenamento, associada à diminuição da atividade enzimática e da velocidade das reações em temperaturas mais baixas. Ao realizar um estudo sobre a cinética de degradação da geleia de morango, Miguel, Albertini e Fillet (2009) observaram que à temperatura de 40°C o produto demonstrou alterações de cor durante a estocagem, decorrente da degradação das antocianinas e formação de pigmentos escuros.

### 3.3 Extração de compostos bioativos

A extração é um importante passo na recuperação de fitoquímicos de matrizes vegetais e a primeira etapa para a determinação total e individual de antocianinas em qualquer tecido de planta. Os métodos clássicos de extração são baseados na escolha do solvente, juntamente com o uso de calor e/ou agitação. Um dos procedimentos mais utilizados é a agitação mecânica, além de outros como extração por hidrodestilação e maceração. A escolha da tecnologia utilizada impacta na obtenção dos compostos e no rendimento da extração, mas é importante

que as operações posteriores, quando necessárias (por exemplo: purificação, concentração do extrato, separação) não tenham elevada complexidade ou alto custo (SILVA, 2012; MAZZA, 2017).

A operação com solventes é um dos métodos mais comuns para realizar a extração de flavonoides, como as antocianinas. De acordo com Fuleki e Francis (1986), o melhor método é aquele no qual uma máxima quantidade de antocianinas seja extraída com mínima quantidade de interferentes, bem como aquele em que a perda de antocianinas por razões de degradação seja também mínima.

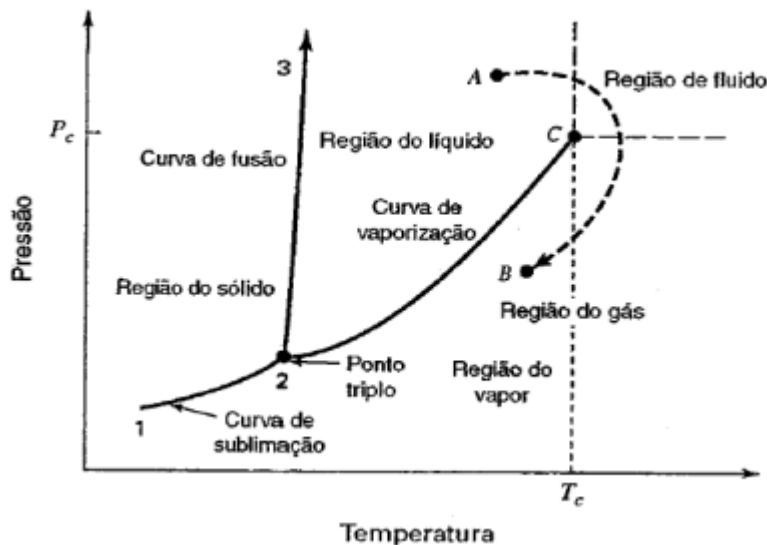
Para a extração, o solvente é normalmente combinado com ácido clorídrico, que desnatura as membranas celulares e ao mesmo tempo solubiliza os pigmentos. O ácido estabiliza as antocianinas, mas também pode acarretar na quebra de associações com metais, co-pigmentos e/ou outros compostos, mudando a forma nativa do tecido vegetal. Além do pH, a temperatura, razão sólido-líquido, tempo de extração e tamanho das partículas também exercem influência na extração (MIRANDA, 2019; SILVA, 2012; MAZZA, 2017).

Historicamente, por um longo tempo, a maceração já foi utilizada na preparação caseira de água tônica. Essa técnica se tornou popular e representa uma operação de baixo custo para a obtenção de óleos essenciais e compostos bioativos. A maceração consiste em, primeiramente, moer o material vegetal para que a diminuição da sua granulometria aumente a área superficial de contato com o solvente. Após, o solvente adequado é colocado em contato com o sólido em um recipiente preferencialmente fechado, em temperatura ambiente ou com aquecimento. O líquido resultante, ao final do processo, é filtrado para separação de impurezas. A agitação durante a maceração facilita a extração de duas formas: aumenta a transferência de massa por difusão e remove solução concentrada da superfície da amostra ao induzir mais passagem de solvente pelo sólido (AZMIR *et al.*, 2013).

Além dos métodos convencionais, existem os métodos de extração com solventes não convencionais. Com o apelo atual por técnicas que não sejam agressivas ao meio ambiente, em consonância com a química verde, outros solventes vêm sendo utilizados. A água tem sido amplamente utilizada, já que em certas condições de temperatura e pressão, adquire propriedades que se assemelham às dos compostos orgânicos. Por exemplo, a extração de flavonoides é comumente realizada utilizando-se como solventes o metanol e o etanol, em uma reação que pode demorar horas. Entretanto, água subcrítica ( $\approx 10$  MPa) pode ser uma alternativa para extração de flavonoides apolares. À medida que a temperatura da água aumenta, sua polaridade diminui, e ela se torna similar ao metanol (CARVALHO; BERGAMASCO; GOMES, 2018; KO *et al.*, 2014).

A descoberta do estado supercrítico de substâncias abriu caminho para se explorar novas possibilidades para fluidos em condições diferentes das convencionais. Um fluido supercrítico é obtido quando a temperatura e pressão aplicadas no sistema são superiores ao ponto crítico da substância pura. Na Figura 5 é possível observar o diagrama de pressão *versus* temperatura de uma substância pura com a delimitação do início da região de fluido.

Figura 4 - Diagrama pressão vs. temperatura de uma substância pura



Fonte: Smith, Van Ness (2007, p. 145)

A extração supercrítica tem como principal vantagem alcançar rendimentos próximos ao da extração por solventes e ao mesmo tempo manter a boa qualidade do extrato, como em extrações por prensagem. Além disso, tem seletividade e fracionamento dos compostos extraídos a partir dos parâmetros utilizados na extração (BURITI, 2020).

A extração assistida por ultrassom recebe destaque quando se deseja melhorar a eficiência do processo. É uma metodologia de intensificação do processo, que torna possível a obtenção de elevadas taxas de extração em menores tempos. Essa intensificação é atribuída à propagação de ondas de pressão ultrassônica através do solvente que resultam em um fenômeno chamado cavitação. A cavitação produz diversos efeitos, tais como: a circulação do solvente no sistema e a geração de turbulência, que pode auxiliar na transferência de massa. As cavitações acústicas facilitam a penetração do solvente nas paredes celulares da matriz vegetal, permitindo que o conteúdo intracelular seja liberado. Já a agitação gerada pelas ondas aumenta a superfície de contato entre o solvente e o composto desejado. As principais vantagens desse método são a redução do tempo de extração e do consumo de solventes. Além disso, a extração assistida

por ultrassom pode ser realizada em temperaturas menores, o que pode prevenir danos térmicos aos extratos e minimizar a perda de compostos bioativos (SHIRSATH; SONAWANE; GOGATE, 2012; CORBIN *et al.*, 2015; SILVA; GARCIA; FRANCISCATO, 2018).

### **3.4 Microencapsulação de compostos bioativos**

De acordo com Champagne e Furtier (2007, p. 184), a microencapsulação pode ser definida como “[...] uma tecnologia de aprisionamento de materiais sólidos, líquidos e gasosos em pequenas cápsulas que liberam o seu conteúdo em taxas controladas durante um período de tempo prolongado ou sob condições específicas.” O ingrediente ativo das micropartículas pode ser um composto bioativo, medicamentos ou outros materiais especiais. O tamanho das partículas varia de 1 micron à alguns milímetros, e algumas microcápsulas cujo diâmetro se encontra na escala de nanômetros são denominadas de nanocápsulas, dando ênfase ao seu tamanho reduzido (ARSHADY, 1993; DUBEY; SHAMI; RAO, 2009).

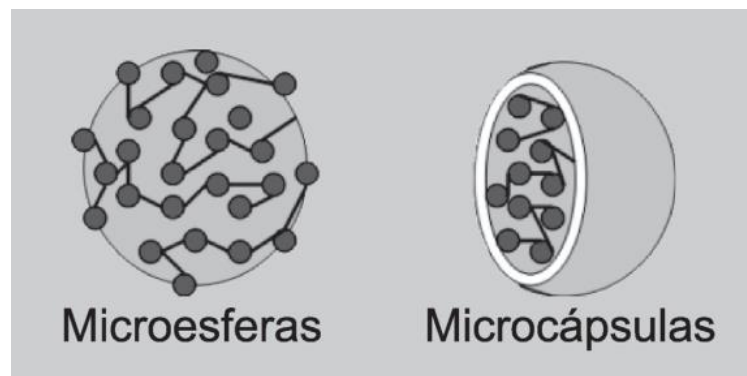
O material encapsulado é chamado de núcleo, material ativo ou fase interna. O agente encapsulante é o material que forma o revestimento das microesferas e também pode ser chamado de material de parede, membrana, carregador ou revestimento. O material de parede é responsável pela manutenção e isolamento do núcleo, aumento da sua vida útil e proteção contra luz, umidade, reações com outros produtos e oxigênio. Diversos materiais podem ser usados como agentes encapsulantes e os mais utilizados são carboidratos, amidos, proteínas e gomas. Os carboidratos são extensivamente utilizados como agentes encapsulantes, por possuírem baixa viscosidade, alto conteúdo de sólidos e alta solubilidade. Amidos e ingredientes à base de amido são utilizados na indústria de alimentos para reter e proteger compostos voláteis. Já as proteínas, como caseinato de sódio e proteínas do soro de leite e de soja isoladas, contêm propriedades funcionais como alta solubilidade, baixa viscosidade e propriedades de formação de filmes. Entre as gomas mais utilizadas, está a goma arábica, um composto versátil devido à sua baixa viscosidade, características emulsificantes e boa retenção de compostos voláteis (SILVA *et al.*, 2014; ROSA, 2017; MADENE *et al.*, 2005).

Existem vários fatores que podem alterar a estabilidade dos compostos encapsulados, como a composição do material de parede, o mecanismo de liberação, tamanho das micropartículas e sua morfologia, a forma física final e os custos. A escolha do agente encapsulante deve atender a critérios de propriedades físicas e químicas do núcleo (porosidade, solubilidade, entre outros), possuir baixa viscosidade mesmo em concentrações elevadas, ser de fácil manipulação durante o processo, ter baixa higroscopicidade, não ser reativo com o

material encapsulado e ter habilidade de selar o composto ativo dentro da estrutura da cápsula. Deve, ainda, ser de fácil reconstituição e apresentar proteção máxima ao material encapsulado contra condições adversas (luz, pH, oxigênio e reações químicas). No caso de utilização para alimentos, o agente não pode possuir sabor e aroma desagradáveis. Na prática, muitas vezes um só material não atende todas as propriedades exigidas, então optam-se por misturas (REBELLO, 2009; MENDES, 2012; HORST, 2009).

O termo “encapsulação” engloba a formação de dois tipos de micropartículas, as microcápsulas e as microesferas. Como apresentado na Figura 5, as microcápsulas são sistemas do tipo reservatório, onde o núcleo é nitidamente concentrado na região central e está envolvido por uma camada do agente encapsulante. Já no sistema das microesferas, o núcleo se encontra envolvido em uma rede matricial, constituída por um polímero que forma uma cadeia tridimensional onde uma fração do núcleo pode estar adsorvida na superfície da micropartícula, incorporada ou ligada covalentemente à matriz polimérica (SILVA, 2019; MENDES, 2012)

Figura 5 - Microesferas e microcápsulas formadas durante o processo

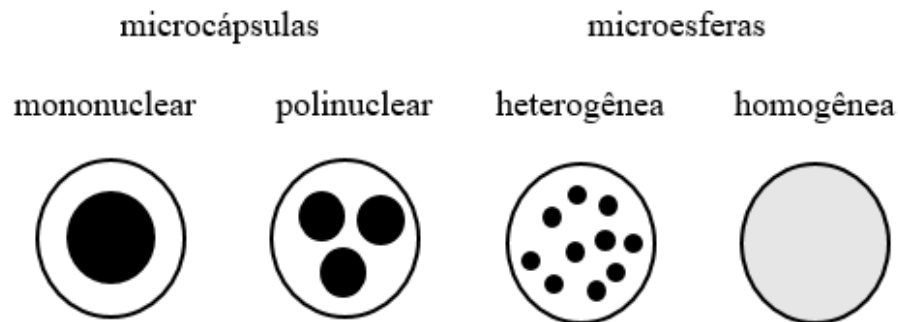


Fonte: Pimentel *et al.* (2007, p. 509)

Como exemplificado na Figura 6, as microcápsulas podem ser mononucleares, nas quais um núcleo está envolto pelo material de parede e polinucleares, onde os muitos núcleos do composto estão envoltos pelo revestimento. As microesferas podem ser classificadas como homogêneas, quando o núcleo se encontra dissolvido ou heterogêneo, quando se encontra na forma de partículas (MENDES, 2012; FANG; BHANDARI, 2010; REBELLO, 2009).



Figura 6 - Diferenças entre os modelos de micropartículas



Fonte: Adaptada de Silva *et al.* (2003, p. 2)

Além da relevância para a indústria farmacêutica, essa operação também tem grande importância para a indústria alimentícia, principalmente na adição de ingredientes funcionais à formulação de alimentos. Vários compostos já foram submetidos ao processo de microencapsulação, como vitaminas, gorduras e óleos, corantes, enzimas, microrganismos e compostos de aroma e sabor (MAHFOUDHI; KSOURI; HAMDI, 2016). O Quadro 1 ilustra alguns métodos de encapsulação, bem como os agentes de parede utilizados e os compostos encapsulados.

Quadro 1 - Métodos de encapsulação de diferentes substâncias

<b>Técnica</b>	<b>Material encapsulado</b>	<b>Material de parede</b>	<b>Referências</b>
<i>Spray drying</i>	Óleo de peixe, compostos fenólicos, carotenoides	Amido, amido modificado, quitosana, proteínas, gomas naturais	Jafari <i>et al.</i> (2008), Mazza (2017), Ferracini (2015)
Coacervação	Óleos essenciais, óleos, enzimas, probióticos	Maltodextrina, gomas, goma xantana, amido, proteínas, pectina	Lima (2014), Silva <i>et al.</i> (2015), Justi <i>et al.</i> (2018)
Leito móvel	Vitaminas, corantes, probióticos, carotenoides	Celulose, maltodextrina, gomas, proteínas	Strasser (2007), Azeredo (2005),
Nanoemulsões	Betacaroteno, corantes, óleos	Quitosana, gomas, carboidratos	Vicente (2016)

Fonte: Adaptado de Mahfoudhi, Ksouri, Hamdi (2016, p. 365)

Os métodos de encapsulação podem ser divididos em (MADENE *et al.*, 2005; HORST, 2009; REBELLO, 2009):

- Métodos físicos: *spray drying*, *pan coating*, leite fluidizado, liofilização, extrusão estacionária, bocal submerso, extrusão centrífuga, bocal vibrante, disco rotativo, suspensão por ar, *spray chilling* e *spray cooling* e co-cristalização;
- Métodos químicos: indução molecular, polimerização interfacial e polimerização *in situ*;
- Métodos físico-químicos: coacervação simples, coacervação complexa, lipossomas, lipoesferas e evaporação do solvente.

Os métodos mais comuns utilizados para microencapsulação estão descritos a seguir.

O processo de secagem por aspersão, ou *spray drying*, consiste em três etapas fundamentais. Na primeira etapa, o fluido onde está o material que se deseja encapsular é disperso como gotículas, para aumentar a sua área superficial. Na segunda fase, esse fluido entra em contato com uma corrente de ar aquecida, onde ocorre transferência de calor. Por fim, ocorre a evaporação do solvente e a formação da partícula sólida. O produto da secagem é transportado por uma corrente de ar sendo posteriormente coletado (CAO *et al.*, 2000). Essas etapas podem ser observadas no esquema da 7.

Figura 7 - Formação da partícula por secagem por *spray drying*



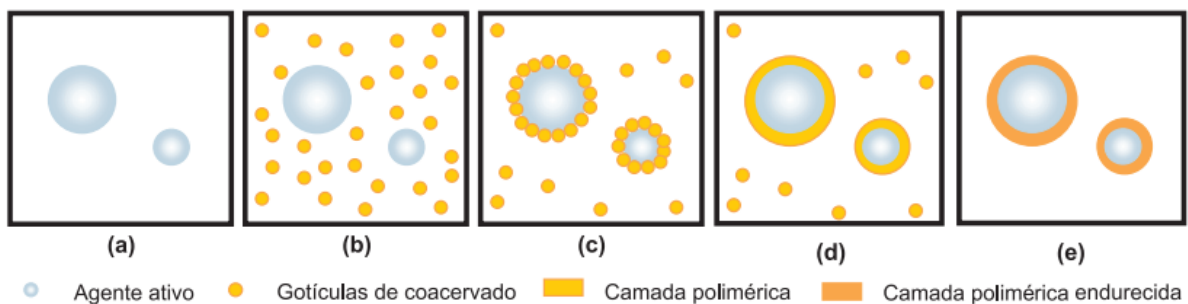
Fonte: Adaptado de Cao *et al.* (2000, p. 4)

A liofilização é um processo de desidratação e pode ser aplicado a quase todos os materiais sensíveis ao calor. Essa operação é baseada na sublimação da água contida na amostra. O material a ser encapsulado é congelado e, em seguida, a pressão do sistema é reduzida a valores menores que 0,006 bar e é adicionado calor suficiente para permitir que a água

congelada no material sublima da fase sólida para a gasosa. A estrutura do material liofilizado geralmente é mais porosa do que os produtos obtidos por *spray drying*, por exemplo, mas essa técnica tem a capacidade de melhorar a estabilidade e facilitar o manuseio do produto final (FANG; BHANDARI, 2010; MORAIS *et al.*, 2016).

A técnica de coacervação é a mais antiga e pode-se dizer que a mais utilizada para encapsulação de óleos, óleos essenciais e flavorizantes. O conceito dessa técnica, que pode ser simples ou complexa, é o fenômeno de agregação macromolecular que forma um sistema coloidal em que existe duas fases líquidas: uma rica, chamada de coacervado, e a outra pobre em coloides, denominada sobrenadante. Após esse processo, podem ser adicionados os agentes reticulantes, formando o que é chamado de hidrogel. A separação de fases na técnica de coacervação simples consiste na evaporação de um solvente aquoso de um hidrocoloide, na adição de um outro solvente não eletrolítico (por exemplo, o álcool), no qual o hidrocoloide é insolúvel e na adição de um eletrólito para causar o fenômeno denominado “*salting out*”, ligação cruzada ou alteração do pH. Já a coacervação complexa consiste na combinação de duas soluções hidrocoloides com cargas elétricas opostas, causando interação e precipitação de polímeros complexos (VILA JATO, 1999; LEIMANN, 2008; MAIA; PORTE; SOUZA, 2000). A Figura 8 exemplifica as etapas da microencapsulação por coacervação.

Figura 8 - Representação esquemática das etapas do processo de coacervação



Fonte: Adaptado de Vila Jato (1999, p. 109)

A escolha do método de encapsulação depende de uma série de fatores como: aplicação do produto, mecanismos desejados para a liberação do composto encapsulado, propriedades físicas e químicas do núcleo e do material de parede, escala de produção o custo envolvido (AZEREDO, 2005).

### 3.1 Bibliometria

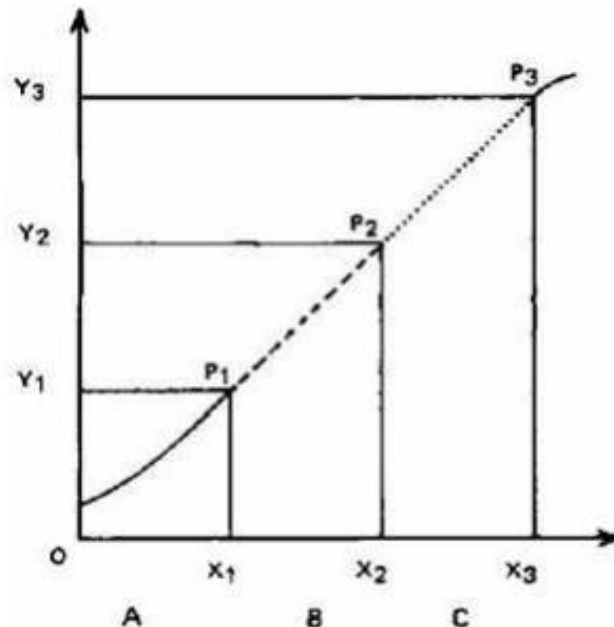
Para realizar a análise de artigos, teses e dissertações referentes aos temas citados anteriormente, pode ser utilizadas diversas metodologias. Como exemplo, pode ser citada a bibliometria. O termo bibliometria se refere a um conjunto de leis e princípios empíricos que contribuem para estabelecer as bases da Ciência da Informação. O termo *estatistical bibliography* foi usado pela primeira vez em 1922 por E. Wyndham Hulme, com a conotação de esclarecimento de processos científicos e tecnológicos, por meio da contagem de documentos, antes mesmo da existência da área de Ciência da Informação. Após, o termo entrou em desuso por alguns anos, e menciona-se que existia um consenso entre autores e pesquisadores dedicados ao assunto de que o termo não era de todo satisfatório. Então, *estatistical bibliography* foi substituído por *bibliometrics*, em português Bibliometria (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

De acordo com Araújo (2006) a bibliometria foi inicialmente utilizada para a medida de livros, para quantificar edições e exemplares, quantidade de palavras presentes e outras estatísticas relacionadas à indústria literária. Aos poucos, esse estudo foi se voltando para outros formatos de publicações bibliográficas, como artigos de periódicos científicos, para depois ocupar-se também do estudo de citações e da produtividade de autores.

A bibliometria possui três leis básicas: Lei de Lotka, Lei de Brandford e Lei de Zipf. A Lei de Lotka se refere a produtividade de autores e é conhecida como Lei do Quadrado Inverso, já que parte da premissa de que o número de autores que tenham publicado exatamente  $n$  trabalhos é inversamente proporcional a  $n^2$ , ou seja, um número restrito de autores produz muito em determinada área do conhecimento, enquanto um grande volume de pesquisadores produz pouco. Essa Lei estabelece que uma área será mais produtiva quanto mais os seus pesquisadores produzirem ao longo de suas carreiras. A Lei de Zipf, ou Lei do Menor Esforço, está relacionada com a frequência na qual as palavras aparecem em vários textos. Meadows (1999) explica que as palavras com maior frequência de citação são também as mais curtas, já que palavras mais longas são difíceis de serem absorvidas. Como exemplo, o autor cita a palavra DNA, em comparação com *ácido desoxirribonucleico*. Ao utilizar a primeira palavra, o pesquisador poupa esforço do leitor. A terceira lei, chamada Lei de Bradford, incide sobre conjunto de periódicos e permite estimar o grau de relevância de periódicos que atuam sobre áreas do conhecimento específicas. Bradford, em 1934, percebeu que em uma coleção de periódicos sobre geofísica, existia sempre um menor número de publicações relacionadas de maneira próxima ao assunto e um núcleo maior relacionado de maneira estreita, sendo que o número de periódicos em cada zona aumenta, enquanto a produtividade diminui. Assim, se uma grande coleção de periódicos for ordenada de maneira decrescente em relação a ordem de

produtividade, três zonas aparecem, cada uma contendo 1/3 do total de artigos relevantes, como pode ser observado na Figura 9 (JUNIOR *et al.*, 2016; FERREIRA, 2010; ARAÚJO, 2006):

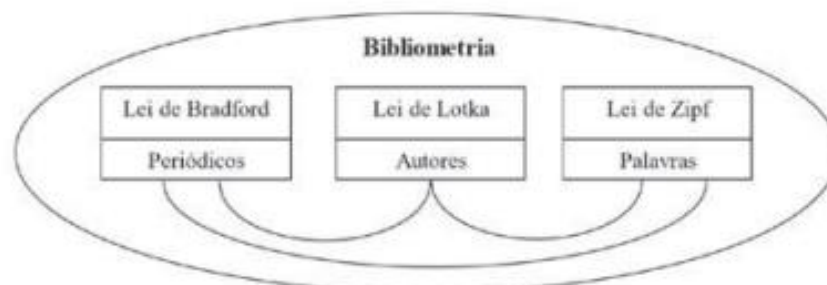
Figura 9 - Lei de Bradford



Fonte: Pinheiro (1983, p. 63)

A zona A do gráfico corresponde à concentração, a zona B à produtividade média e a zona C compreende os periódicos de baixa produtividade (PINHEIRO, 1983). Para representar a bibliometria e suas principais Leis, pode ser utilizado o diagrama da Figura 10.

Figura 10 - Bibliometria e suas Leis



Fonte: Adaptada de Guedes e Borschiver (2005)

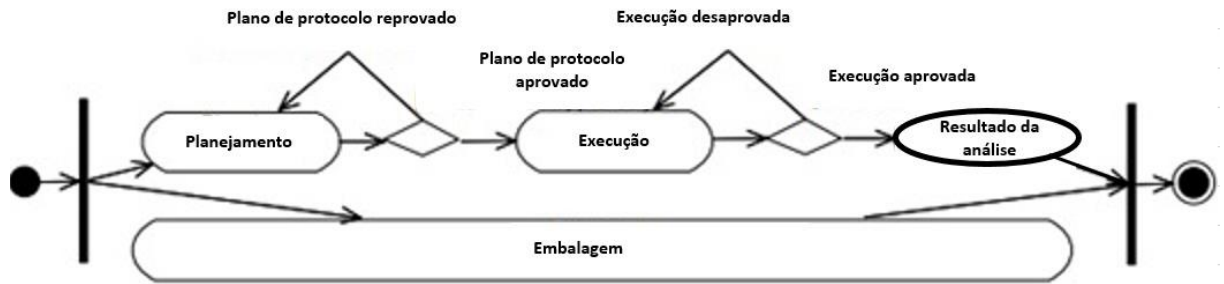
### 3.2 Revisão sistemática

De acordo com Biolchini *et al.* (2005) a revisão bibliográfica sistemática é uma metodologia de pesquisa que possui etapas bem definidas, planejadas e de acordo com protocolos e objetivos previamente estabelecidos. Essa abordagem é construída em torno de um assunto central, considerado o “coração da investigação”, e que é representado utilizando conceitos e termos específicos. Os passos da metodologia, a estratégia, o foco das questões devem estar explicitamente definidos, para que outros profissionais possam reproduzir o mesmo protocolo e serem capazes de julgar os padrões escolhidos em cada caso.

Dentre as características da revisão sistemática, Iritani *et al.* (2015) destacam: a definição da estratégia de revisão durante a fase de planejamento, avaliação crítica dos estudos, documentação das atividades e resultados, capacidade de síntese dos estudos escolhidos, busca abrangente sobre o assunto, critérios de qualificação reproduzíveis e claros para a seleção dos estudos.

As etapas principais da revisão bibliográfica sistemática propostas por Bolchini *et al.* (2005) são: planejamento, execução e análise dos resultados. Um esquema dessas etapas pode ser observado na Figura 11. A primeira fase da pesquisa começa com o planejamento, onde os objetivos da pesquisa são listados e o protocolo é definido. Durante a identificação da necessidade de revisão, os objetivos da pesquisa são definidos. Já o protocolo é composto pelos objetivos da revisão e pelos métodos e procedimentos a serem utilizados na revisão sistemáticos, como: seleção da base de dados, definição do idioma, procedimentos para extração de dados e seleção do método para análise dos resultados. A fase de execução envolve os estudos primários de identificação, seleção e avaliação em acordo com o critério de inclusão ou exclusão estabelecido no protocolo. Uma vez que os estudos são selecionados, dados dos artigos são extraídos e sintetizados durante a fase de análise. Durante o tempo em que as fases são executadas, os resultados devem ser armazenados. Entre as etapas são previstos dois pontos de avaliação que visam aprovar ou desaprovar as atividades e resultados obtidos. Primeiro, antes de executar a revisão sistemática, para garantir que o planejamento está adequado. O protocolo deve ser avaliado e, se forem encontrados problemas, o pesquisador deve retornar à fase de planejamento para revisá-lo. Similarmente, se problemas relacionados ao mecanismo de pesquisa forem encontrados durante a fase de execução, a revisão sistemática deve ser executada novamente (BIOLCHINNI *et al.*, 2005; IRITANI *et al.*, 2015).

Figura 11 - Processo de revisão sistemática



Fonte: Biolchini (2005, p. 10)

É necessário citar que os estágios listados acima aparentam ser sequenciais, mas é importante reconhecer que várias etapas demandam interações. Em particular, muitas atividades são iniciadas durante o desenvolvimento do protocolo, e refinadas quando a revisão em si é iniciada (BIOLCHINNI *et al.*, 2005)

## 4 METODOLOGIA

Nessa seção será apresentada a metodologia que foi empregada para a revisão bibliográfica sistemática da literatura sobre os temas selecionados.

### 4.1 Método de pesquisa

Para realizar a revisão foi utilizado o método proposto por Khan *et al.* (2003), que utiliza cinco passos principais:

- Os objetivos foram definidos de forma clara, sem ambiguidades e foram realizados questionamentos antes do trabalho ser iniciado. Assim que as questões foram definidas e o protocolo realizado, o trabalho de revisão teve início;
- No segundo estágio, foi realizada uma pesquisa extensiva sem restrições de linguagem em bases eletrônicas. Nesse passo, foram definidos os critérios de inclusão e exclusão dos artigos;
- No terceiro estágio, os estudos selecionados foram submetidos à uma avaliação refinada sobre os temas escolhidos, para restarem apenas os que estivessem de acordo com os objetivos;
- Durante o quarto estágio, os artigos selecionados foram agrupados e os dados sintetizados;
- No último estágio foi realizada a interpretação dos dados, de acordo com a pergunta norteadora do primeiro passo.

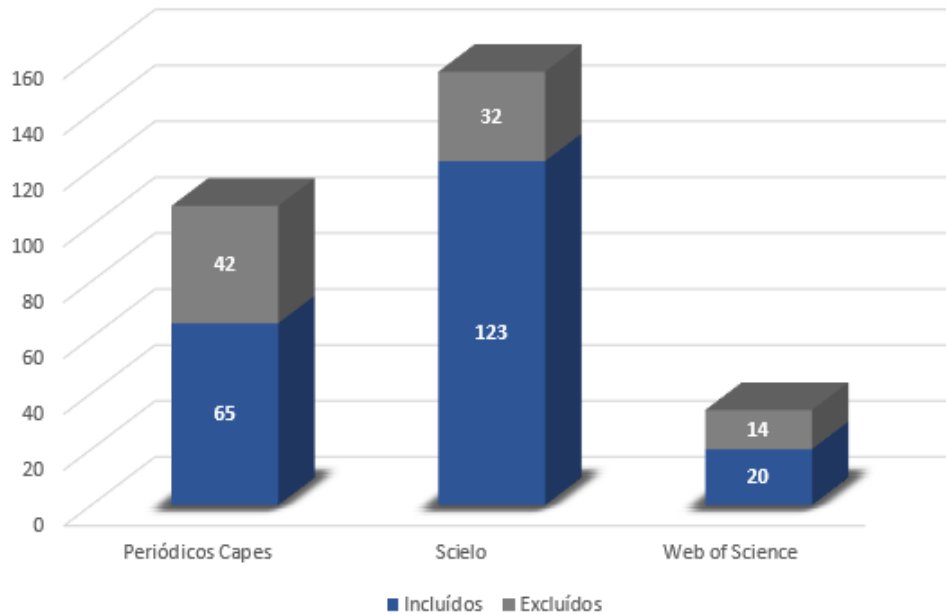
Com relação às bases de dados escolhidas, foram utilizados os *sites* das bases de dados do Scielo, Portal de Periódicos da Capes e *Web of Science*. As palavras-chave pesquisadas foram: *microencapsulation* e *extract*. Foram elegíveis para inclusão na revisão bibliográfica os estudos publicados de 2016 até 2020 e que avaliassem a aplicação das metodologias de microencapsulação em extratos vegetais. Foram excluídos os artigos relacionados a microencapsulação de probióticos, óleos vegetais e fármacos, além dos artigos que não abordassem os desfechos de interesse. Também foram eliminados aqueles sem possibilidade de acesso.

Inicialmente, foi realizada uma análise dos títulos dos trabalhos, na qual todos os títulos que atenderam os requisitos de inclusão foram pré-selecionados e integralmente lidos. Com o



propósito de facilitar o acesso aos artigos, foi construída uma planilha contendo as publicações, seus autores, o ano de publicação, o extrato utilizado, método de encapsulação e resultados obtidos. Na Figura 12 é possível observar os dados obtidos a partir da pesquisa inicial, com a amostragem dos trabalhos pré-selecionados e a quantidade excluída da base de dados.

Figura 12 - Artigos incluídos e excluídos na pré-seleção



Fonte: Autora (2021).

Após, os artigos pré-selecionados foram lidos e finalmente foram selecionados os trabalhos que se enquadravam na proposta desse trabalho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir da revisão da literatura.

### 5.1 Métodos de encapsulação e compostos bioativos presentes nas microcápsulas

Jordán-Suárez, Glorio-Paulet e Vidal (2021) estudaram a otimização do processo de microencapsulação do extrato hidroetanólico das folhas de graviola, avaliando os parâmetros das técnicas de liofilização e *spray drying* por um planejamento fatorial (2<sup>3</sup>). Os autores encontraram diferenças consideráveis na morfologia das microcápsulas obtidas, onde aquelas obtidas a partir de *spray drying* utilizando como agente de parede tanto a maltodextrina quanto goma arábica, exibiram um formato esférico e de tamanhos heterogêneos, o que é característico dessa técnica. Já as microcápsulas formadas a partir do processo de liofilização apresentaram comportamentos diferentes em relação ao agente de parede utilizado. Quando utilizada a goma arábica, as micropartículas exibiram uma estrutura porosa de rede, enquanto as partículas com maltodextrina demonstraram uma estrutura em forma de flocos. Essa tendência é explicada porque durante a liofilização, o suporte estrutural oferecido pela água desaparece após a sublimação, e o agente encapsulante emerge como uma matriz porosa. De acordo com Man, Irwandi e Abdullah (1999), as condições de vácuo e temperaturas baixas utilizadas na liofilização exercem pressão sobre as partículas, e conseqüentemente, o conteúdo de umidade de microcápsulas obtidas por liofilização é menor do que os pós obtidos por *spray drying*.

Em relação à eficiência de microencapsulação, os mesmos autores reportaram que os tratamentos utilizando o *spray drying* e maltodextrina mostraram maiores teores de compostos fenólicos, 58,9% de até 74,9%, com variação na concentração do agente encapsulante. A partir da condição otimizada (técnica de *spray drying* e maltodextrina com concentração 10%), a capacidade antioxidante dos pós obtidos foi realizada utilizando a metodologia do DPPH, e o resultado foi de  $17,88 \pm 0,86 \mu\text{mol TE/g}$ .

Utilizando a técnica de *spray drying* para o encapsulamento de antocianinas contidas no extrato de bagaço de uva, Valduga *et al.* (2008) produziram pós com teor de antocianinas igual a 160 mg/100g, utilizando maltodextrina como agente encapsulante. Durante os ensaios, os autores perceberam a aderência do pó encapsulado nas paredes da câmara de secagem, gerando perda de material. Esse fato ocorreu nos testes onde foram utilizados volumes maiores de extrato, já que esse contém em sua composição açúcares (frutose e glicose) que podem ser caramelizados. De acordo com os autores, os melhores resultados foram obtidos utilizando-se

uma porcentagem de goma arábica associada à maltodextrina, o que resultou em uma menor perda de material por aderência.

Comparando três agentes encapsulantes, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), caboxipropilmetilcelulose (CMC) e maltodextrina (MD), Souza *et al.* (2011) realizaram a microencapsulação de antocianinas a partir do extrato etanólico do bagaço de mirtilo utilizando a técnica de liofilização. As micropartículas produzidas tiveram estruturas irregulares, formato típico dos pós preparados por liofilização. Com relação ao agente de parede, a formulação utilizando apenas a maltodextrina apresentou melhor retenção de antocianinas (cerca de  $15,82 \pm 0,64$  mg/100g) e o menor tamanho de partícula ( $82,40 \pm 1,94$   $\mu$ m). Também utilizando a liofilização, Souza (2014) obteve micropartículas de antocianinas extraídas do bagaço de produção do suco de jabuticaba, com compostos fenólicos totais iguais a  $169,73 \pm 7,43$  mg<sub>AGE</sub>/100g e teor de antocianinas monoméricas igual a  $8,01 \pm 0,40$  mg/100g, utilizando pectina, proteína isolada de soja e maltodextrina como agentes encapsulantes.

Para realizar a encapsulação de compostos bioativos presentes no extrato de canela, Souza (2016) utilizou o método de coacervação complexa, comparando sistemas utilizando goma arábica, pectina e carragena. Como resultado, obteve teor de compostos fenólicos totais igual a  $124 \pm 8$  mg<sub>ácido gálico</sub>/g e  $86 \pm 6$  % de eficiência de encapsulação, além de um rendimento de cerca de  $91 \pm 6$  %. Já Machado, Almeida e Barreto (2021) obtiveram  $100,32 \pm 0,01$  mg<sub>ácido gálico</sub>/g de compostos fenólicos totais e  $85,33 \pm 0,02$  % de atividade antioxidante para o extrato de propólis encapsulado por coacervação complexa utilizando na mesma proporção a goma xantana e *whey protein* como material de parede.

Almeida *et al.* (2019) realizaram encapsulação da própolis vermelha por duas rotas tecnológicas, *spray drying* e coacervação complexa. Em relação à atividade antioxidante, as microcápsulas obtidas por coacervação utilizando como material de parede goma xantana e isolado de proteína do leite resultaram em pós com 71,62% de atividade antioxidante, em comparação com as obtidas por *spray drying*, que apresentaram cerca de 62,54%. No Quadro 2 são mostrados alguns métodos de microencapsulação mais utilizados na indústria.

Quadro 2 - Métodos usuais de microencapsulação

(continua)

<b>Método</b>	<b>Principais vantagens</b>	<b>Principais desvantagens</b>	<b>Aplicações usuais</b>	<b>Referências</b>
<i>Spray drying</i>	Baixo custo de operação,	Microcápsulas pouco uniformes,	Utilizada na indústria de	Francisco <i>et al.</i> (2020),

	processo com maiores rendimentos, material produzido com alta estabilidade e boa solubilidade, produção em escala industrial.	influência da temperatura de secagem pode resultar em perda de compostos	alimentos, farmacêutica, para encapsulação de probióticos e na indústria química	Monteiro <i>et al.</i> (2020)
Coacervação simples ou complexa	Rapidez, simplicidade, melhor controle do tamanho das partículas,	Aglomerção de partículas, necessidade de controle das concentrações dos reagentes.	Indústria de alimentos, enzimas, vitaminas, medicamentos, proteínas.	Silva (2015), Fuzetti, Cano-Higuita e Nicoletti (2018)
<i>Spray chilling</i>	Método econômico, possibilidade de ampliação de escala.	Baixa capacidade de encapsulação, possibilidade de expulsão do núcleo devido a arranjos característicos de materiais lipídicos,	Indústria de alimentos, vitaminas, probióticos e medicamentos.	Carvalho (2018), Bampi (2015).

Fonte: Autora (2021).

### Quadro 3 - Métodos usuais de microencapsulação

(conclusão)

## 5.2 Aplicações das microcápsulas

São inúmeras as aplicações possíveis para as microcápsulas. Na indústria de alimentos, podem ser utilizadas como corantes, na formulação de alimentos funcionais, e através de suas propriedades de liberação controlada finamente ajustadas, deixam de ser apenas aditivos a uma

formulação alimentícia, e se tornam uma fonte para ingredientes totalmente novos com propriedades únicas (DESAI; PARK, 2005).

De acordo com Silva (2013), as micropartículas podem estar presentes nos ingredientes utilizados para a formulação do alimento ou podem ser formadas durante seu processamento. Os principais interesses industriais são atribuídos a encapsulação de aromas, lipídios, corantes, agentes antioxidantes, microrganismos, ingredientes ativos de matrizes vegetais, óleos, entre outros.

Martins *et al.* (2014) incorporaram o extrato de framboesa preta em iogurtes naturais, como fonte nutracêutica. Os autores realizaram testes em amostras com apenas o iogurte puro, uma mistura do iogurte com o extrato incorporado, e por último uma amostra com iogurte e as microcápsulas do extrato incorporadas. De acordo com os resultados, o iogurte as microencápsulas demonstrou melhor preservação da atividade antioxidante do extrato, onde após 3 dias as amostras que receberam apenas o extrato apresentaram  $49,88 \pm 0,49\%$  de atividade antioxidante, e aquelas que receberam as microcápsulas obtiveram uma resposta de  $85,15 \pm 1,71\%$ . Também visando a incorporação de microcápsulas em iogurtes, Krigger (2019) obteve pigmentos extraídos da polpa e da casca da pitaya e encapsulados utilizando *spray dryer* e maltodextrina como agente de parede. De acordo com a autora, não houve mudanças significativas de coloração dos alimentos após 21 dias de armazenamento, demonstrando a estabilidade do corante obtido.

Ainda, utilizando betalaínas extraídas da casca da pitaya vermelha, Rebouças (2019) liofilizou o extrato para obter microcápsulas e aplicá-las em sorvete com sabor de morango, aproveitando a coloração roxo-avermelhada do composto como corante natural. Durante o período de armazenamento de 120 dias, o sorvete com o corante não apresentou diferenças significativas de coloração, possuindo potencial para ser utilizado na indústria de sorvetes.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A desenvolvimento desse trabalho foi desenvolvido utilizando a metodologia da revisão sistemática, com passos definidos e etapas claras, bem como o objetivo do trabalho.

Pôde-se observar que a eficiência de encapsulação depende das características do composto ativo, do tipo de agente encapsulante, bem como da afinidade entre eles. Além disso, as diversas maneiras de calcular essa eficiência também podem mascarar a comparação.

Foi possível observar que algumas técnicas são mais utilizadas, seja por facilidade de obtenção dos materiais, ou por obterem maiores rendimentos. Também se leva em consideração metodologias que não causem degradação aos compostos dos extratos vegetais. Sobre as aplicações das microcápsulas, foi possível identificar a importância desse método na indústria de alimentos e a crescente utilização dessa tecnologia, além da busca de novos materiais para auxiliar nas técnicas e na formação das microcápsulas, particularmente no desenvolvimento de alimentos funcionais e saudáveis.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernanda Almeida de et al. **Encapsulação da própolis vermelha por duas rotas tecnológicas, coacervação complexa e spray dryer**. V SIINTEC, Salvador. 2019.

AVILA, Luisa Bataglin *et al.* Extração de compostos bioativos da casca da jabuticaba (*plinia cauliflora*) liofilizada: análise da influência da temperatura de extração e pH do solvente. *In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS ENEMP 2019*, 2019, Belém. Anais eletrônicos. Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/enemp-2019/papers/extracao-de-compostos-bioativos-da-casca-da-jabuticaba--plinia-cauliflora--liofilizada--analise-da-influencia-da-tempera>. Acesso em: 03 dez. 2019.

ALBUQUERQUE, Luiz Roberto Marques. **Efeito da temperatura do ar de secagem e dos agentes encapsulantes no microencapsulamento de óleo de laranja em leite de jorro e em secador por atomização**. 2002. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Curso de Ciência de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Seropédica, 2002. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/tede/422/1/2002%20-%20Luiz%20Roberto%20Marques%20Albuquerque.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. Compostos fenólicos em alimentos: Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p.1-9, jan. 2007. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=497792&indexSearch=ID>. Acesso em: 09 out. 2019.

ARSHADY, R.. Microcapsules for food. **Journal Of Microencapsulation**, Londres, v. 10, n. 4, p.413-435, jan. 1993. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02652049309015320>. Acesso em: 20 out. 2019.

ARSHADY, R.. Microcapsules for food. **Journal Of Microencapsulation**, Londres, v. 10, n. 4, p.413-435, jan. 1993. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/02652049309015320>. Acesso em: 20 out. 2019.

ASCHERI, Diego Palmiro Ramirez et al. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.325-335, jun. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000200015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000200015). Acesso em: 15 out. 2019.

ASCHERI, Diego Palmiro Ramirez; ASCHERI, José Luis Ramírez; CARVALHO, Carlos Wanderlei Piller de. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p.897-905, dez. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000400029](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000400029). Acesso em: 02 set. 2019.

AZEREDO, Henriette Monteiro Cordeiro de. Encapsulação: Aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Fortaleza, v. 16, n. 1, p.89-97, mar. 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/49599704\\_Encapsulacao\\_Aplicacao\\_a\\_tecnologia\\_de\\_alimentos](https://www.researchgate.net/publication/49599704_Encapsulacao_Aplicacao_a_tecnologia_de_alimentos). Acesso em: 26 set. 2019.

AZMIR, Jannatul et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. **Journal Of Food Engineering**, Amsterdã, v. 117, n. 4, p.426-436, ago. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877413000277#!>. Acesso em: 13 out. 2019.

BAMPI, Gabriel Bonetto. **Microencapsulação de probióticos por spray chilling e aplicação em barra de cereal salgada**. 2015. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai, Erechim, 2015

BENELLI, Lucimara; OLIVEIRA, Wanderley Pereira. Propriedades físicas e velocidade mínima de fluidização de partículas sementes empregadas em processos de aglomeração de produtos farmacêuticos e alimentícios. **Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**, São Carlos, v. 2, n. 1, p.347-356, out. 2015. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/propriedades-fsicas-e-velocidade-mnima-de-fluidizao-de-partculas-sementes-empregadas-em-processos-de-aglomerao-de-produtos-farmacuticos-e-alimentcios-20621>. Acesso em: 25 nov. 2019.

BOSS, Edinara Adelaide. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Programa de Desenvolvimento de Processos Químicos, Campinas, 2004. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/266525>. Acesso em: 06 out. 2019.

BRAGA, Matheus Boeira. **Obtenção de mistura leite-amora preta em pó por secagem em leito de jorro**. 2014. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/266073>. Acesso em: 24 nov. 2019.

BRAND-WILLIAMS, Wendy; CUVELIER, Marie-elisabeth; BERSET, Claudette. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.25-30, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643895800085#!>. Acesso em: 20 out. 2019.

BRASILEIRO, Joana Sofia Lima. **Microencapsulação de compostos bioativos: inovação em diferentes áreas**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Curso de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2011. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/bitstream>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BURITI, Mateus de Souza. **Extração de compostos bioativos da carnaúba (Copernicia prunifera) através de CO<sub>2</sub> supercrítico**. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

CAO, X.Q et al. 2000. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. **Journal of the European Ceramic Society** 20, 2433–2439. 2000.



CARRATÙ, B.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Annali Istituto Superiore Sanità**, v. 41, n. 1, p. 7-16, 2005.

CARMONA-JIMÉNEZ, Yolanda et al. Simplification of the DPPH assay for estimating the antioxidant activity of wine and wine by-products. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 165, p.198-204, dez. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25038667>. Acesso em: 26 nov. 2019.

CARVALHO, Marlon Thiago De; BERGAMASCO, Rosângela; GOMES, Raquel Guttierrez. Métodos de extração de compostos bioativos: aproveitamento de subprodutos na agroindústria. **Revista Uningá Review**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 66 - 84, mar. 2018. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1534>. Acesso em: 19 set. 2021.

CHAMPAGNE, Claude; FUSTIER, Patrick. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. **Current Opinion In Biotechnology**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.184-190, abr. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958166907000328#!>. Acesso em: 19 out. 2019.

COELHO, Aline Guadalupe. **Estudo da degradação térmica de antocianinas de extratos de uva (*Vitis vinifera* L. 'Brasil') e jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de Química, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Programa de Pós-Graduação em Química, Campinas, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/250071>. Acesso em: 06 out. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Programa brasileiro de modernização do mercado hortigranjeiro. Disponível em: <http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>>. Acesso em: 24 set 2018.

CORBIN, Cyrielle et al. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds. **Ultrasonics Sonochemistry**, 26, 176–185. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25753491/> Acesso em: 19 set. 2021

COSTA, Rosilene Gomes. **Secagem de polpa de açaí em leito de jorro: influência das variáveis operacionais no desempenho do processo e na qualidade do produto**. 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/305520>. Acesso em: 24 nov. 2019.

COSTA, Tamiris Pacheco da. **Avaliação da fluidodinâmica e do recobrimento de grânulos de ureia em leito de jorro para minimizar as perdas de nitrogênio**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Bagé, 2015. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/1417>. Acesso em: 30 nov. 2019.

CREMASCO, M. A. Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. São Paulo: Blucher, 2012.

CROZIER, Alan; JAGANATH, Indu; CLIFFORD, Michael. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability, and effects on health. **Natural Product Reports**, [s.l.], v. 26, n. 8, p.1001-1043, mar. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19636448>. Acesso em: 12 out. 2019.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, London, v. 23, n. 7, p. 1361-1394, 2005.

DUBEY, Rama; SHAMI, T. C.; RAO, K. U. Bhasker. Microencapsulation technology and applications. **Defense Science Journal**, S.L., v. 59, n. 1, p. 82-95, jan. 2009.

FANG, Zhongxiang; BHANDARI, Bhesh. Encapsulation of polyphenols: a review. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 21, n. 10, p.510-523, out. 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/222615237\\_Encapsulation\\_of\\_polyphenols\\_-\\_a\\_review\\_Trends\\_Food\\_Sci\\_Technol](https://www.researchgate.net/publication/222615237_Encapsulation_of_polyphenols_-_a_review_Trends_Food_Sci_Technol). Acesso em: 12 nov. 2019.

FERRACINI, Luana dos Anjos. **Microencapsulação e avaliação da estabilidade do corante natural extraído da casca da jaboticaba (*Myrciaria spp.*) para aplicação em alimentos**. 2015. 44 f. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Curso de Engenharia de Alimentos, Centro Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5031>. Acesso em: 02 set. 2019.

FERREIRA, Camila Duarte. **Azeite de dendê microencapsulado: uma alternativa para preservação de compostos bioativos**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Curso de Farmácia, Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Salvador, 2015. Disponível em: [http://www.pgalimentos.far.ufba.br/sites/pgalimentos.far.ufba.br/files/dissertacao\\_camila\\_duarte.pdf](http://www.pgalimentos.far.ufba.br/sites/pgalimentos.far.ufba.br/files/dissertacao_camila_duarte.pdf). Acesso em: 21 nov. 2019.

FUZETTI, Caroline Gregoli; CANO-HIGUITA, Diana Maria; NICOLETTI, Vânia Regina. MICROENCAPSULAÇÃO POR COACERVAÇÃO COMPLEXA DE EXTRATO DE BETALAÍNA MICROEMULSIONADO. In: VI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2018, São José do Rio Preto. **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/seca/seca-2018/trabalhos/microencapsulacao-por-coacervacao-complexa-de-extrato-de-betalaina-microemulsionado>>. Acesso em: 27 set. 2021.

FRANCIS, F. J.. Analysis of Anthocyanins. In: FRANCIS, F. J.. **Anthocyanins as food colors**. East Lansing: Elsevier, 1982. Cap. 7. p. 181-207. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780124725508/anthocyanins-as-food-colors>. Acesso em: 20 out. 2019.

FRANCISCO, Cristhian Rafael Lopes et al. Plant proteins at low concentrations as natural emulsifiers for an effective orange essential oil microencapsulation by spray drying. **Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S.L.], v. 607, p. 125470, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775720310633> Acesso em: 26 set. 2021.

GELDART, Derek. Types of gas fluidization. **Powder Technology**, Amsterdã, v. 7, n. 5, p.285-292, maio 1973. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0032591073800373#!>. Acesso em: 25 nov. 2019.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport Processes and Separation Process Principles**. 4. ed, 2011.

GHILARDI, Júlia; SILVA, Valdirene; PAGANUCCI, Caroline. XXV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2018, Vale do Paraíba. **Encapsulamento de compostos orgânicos para a aplicação em cosmético antiidade**. Vale do Paraíba: Anais do Evento, 2018.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 466 p.

HAMMAMI, Chokri; RENÉ, Frédéric. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 32, n. 2, p.133-154, mai. 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087749700023X>. Acesso em: 08 out. 2019.

HORST, Bethânia Luiza. **Microencapsulação do corante natural antocianina em matriz polimérica de quitosana e quitosana/alginato através das técnicas de impregnação, coacervação e spray drying**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Química, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92280>. Acesso em: 17 nov. 2019.

JAFARI, Seid Mahdi et al. Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying. **Food Research International**, Amsterdã, v. 41, n. 2, p.172-183, jan. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996907001925>. Acesso em: 19 nov. 2019.

JUSTI, Priscilla Narciso; SANJINEZ-ARGANDOÑA, Eliana Janet; MACEDO, Maria Lígia Rodrigues. Microencapsulation of pequi pulp oil by complex coacervation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, p.1-11, 26 abr. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452018000200904](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452018000200904). Acesso em: 19 nov. 2019.

KO, Min-Jung, CHEIGH, Chan-Ick, CHUNG, Myong-Soo. Relationship analysis between flavonoids structure and subcritical water extraction (SWE). **Food Chemistry**, 143, 147–155. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24054224/> Acesso em: 19 set. 2021.

KRIGGER, Sheila Pereira. **Obtenção e aplicação de microcápsulas de betalaínas extraídas da pitaya vermelha como corante natural em iogurtes e avaliação da estabilidade através de imagens digitais**. 2019. 49 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Industrial, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

KRIS-ETHERTON, Penny et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal Of Medicine**, Amsterdã, v. 113, n. 9, p.71-88, dez. 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12566142>. Acesso em: 12 set. 2019.

KULISIC, Tea et al. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 85, n. 4, p.633-640, mai. 2004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814603003741#!>. Acesso em: 15 out. 2019.

KUSKOSKI, Eugenia Marta et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1283-1287, ago. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000400037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000400037). Acesso em: 25 nov. 2019.

LEIMANN, Fernanda Vitória. **Microencapsulação do óleo essencial de capim limão utilizando o processo de coacervação simples**. 2008. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LEITE-LEGATTI, Alice Vieira et al. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**, [s.l.], v. 49, n. 1, p.596-603, nov. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912002888>. Acesso em: 12 out. 2019.

LIMA, Annete de Jesus Boari et al. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Sucre, v. 58, n. 4, p.416-421, dez. 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262661021\\_Caracterizacao\\_quimica\\_do\\_fruto\\_jaboticaba\\_Myrciaria\\_cauliflora\\_Berg\\_e\\_de\\_suas\\_fracoes](https://www.researchgate.net/publication/262661021_Caracterizacao_quimica_do_fruto_jaboticaba_Myrciaria_cauliflora_Berg_e_de_suas_fracoes). Acesso em: 11/10/2019

LIMA, Fernando Freitas de. **Microencapsulação do óleo de bacuri por coacervação complexa: Obtenção, caracterização e avaliação biológica**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Dourado, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325146399\\_Microencapsulacao\\_do\\_oleo\\_de\\_bacuri\\_por\\_Coacervacao\\_Complexa\\_Obtencao\\_caracterizacao\\_e\\_avaliacao\\_biolologica](https://www.researchgate.net/publication/325146399_Microencapsulacao_do_oleo_de_bacuri_por_Coacervacao_Complexa_Obtencao_caracterizacao_e_avaliacao_biolologica). Acesso em: 20 ago. 2019.

LIMA, Jacinete Pereira. **Secagem por liofilização e convecção do fruto da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)**. 2018. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Campina Grande, 2018. Disponível em: <[https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_11/2018-12-20-10-34-55Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Gleyce%20Kelle%20vers%C3%A3o%20final%201.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_11/2018-12-20-10-34-55Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Gleyce%20Kelle%20vers%C3%A3o%20final%201.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2018.

LIMA, Vera Lúcia Arroxelas de; MÉLO, Enayde de Almeida; LIMA, Daisyvângela da Silva. Efeito da luz e da temperatura de congelamento sobre a estabilidade das antocianinas da pitanga roxa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p.92-94, mar. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612005000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000100015). Acesso em: 11 out. 2019.

MACHADO, Bruna Aparecida de Souza; ALMEIDA, Fernanda Almeida de; BARRETO, Gabriele de Abreu. ENCONTRO NACIONAL DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO EM SAÕDE, 2021, [S.L]. **Análise da estabilidade do extrato de própolis encapsulado por**

**coacervação complexa.** [S.L.]: Eneis, 2021. Disponível em:

<https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-e0c299776f4075307fddafd0292a048d6a5da7f0-arquivo.pdf>. Acesso em: 24 set. 2021.

MACHADO, Elizandra Echevarria. **Beneficiamento de sementes de cornichão (*Lotus corniculatus* L.) através de recobrimento em leite de jorro.** 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Bagé, 2017. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/rii/2429>. Acesso em: 30 nov. 2019.

MACHRY, Karine. **Secagem da casca de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) e quantificação de compostos bioativos.** 2018. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2018.

MADENE, Atmane et al. Flavour encapsulation and controlled release: a review. **International Journal Of Food Science And Technology**, Vandoeuvre-lès-nancy Cedex, p.1-21, dez. 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MAHFOUDHI, Nesrine; KSOURI, Riadh; HAMDY, Salem. **Emulsions: Nanotechnology in the Agri-Food Industry.** 3. ed. Amsterdã: Elsevier, 2016. 768 p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128043066000118>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MAIA, Luciana Helena; PORTE, Alexandre; SOUZA, Valéria França de. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 105-128, jan./jun. 2000.

MAN, Y. B. Che; IRWANDI, J; ABDULLAH, W. J. W.. Effect of different types of maltodextrin and drying methods on physico-chemical and sensory properties of encapsulated durian flavour. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 79, n. 8, p. 1075-1080, jun. 1999. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199906\)79:8%3C1075::AID-JSFA329%3E3.0.CO;2-Q](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1097-0010(199906)79:8%3C1075::AID-JSFA329%3E3.0.CO;2-Q). Acesso em 24 set. 2021.

MARRETO, Ricardo Neves. **Estudo da técnica de leite de jorro convencional para a secagem de microcápsulas de caseína e pectina.** 2006. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Ribeirão Preto, 2006. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde-16012007-150406/publico/Ricardo\\_Neves\\_Marreto.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde-16012007-150406/publico/Ricardo_Neves_Marreto.pdf). Acesso em: 20 nov. 2019.

MARTINS, Ana *et al.*. Phenolic extracts of *Rubus ulmifolius* Schott flowers: characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources. **Food Funct.**, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 1091-1100, ago. 2014. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c3fo60721f>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24686891/>. Acesso em: 25 set. 2021.

MATHUR, K. B.; EPSTEIN, N. Spouted beds. New York: Academic Press, 1974.

MAZZA, Giuseppe Joe; BROUILLARD, Raymond. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, Amsterdã, v. 25, n. 3, p.207-225, jan.

1987. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814687901476#!>. Acesso em: 08 out. 2019.

MAZZA, Karen Elbert Leal. **Extração assistida por ultrassom e microencapsulação por spray drying de compostos fenólicos do bagaço de uva**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1077667?locale=en>. Acesso em: 09 out. 2019.

MELO, Enayde de Almeida et al. Atividade antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L. ). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 23, n. 4, p.195-199, dez. 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612003000400036&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612003000400036&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 26 nov. 2019.

MENDES, Luana Guabiraba. **Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro como material de parede**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83146>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

MEREGALLI, Monalise Marcante. **Estudo comparativo de diferentes métodos de extração de compostos bioativos da casca do araçá-vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine)**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) – Curso de Engenharia de Alimentos, Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Erechim, 2017. Disponível em: [http://www.uricer.edu.br/cursos/arq\\_trabalhos\\_usuario/3425.pdf](http://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/3425.pdf). Acesso em: 05 out. 2019.

MIGUEL, Ana Carolina Almeida; ALBERTINI, Silvana; SPOTO, Marta Helena Fillet. Cinética da degradação de geleia de morango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p.142-147, jan./mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n1/v29n1a22.pdf>. Acesso em: 09 out. 2019.

MIRANDA, Bruna Melo. **Extração de bioativos da casca de jaboticaba: pectina e antocianinas**. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9418>. Acesso em: 06 out. 2019.

MONTEIRO, Shênia Santos et al. Production of Probiotic Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) Drink Using *Lactobacillus reuteri* and Microencapsulation via Spray Drying. **Foods**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 335, 12 mar. 2020.

MORAIS, A. R. V.; ALENCAR, É. N.; XAVIER JÚNIOR, F. H.; OLIVEIRA, C. M.; MARCELINO, H. R.; BARRATT, G.; FESSI, H.; EGITO, E. S. T.; ELAISSARI, A. Freezedrying of emulsified systems: A review. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 503, p. 102-114, 2016.

NEVES, Nathália de Andrade. **Compostos fitoquímicos e bioativos em diferentes espécies, em licor e fermentado de jaboticaba (*Plinia Jaboticada* (DC) Berg)**. 2016. 92 f. Tese

(Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9886>. Acesso em: 05 out. 2019.

OZELA, Eliana Ferreira. **Caracterização de flavonoides e estabilidade de pigmentos de frutos de bertalha (*Basella rubra* L.)**. 2004. 71 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9040>. Acesso em: 05 out. 2019.

PEREIRA, Daiane. **Desenvolvimento de microcápsulas bioativas de coprodutos de suco e vinho da uva visando sua aplicação como antioxidante natural em patê de carne de frango**. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Pato Branco, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1505>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

PIMENTEL, Lúcio Figueira et al. Nanotecnologia farmacêutica aplicada ao tratamento da malária. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 4, p.503-514, dez. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-93322007000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322007000400003). Acesso em: 17 nov. 2019

RADAELLI, Juliana Cristina et al. Repeatability based on growth behavior of jaboticabeira tree genotypes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, p.1-4, out. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452018000500802](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452018000500802). Acesso em: 17 out. 2019.

RATTI, Cristina. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.311-319, set. 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877400002284#!>. Acesso em: 11 out. 2019.

REBELLO, Flávia de Floriani Pozza. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 1, n. 3, p.134-144, 1 dez. 2009. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/223>. Acesso em: 17 nov. 2019.

REBOUÇAS, Cinthia Regina da Silva. **Aplicação de corante natural obtido do extrato em pó da casca de pitaia em sorvete**. 2019. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ROSA, Jéssica Righi da. **Microencapsulação de compostos antociânicos extraídos do mirtilo (*Vaccinum spp.*) por spray dryer**: Caracterização, estudo da estabilidade e condições gastrointestinais simuladas. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/11348>>. Acesso em: 06 out. 2019.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH”. In: *ISSN*. 2007. p.1679–6535.

SGARBIERI, Valdemiro Carlos. **Proteínas em alimentos proteicos: Propriedades, degradações, modificações.** In: SGARBIERI, Valdemiro Carlos. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517 p. Disponível em:

<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=27902&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SGARBIERI,%20V.%20C.%22&qFacets=autoria:%22SGARBIERI,%20V.%20C.%22&sort=&paginaAtual=1>. Acesso em: 26 nov. 2019

SHIRSATH, S. R., SONAWANE, S. H., GOGATE, P. R.. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations—A review of current status. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, 53, 10–23. 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/257081455\\_Intensification\\_of\\_extraction\\_of\\_natural\\_products\\_using\\_ultrasonic\\_irradiations-A\\_review\\_of\\_current\\_status](https://www.researchgate.net/publication/257081455_Intensification_of_extraction_of_natural_products_using_ultrasonic_irradiations-A_review_of_current_status) Acesso em: 19 set. 2021.

SILVA, Camila; GARCIA, Vitor; FRANCISCATO, Lidiane. Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das cascas de lichia (*ILtchi chinensis sonn.*). Paraná: **Ciências Exatas e Naturais**, v. 18, n. 1, jun. 2016.

SILVA, Catarina et al. Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 39, n. 1, p.1-20, mar. 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-93322003000100002&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-93322003000100002&script=sci_abstract&lng=pt). Acesso em: 17 nov. 2019.

SILVA, Pablo Teixeira da *et al.* Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 1304-1311, jul. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782014000701304&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000701304&lng=en&tlng=en). Acesso em: 09 abr. 2020.

SILVA, Pollyanna Ibrahim et al. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaborcaba (*Myrciaria jaborcaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal Of Food Engineering**, Amsterdã, v. 117, n. 4, p.538-544, ago. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877412005742>. Acesso em: 03 set. 2019.

SILVA, Pollyanna Ibrahim. **Otimização da extração e microencapsulamento de polifenóis e antocianinas da jaboticaba.** 2011. 159 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência de Alimentos, Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa, 2011. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/443>>. Acesso em: 16 out. 2019.

SINGLETON, Vernon; ROSSI, Joseph. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology And Viticulture**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.144-158, jan. 1995. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144.article-info>. Acesso em: 10 out. 2019.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H.C. Introdução à termodinâmica da Engenharia Química. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.



SOUSA, Sonara de França. **Liofilização da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) para obtenção de sucos reconstituídos**. 2018. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Campina Grande, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3521>. Acesso em: 06 out. 2019.

SOUZA, Ana Cardinale Pereira et al. XXIII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2011, Porto Alegre. **Microencapsulação de antocianinas do bagaço de mirtilo por liofilização**. Porto Alegre. 2011.

SOUZA, Ana Cardinale Pereira. **Caracterização e estabilidade de micropartículas de antocianinas extraídas do bagaço da produção do suco de jabuticaba**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SOUZA, Volnei Brito de. **Aproveitamento dos subprodutos de vinificação da uva Bordô (*Vitis labrusca*) para obtenção de pigmentos com propriedades funcionais**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-19042013-084817/publico/ME7487031COR.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SOUZA, Volnei Brito de. **Extração e encapsulação por coacervação complexa das proantocinidinas da canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume)**. 2016. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-12092016-145816/publico/DO7487031COR.pdf> Acesso em: 24 set. 2021.

TEIXEIRA, Luciana Nascimento; STRINGHETA, Paulo César; OLIVEIRA, Fabiano Alves de. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p.297-304, ago. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226703009>. Acesso em: 25 nov. 2019.

TORRES, Carmen de et al. Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. **Analytica Chimica Acta**, [s.l.], v. 660, n. 1-2, p.177-182, fev. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267009013567>. Acesso em: 09 out. 2019.

VALDUGA, Eunice; LIMA, Leandra; PRADO, Roberta do; PADILHA, Francine Ferreira; TREICHEL, Helen. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, out. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/hJNnXS7MLgT5mpJtwN9KKkG/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2021.

VELÁZQUEZ-CONTRERAS, Claudia; OSORIO-REVILLA, Guillermo; GALLARDO-VELÁZQUEZ, Tzayhri. Encapsulation of Orange Essential Oil in a Spout-Fluid Bed Dryer with a Draft Tube on a Bed of Inert Solids. **Drying Technology**, Cidade do México, v. 32, n. 14, p.1718-1726, 15 set. 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2014.924525>. Acesso em: 26 nov. 2019.

VICENTE, Juarez. **Microencapsulação de ômega-3 empregando emulsões simples estabilizadas por biopolímeros.** 2016. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Seropédica, 2016. Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/1791?mode=full>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

VILA JATO, José Luis. *Tecnologia farmacéutica: Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas.* v. 1. Ed. Sintesis Editorial, Madri, Espanha. 1999.

WALSTRA, Peter; WOUTERS, Jan; GEURTS, Tom. **Dairy Science and Technology.** 2. ed. Reino Unido: Taylor & Francis, 2005. 808 p.

ZAGO, Márcio Fernando Cardoso. **Aproveitamento de resíduo agroindustrial de jabuticaba no desenvolvimento de formulação de *cookie* para a alimentação escolar.** 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4343>. Acesso em: 05 out. 2019.