

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente



Dissertação

**MICROENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE MARACUJÁ ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO
DE SUBPRODUTOS DO MARACUJÁ AMARELO (*PASSIFLORA EDULIS*)**

Analu Monalise Aragão Krewer

Araquari, 2023

Analu Monalise Aragão Krewer

**MICROENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE MARACUJÁ ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO
DE SUBPRODUTOS DO MARACUJÁ AMARELO (*PASSIFLORA EDULIS*)**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense para a obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Manoel da Silva

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Mara Cristina Dalmolin

Araquari, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

K92484
m Krewer, Analu Monalise Aragão
MICROENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE MARACUJÁ ATRAVÉS DO
APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DO MARACUJÁ AMARELO
(PASSIFLORA EDULIS) / Analu Monalise Aragão Krewer;
orientador Adalberto Manoel da Silva Silva;
coorientadora Mara Cristina Dalmolin Dalmolin. --
Araquari, 2023.
68 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2023.

Inclui referências.

1. Resíduos. 2. Cascas. 3. Sementes. 4. Agregar. 5.
Microcápsulas. I. Silva, Adalberto Manoel da Silva
, II. Dalmolin, Mara Cristina Dalmolin. III.
Instituto Federal Catarinense. . IV. Título.

ANALU MONALISE ARAGÃO KREWER

**MICROENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE MARACUJÁ ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO
DE SUBPRODUTOS DO MARACUJÁ AMARELO (*PASSIFLORA EDULIS*)**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais) e aprovada em sua forma final pelo curso de Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari*.

autenticação eletrônica na folha de assinaturas

Prof. Adalberto Manoel da Silva, Dr.

Instituição: Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari

Araquari

2023



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 20645/2023 - CCPGTA (11.01.02.31)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 24/11/2023 15:04)

ADALBERTO MANOEL DA SILVA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
GRQUI/ARA (11.01.02.02.01.21)
Matricula: ###511#7

(Assinado digitalmente em 24/11/2023 22:19)

FABRÍCIO MOREIRA SOBREIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
CGES/ARA (11.01.02.39)
Matricula: ###774#6

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **20645**, ano: **2023**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **24/11/2023** e o código de verificação: **f5fe25c883**

Ao meu filho, luz da minha vida, amor infinito:

Pedro

À minha filha, amor e saudade eterna:

Heloísa (in memoriam)

Dedico

Agradecimentos

Ao meu marido, Alex, pelo incentivo e por me dar todo o suporte para que eu pudesse desenvolver este projeto;

À memória do meu pai, Luiz Antônio, falecido em 2010;

À minha mãe, Ana Maria, minha fortaleza, pelo amor, incentivo e força;

À minha irmã Luciana, pelo carinho e amizade;

Ao Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente;

Ao Prof. Dr. Adalberto Manoel da Silva, meu orientador;

À Profa. Dra. Mara Cristina Dalmolin, minha co-orientadora;

Aos técnicos do Laboratório de Química do Instituto Federal Catarinense;

A todos os professores do programa pelos conhecimentos compartilhados;

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus por me permitir chegar até aqui.

***“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação, mas se você não fizer nada, não existirão resultados”
(Mahatma Gandhi).***

Resumo

KREWER, Analu Monalise Aragão. **Microencapsulação do óleo de maracujá através do aproveitamento de subprodutos do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*)**. 2023. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá. Grande parte dessa produção é destinada à indústria de processamento de maracujá que gera uma quantidade significativa de cascas e sementes muitas vezes descartadas de forma inadequada provocando prejuízos ambientais. A casca é rica em pectina, utilizada como gelificante e estabilizante. As sementes são fonte de lipídios ricos em ácidos graxos essenciais. Esse trabalho teve como objetivo o aproveitamento e a agregação de valor de subprodutos da industrialização do maracujá. As cascas de maracujá foram desidratadas e moídas até obtenção de farinha que foi caracterizada quimicamente e utilizada como matéria-prima para extração de pectina. Foram extraídas pectinas de alto grau de esterificação e de baixo grau de esterificação. O maior rendimento da pectina obtida foi de 19%, nas condições de temperatura de 100°C e tempo de 60 minutos, apresentando baixo grau de esterificação (34,28%). As sementes, previamente desidratadas e moídas, tiveram sua composição química determinada, e foram submetidas à extração do óleo em extrator Soxhlet, com rendimento de 27,43%. O óleo da semente de maracujá foi caracterizado através da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas e apresentou 59,9% de ácidos graxos insaturados com predominância do ácido linoleico (ômega 6). A quantidade expressiva de ácidos graxos insaturados encontrados no óleo da semente de maracujá faz com que este óleo seja suscetível à degradação oxidativa. A microencapsulação é uma alternativa utilizada para evitar a exposição do óleo a fatores como oxigênio, luz e altas temperaturas, aumentando a estabilidade de armazenamento. As pectinas extraídas da casca do maracujá foram utilizadas em combinação com o alginato de sódio no desenvolvimento de microcápsulas contendo óleo da semente de maracujá. As formulações apresentaram um rendimento de encapsulação de 71,94 a 85,34%, indicando que a pectina e o alginato foram eficazes como materiais de parede na formação de microcápsulas contendo óleo de maracujá.

Palavras-chave: Resíduos; cascas; sementes; agregar; microcápsulas.

Abstract

KREWER, Analu Monalise Aragão. **Microencapsulation of passion fruit oil through the use of yellow passion fruit by-products (*Passiflora edulis*)**. 2023. 68 f. Dissertation (Master degree in Science) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

Brazil is the world's largest producer of passion fruit. Much of this production is destined for the passion fruit processing industry, which generates a significant amount of peels and seeds that are often improperly discarded, causing environmental damage. The rind is rich in pectin, used as a gelling agent and stabilizer. The seeds are a source of lipids rich in essential fatty acids. This work aimed to use and add value to by-products from the passion fruit industrialization. The passion fruit peels were dehydrated and ground until flour was obtained, which was chemically characterized and used as raw material for pectin extraction. High degree of esterification and low degree of esterification pectins were extracted. The highest yield of pectin obtained was 19%, under the conditions of temperature of 100°C and time of 60 minutes, showing a low degree of esterification (34.28%). The seeds, previously dehydrated and ground, had their chemical composition determined, and were subjected to oil extraction in a Soxhlet extractor, with a yield of 27.43%. The passion fruit seed oil was characterized by gas chromatography coupled to mass spectrometry and showed 59.9% of unsaturated fatty acids with a predominance of linoleic acid (omega 6). The expressive amount of unsaturated fatty acids found in passion fruit seed oil makes this oil susceptible to oxidative degradation. Microencapsulation is an alternative used to avoid oil exposure to factors such as oxygen, light and high temperatures, increasing storage stability. Pectins extracted from passion fruit peel were used in combination with sodium alginate in the development of microcapsules containing passion fruit seed oil. The formulations showed an encapsulation yield of 71.94 to 85.34%, indicating that pectin and alginate were effective as wall materials in the formation of microcapsules containing passion fruit oil.

Keywords: Waste; shells; seeds; aggregate; microcapsules.

Lista de Figuras

Figura 1	Morfologia do maracujá.....	15
Figura 2	Representação das ligações α -1,4 entre os monômeros da cadeia principal da pectina.....	18
Figura 3	Reação de síntese de triacilglicerídios.....	24
Figura 4	Estrutura geral de uma molécula de triacilglicerídio.....	25
Figura 5	Estruturas dos ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico.....	26
Figura 6	Representação do processo de microencapsulação por gelificação iônica.....	29
Figura 7	Cromatograma de identificação dos ésteres de ácidos graxos.....	46
Figura 8	Espectro de massa palmitato de metila.....	47
Figura 9	Espectro de massa linoleato de metila.....	47
Figura 10	Espectro de massa oleato de metila.....	47
Figura 11	Espectro de massa estearato de metila.....	48
Figura 12	Fotos obtidas por MO de partículas de alginato e pectina. Foto 1 - 0,5% pectina ATM, foto 2 - 1% pectina ATM, foto 3 – 0,5% pectina BTM e foto 4 – 1% pectina BTM.....	52

Lista de Tabelas

Tabela 1	Concentração de ácidos graxos de alguns óleos vegetais.....	22
Tabela 2	Concentrações de pectina ATM e BTM realizadas para cada solução.....	39
Tabela 3	Composição centesimal da farinha da casca do maracujá amarelo.....	42
Tabela 4	Rendimento e grau de esterificação das pectinas extraídas.....	43
Tabela 5	Composição centesimal da semente do maracujá amarelo.....	45
Tabela 6	Composição de ácidos graxos do óleo da semente do maracujá amarelo.....	48
Tabela 7	Concentração de pectina, rendimento e eficiência das microcápsulas de óleo de maracujá amarelo.....	49
Tabela 8	Tamanhos das cápsulas obtidas.....	51

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE.....	12
1.1 Resíduos Agroindustriais.....	14
1.2 Maracujá.....	14
1.2.1 Casca do maracujá.....	16
1.3 Pectina.....	17
1.3.1 Estrutura química da pectina.....	17
1.3.2 Extração de pectina.....	19
1.3.3 Aplicações da pectina.....	19
1.4 Sementes do maracujá.....	20
1.4.1 Óleo do maracujá.....	20
1.4.2 Aplicações do óleo das sementes de maracujá.....	22
1.5 Extração de óleos vegetais.....	22
1.6 Lipídios.....	23
1.6.1 Oxidação Lipídica.....	27
1.7 Encapsulação.....	27
1.7.1 Gelificação iônica.....	28
2 OBJETIVOS.....	32
2.1 Geral.....	32
2.2 Específicos.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Pré-tratamento da matéria-prima.....	33
3.2 Obtenção da farinha da casca do maracujá.....	33
3.3 Caracterização química da farinha da casca do maracujá amarelo.....	34
3.3.1 Determinação do teor de umidade.....	34
3.3.2 Determinação do teor de cinzas.....	34

3.3.3 Determinação de extrato etéreo.....	34
3.3.4 Determinação de proteínas.....	34
3.3.5 Determinação de carboidratos.....	36
3.4 Extração da Pectina.....	36
3.5 Determinação do Grau de Esterificação.....	36
3.6 Preparação das sementes de maracujá amarelo.....	37
3.6.1 Caracterização química das sementes do maracujá amarelo.....	37
3.7 Extração do óleo das sementes de maracujá amarelo	38
3.7.1 Esterificação dos ácidos graxos.....	38
3.7.2 Condições cromatográficas.....	38
3.8 Obtenção das cápsulas.....	39
3.8.1 Rendimento de encapsulação.....	40
3.8.2 Eficiência de encapsulação.....	40
3.8.3 Análise do tamanho das cápsulas.....	41
3.8.4 Microscopia óptica.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1 Composição química da farinha da casca do maracujá amarelo.....	42
4.2 Rendimento e Grau de Esterificação da Pectina.....	43
4.3 Composição química das sementes do maracujá amarelo.....	44
4.4 Rendimento de óleo extraído das sementes de maracujá amarelo.....	46
4.5 Identificação dos ácidos graxos.....	46
4.6 Encapsulação.....	49
4.6.1 Rendimento e eficiência de encapsulação.....	49
4.6.2 Tamanho das cápsulas.....	51
4.6.3 Microscopia óptica.....	51
5 CONCLUSÃO.....	54
6 REFERÊNCIAS.....	55

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) é uma fruta tropical que tem ocupado um lugar de destaque em razão de suas propriedades nutricionais, além do sabor e aroma peculiares (MELETTI, 2011; SANTOS et al., 2020). O cultivo dessa fruta é destinado ao consumo *in natura*, cerca de 60%, e o restante é destinado para a produção de sucos, polpas congeladas, doces, entre outros (REIS, 2018; LIMA, 2019; SANTOS et al., 2020).

O processamento industrial do maracujá produz uma quantidade significativa de cascas e sementes que representam 40 a 60% das frutas processadas (VIGANÓ et al., 2020). Esses subprodutos muitas vezes são descartados de forma inadequada, provocando prejuízos ao meio ambiente (KULKARNI e VIJAYANAND, 2010; LÓPEZ-VARGAS et al., 2013). Como a quantidade de resíduos gerados é bastante expressiva, agregar valor a esses subprodutos é de interesse econômico, científico e tecnológico (FERRARI, COLUSSI e AYUB, 2004; PINHEIRO, 2007).

Segundo Oliveira et al. (2017) as indústrias têm se dedicado para aproveitar os resíduos do processamento do suco de maracujá, porém grandes quantidades ainda são subutilizadas. Esses materiais podem conter quantidades iguais ou superiores de nutrientes quando comparados com a própria polpa (ARAÚJO et al., 2019).

Assim, o desenvolvimento de produtos utilizando os subprodutos resultantes do processamento do maracujá vem se mostrando uma alternativa viável e rentável pois, além de contribuir para a redução do desperdício do processamento do maracujá pode gerar um novo produto com potenciais benefícios à saúde (OLIVEIRA, 2009; SANTOS et al., 2020).

A casca do maracujá é constituída por carboidratos, proteínas, fibras, destacando-se as fibras solúveis, como a pectina, além de vitaminas e minerais (ZERAİK et al., 2010). Estudos destacam a utilização da farinha da casca do maracujá e da pectina (extraída da farinha) na produção de produtos alimentícios como geleias, doces, sobremesas, biscoitos, bolos e barra de cereais (KLIEMANN, 2006; DEUS, 2011;

SILVA, 2023). Além disso, a pectina vem sendo utilizada por outras áreas como química, farmacêutica e cosmética no desenvolvimento de microcápsulas contendo diversos ingredientes ativos (BELŠČAK-CVITANOVIĆ et al., 2016).

As sementes de maracujá também são resíduos com alto valor agregado. Elas são matéria-prima para a extração do óleo que possui elevado teor de ácidos graxos insaturados, com predominância do ácido linoleico, pertencente à família ômega 6, considerado um ácido graxo essencial (OLIVEIRA et al., 2017, SANTOS, 2020).

Entretanto, devido ao elevado teor de ácidos graxos insaturados, este óleo pode sofrer oxidação lipídica com a redução da estabilidade oxidativa e perda das atividades biológicas, limitando sua aplicação em diferentes produtos (BALLESTEROS et al., 2017).

Há diferentes processos utilizados para aumentar a estabilidade de óleos, a microencapsulação é uma metodologia que tem a função de proteger o material encapsulado de fatores que possam vir a causar a sua deterioração, como a exposição ao calor, à luz e ao oxigênio (JAMES, 2018).

A microencapsulação de óleos vegetais vem sendo utilizada por diversos pesquisadores como alternativa para proteger os ácidos graxos insaturados de deterioração oxidativa, prevenir reações de degradação e aumentar a estabilidade de armazenamento (TONON, GROSSO e HUBINGER, 2011; BALLESTEROS et al., 2017; MACHADO, 2020).

Tendo em vista a quantidade expressiva de resíduos descartados no processamento de maracujá, o presente trabalho, teve como objetivo produzir a farinha da casca do maracujá, analisar sua composição química, extrair a pectina a partir da farinha, extrair o óleo da semente, determinar a composição de ácidos graxos do óleo e realizar a microencapsulação deste óleo utilizando a pectina como material de parede.

1.1 Resíduos Agroindustriais

A indústria de alimentos produz um volume expressivo de resíduos orgânicos, resultado dos processos industriais, como cascas, albedos e sementes. Esses materiais muitas vezes são destinados à alimentação animal ou descartados inadequadamente, provocando danos ambientais (NASCIMENTO et al., 2013; SARAIVA et al., 2018; MARTINS, 2021).

O tratamento adequado pode ser um dos caminhos para a valorização dos subprodutos gerados nos diferentes processos industriais (OLIVEIRA, 2015). Segundo Pelizer, Pontieri e Moraes (2007) e Dias (2016), a preocupação com o meio ambiente tem promovido discussões sobre a viabilização de projetos com alternativas de políticas ambientais que reduzam os impactos negativos à natureza como aproveitamento integral dos alimentos e descarte adequado dos resíduos.

Além disso, com o aumento do consumo produtos sustentáveis e alimentos saudáveis, os fabricantes têm feito investimentos para atender os consumidores que estão cada vez mais preocupados com a qualidade de vida, saúde e bem-estar (MELO, AOUADA e MOURA, 2017; COSTA e STREHLAU, 2020).

Segundo Saraiva et al. (2018) os materiais resultantes das fábricas de alimentos apresentam alto teor de nutrientes como proteínas, carboidratos, fibras e compostos bioativos.

Assim, o aproveitamento dos subprodutos agroindustriais promove vantagens ambientais e econômicas, pois reduz a produção de lixo orgânico e pode gerar retorno financeiro através do desenvolvimento de novos produtos com alto valor agregado (BARRALES, REZENDE E MARTÍNEZ, 2015; VIGANÓ e MARTINEZ, 2015; MARTINS et al., 2021).

1.2 Maracujá

O gênero *Passiflora*, da família *Passifloraceae* apresenta uma grande diversidade de espécies, cerca de 130 conhecidas no Brasil (BERNACCI, 2003). Apesar disso, o

Passiflora edulis, conhecido como maracujá amarelo ou azedo, por possuir maior qualidade de fruto, vigor, produtividade e maior rendimento de suco é a espécie mais produzida e comercializada (ZERAİK et al., 2010; MELETTI, 2011).

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de maracujá, responsável por cerca de 90% da produção (PUROHIT et al., 2021). Em 2021, a produção brasileira foi de 683.993 toneladas. Santa Catarina, foi o terceiro estado que mais produziu, atrás somente da Bahia e do Ceará, com um total de 47.857 toneladas no mesmo período. O município de Araquari, com a produção de 528 toneladas, foi o décimo maior produtor estadual (IBGE, 2021).

De acordo com Coelho (2008), a composição do maracujá *in natura* equivale a 50% de casca, 38% de suco e 12% sementes. O fruto, como mostra a Figura 1, pode ser dividido em pedúnculo, epicarpo ou flavedo (casca amarela), mesocarpo ou albedo (parte branca da casca), endocarpo ou polpa e sementes (CANTERI, 2010). Neste trabalho, convencionou-se trabalhar com casca inteira (flavedo + albedo), porém alguns pesquisadores estudaram apenas o albedo. Segundo Oliveira e Malta (2021), essa distinção pode influenciar nos resultados de composição nutricional.

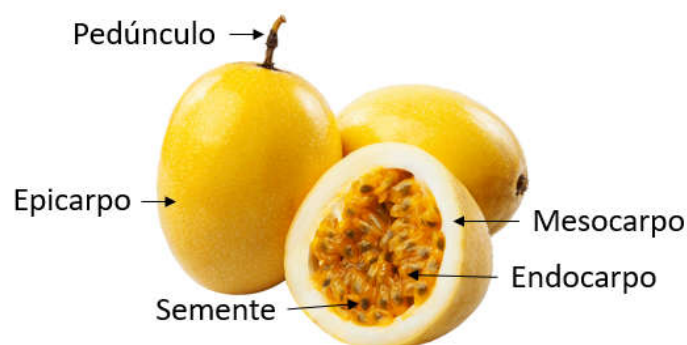


Figura 1. Morfologia do maracujá.

1.2.1 Casca do maracujá

Por possuir em sua composição grande quantidade de fibras solúveis como a pectina, a casca do maracujá é um subproduto do processamento de maracujá que tem despertado interesse dos pesquisadores e vem se tornando um dos resíduos mais reaproveitados (CORDOVA et al., 2005; OLIVEIRA e MALTA, 2021).

Estudos mostram que a utilização da farinha da casca do maracujá substituindo ingredientes tradicionais pode promover o melhoramento da qualidade nutricional e tecnológica dos produtos finais (SPINOSA, 2016; REIS, 2018).

Souza (2015) produziu biscoitos e mingaus à base de farinha mista de maracujá e arroz. Bordim et al. (2018) desenvolveram formulações de barras de cereais a partir da farinha da casca do maracujá e da carambola.

Jinkings, Gonçalves, Silva (2020) elaboraram farinha a partir da casca do maracujá, avaliaram sua composição centesimal e concluíram que a farinha pode ser uma fonte alternativa para o aproveitamento de resíduos orgânicos. Dias (2016) produziu a farinha da casca do maracujá e adicionou em bebidas lácteas saborizadas com frutos do Cerrado.

O consumo da farinha da casca do maracujá tem sido associado a benefícios à saúde como no tratamento de distúrbios metabólicos e intestinais e na redução da absorção de glicose e de colesterol contribuindo para a diminuição dos casos de diabetes e de doenças cardiovasculares (MATSUURA, 2005; JANEIRO et al., 2008; ABOUD et al., 2019; DE FAVERI et al., 2020).

Janeiro et al. (2008) avaliaram o efeito do consumo regular de farinha da casca de maracujá sobre a glicemia em jejum de indivíduos saudáveis e com diabetes. Os resultados mostraram uma ação positiva no controle da glicemia como adjuvante das terapias convencionais em diabéticos, e que sua ação pode ser percebida logo nos primeiros meses de uso.

1.3 Pectina

As pectinas são os polissacarídeos mais abundantes encontrados na parede celular das plantas sendo responsáveis pela textura e resistência de frutas e vegetais (HOSMER e MOHNEN, 2009; FRAEYE et al., 2010).

Os primeiros relatos sobre o uso da pectina datam de um artigo inglês de 1750 com a preparação de geleia de maçã. Em 1790 Vauquelin a descobriu como um composto químico e no ano de 1824, Braconnot a caracterizou como um composto de frutas responsável pela formação de gel e sugeriu o nome de pectina, proveniente do grego “*pectos*” que significa espesso (CANTERI et al., 2012).

A pectina pode ser obtida de muitas matérias-primas, geralmente é extraída das cascas de limão, laranja e bagaço da maçã. No entanto, nos últimos anos a casca do maracujá tem se destacado como matéria-prima para esse fim (CANTERI et al., 2010; FREITAS et al., 2020).

Kumar e Chauhan (2010) extraíram pectina do bagaço da maçã de diferentes variedades e observaram rendimentos entre 14,55 e 18,79% e grau de esterificação de 22,15 a 52,51%. Kaya et al. (2014) estudaram a extração de pectina da casca de frutos cítricos como laranja e limão e obtiveram rendimentos de pectina que variaram de 16,7 a 33,6%. Abboud et al. (2020) extraíram a pectina da farinha da casca do maracujá e observaram rendimento de 20%.

1.3.1 Estrutura química da pectina

As pectinas são macromoléculas complexas com estruturas completamente diversas (FREITAS et al, 2020). A estrutura química da pectina, que está representada na Figura 2, é formada predominantemente por unidades de ácido galacturônico unidos por ligações glicosídicas α -(1-4) onde os grupos carboxílicos podem ser metil esterificados em diferentes extensões (CANTERI et al., 2012; LIEW, CHIN e YUSOF, 2014).

O percentual de grupos metil esterificados é expresso como grau de metoxilação (DM - Degree of Methoxylation) ou esterificação (DE - Degree of Esterification) (MARTINEZ, 2013). Este parâmetro indica a capacidade de gelificação da pectina, e pode determinar propriedades físicas, químicas e tecnológicas (ABBOUD et al., 2020; FREITAS et al., 2020).

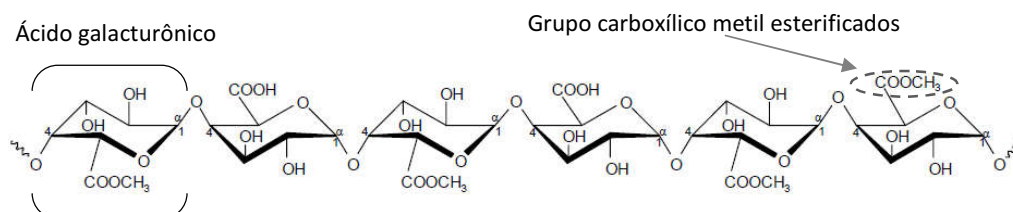


Figura 2. Representação das ligações α -1,4 entre os monômeros da cadeia principal da pectina (MARTINEZ, 2013).

As pectinas são classificadas em dois grupos: pectinas de alto grau de metoxilação (ATM ou HM – High Methoxylation) e pectinas com baixo grau de metoxilação (BTM ou LM - Low Methoxylation). As pectinas ATM apresentam um percentual de grupos carboxílicos esterificados na cadeia superior a 50% enquanto as pectinas BTM apresentam esse percentual inferior a 50% (CANTERI et al., 2012; HOSSEINI et al., 2019).

Geralmente, pectinas de alto grau de esterificação formam géis na presença de açúcares e em meio ácido (FRAEYE et al., 2010). No entanto, Abboud et al. (2020) observaram que a pectina da casca do maracujá com alto grau de esterificação teve um comportamento diferente, formando gel sem a presença de sacarose.

As pectinas de baixo grau de esterificação, por sua vez, formam géis na presença de íons cálcio, resultando na formação de uma rede contínua, frequentemente chamada de “caixa de ovo” (MARTINEZ, 2013).

Os polissacarídeos pécticos compreendem diversas classes estruturais. São representados principalmente pela fração linear conhecida como homogalacturonana (HG) formada pelo polímero de ácido D-galacturônico que correspondem a 65% das

pectinas, além das frações ramificadas conhecidas como ramnogalacturonana I (RG-I) e ramnogalacturonana II (RG-II) (HOSMER e MOHNEN, 2009; SINGHAL e HULLE, 2022).

1.3.2 Extração de Pectina

A extração em meio ácido sob aquecimento é o método mais utilizado pelas indústrias para a obtenção de pectinas. Nesse processo, geralmente são utilizados ácidos fortes, como ácido nítrico, fosfórico, sulfúrico e clorídrico (CANTERI, et al., 2012).

No entanto, a extração de pectina da casca de frutas utilizando ácidos fracos como o ácido cítrico tem sido observada em estudos recentes (PINHEIRO, 2007; LIEW, CHIN e YUSOF, 2014; FREITAS, et al., 2020). Segundo Yapo (2009), o ácido cítrico é o que menos degrada a pectina, resultando em melhores propriedades gelificantes.

Kliemann (2006) fez extrações da pectina da casca do maracujá utilizando os ácidos cítrico, nítrico e clorídrico e concluiu que o ácido cítrico é o melhor ácido para a extração da pectina.

Lee e Choo (2020) compararam os rendimentos das extrações de pectina da casca da melancia usando o ácido cítrico e o ácido clorídrico e observaram um rendimento maior da pectina extraída com ácido cítrico.

O rendimento do processo de extração da pectina pode ser afetado por alguns fatores, como: pH, tempo, temperatura, solvente, tamanho das partículas e relação sólido-líquido (FREITAS, et al., 2020; SINGHAL E HULLE, 2022).

1.3.3 Aplicações da Pectina

A pectina é biocompatível, biodegradável e, em decorrência da presença de grupos polares, tem a característica de ser hidrofílica apresentando a capacidade de envolver grande quantidade de água e produzir um gel viscoso (BERNAUD, 2013; MARTINEZ, 2013; OLIVEIRA, 2015).

A pectina é utilizada há muito tempo pela indústria de alimentos como agente emulsificante, estabilizante, espessante e gelificante, na produção de geléias, doces de frutas, iogurtes, produtos de confeitaria, entre outros (ABBOUD et al., 2020).

No entanto, atualmente, devido suas características de alimento funcional e alto valor comercial, outras áreas como ciência de alimentos, nutrição, cosmética, farmacêutica e biotecnologia, têm feito o uso da pectina (KLIEMANN, 2006; LIEW, CHIN e YUSOF, 2014; FREITAS et al., 2020).

A utilização da pectina pode ser observada desde o uso como fibra dietética associada aos benefícios à saúde, como no desenvolvimento de filmes biodegradáveis e comestíveis, adesivos, substitutos de papel, espumas e plastificantes até a produção de materiais para implantes biomédicos (MOHNEN, 2008; MAXWELL et al., 2012; MELO, AOUADA e MOURA, 2017).

Entre os processos que têm se destacado pelo uso da pectina é a produção de microcápsulas contendo ingredientes bioativos, formulações farmacêuticas de liberação controlada e probióticos (REHMAN et al., 2019; MENEZES et al., 2015; FREITAS et al., 2020).

1.4 Sementes do maracujá

Outro resíduo industrial gerado a partir do processo de esmagamento da fruta para a produção de suco são as sementes de maracujás. Além de conter carboidratos, proteínas e minerais, as sementes são fonte lipídios ricos em ácidos graxos essenciais (FERRARI, COLUSSI e AYUB, 2004; SANTOS et al., 2020).

1.4.1 Óleo do Maracujá

O óleo extraído da semente do maracujá possui coloração amarela, sabor agradável e odor suave (ARAÚJO et al., 2019). Segundo Santos et al. (2020), em razão do conteúdo de substâncias nutritivas este óleo pode apresentar benefícios à saúde.

A quantidade de óleo extraída e a sua composição podem mudar de acordo com a variedade cultivada, local de cultivo, clima e condições de plantio. Os rendimentos de extração também podem variar em função das circunstâncias em que ocorrem a extração como presença de solvente, temperatura e tempo de extração (LIMA, 2019).

Liu et al. (2008) estudaram o óleo das sementes de maracujá e encontraram rendimentos de óleo que variaram entre 23,40 e 35,10%. Malacrida e Jorge (2012) extraíram óleo das sementes de maracujá e obtiveram 30,39% de rendimento. De Paula (2015) extraiu óleo das sementes de maracujá das espécies *P. setacea* e *P. alata* e os conteúdos observados foram de 32,2% e 22,5%, respectivamente.

Segundo Oliveira et al. (2017) o óleo da semente de maracujá apresenta uma composição rica em ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido linoleico (até 70%). Malacrida e Jorge (2012) analisaram o óleo da semente de maracujá e encontraram 9,73% de ácido palmítico, 2,58% de ácido esteárico, 13,83% de ácido oleico, 73,14% de ácido linoleico e 0,41% de ácido linolênico.

Ferreira et al. (2011) também avaliaram a composição de ácidos graxos do óleo da semente de maracujá e observaram os seguintes teores: ácido palmítico 12,08%, ácido oleico 10,7% e ácido linoleico 72,6%.

O óleo da semente de maracujá apresenta composição e comportamento térmico semelhantes a outros óleos vegetais como milho, algodão, girassol e gergelim e é classificado como poli-insaturado (MALACRIDA E JORGE, 2012; LIMA, 2019). A Tabela 1 apresenta as concentrações de ácidos graxos do óleo de milho, girassol, algodão e gergelim.

Tabela 1. Concentração de ácidos graxos de alguns óleos vegetais.

Ácidos Graxos	Milho ⁽¹⁾	Girassol ⁽²⁾	Algodão ⁽³⁾	Gergelim ⁽⁴⁾
Palmítico	13,1	7,96 – 12,27	23,91	9,22 - 10,48
Esteárico	0,3	3,22 – 3,81	2,81	4,90 - 5,58
Oleico	28,0	19,71 - 44,01	16,26	35,85 - 40,15
Linoleico	55,0	28,01 - 54,87	52,68	45,12 - 48,54
Linolênico	2,0	0,27 – 4,60	0,12	traços

FONTE: ⁽¹⁾HERNANDEZ (2020), ⁽²⁾ROCHA (2022), ⁽³⁾CORSINI e JORGE (2008), ⁽⁴⁾ANTONIASI et al. (2013)

1.4.2 Aplicações do óleo das sementes de maracujá

A crescente demanda por recursos naturais tem incentivado as indústrias a utilizarem fontes de recursos renováveis e disponíveis. Os óleos vegetais, derivados principalmente de resíduos de sementes, têm despertado grande interesse como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos (FRANCISCO et al., 2019).

O óleo da semente de maracujá tem se destacado como um material que pode ser utilizado por diversos segmentos tecnológicos como indústrias de alimentos, detergentes, cosméticos, tintas, suplementos vitamínicos e biodiesel (FERRARI, COLUSSI E AYUB, 2004; BARRALES, REZENDE E MARTÍNEZ, 2015; MALACRIDA e JORGE, 2012; SANTOS et al., 2020).

Oliveira et al. (2016) extraíram óleo da semente de maracujá e observaram propriedades antioxidantes e antimicrobianas promissoras. Domingues et al. (2014) extraíram óleo da semente de maracujá por prensagem a frio e produziram biodiesel. Barbieri e Leimann (2014) extraíram o óleo das sementes de maracujá e realizaram a microencapsulação com poli (ϵ -caprolactona).

1.5 Extração de óleos vegetais

A extração de óleos a partir das sementes envolve o uso de solventes e um sistema extrator. Este processo apesar de parecer simples, é de grande importância pois os triacilgliceróis não são extraídos com facilidade, pois estão localizados no

interior do material biológico original e, as vezes associados à outras substâncias (GEŌCZE, 2011).

O método Soxhlet é um processo de extração convencional utilizado como referência oficial do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995). A metodologia consiste no tratamento contínuo da amostra imersa em um solvente puro (éter de petróleo, éter dietílico ou hexano), que ocorre devido a condensação e subsequente sifonagem do solvente aquecido dentro do balão que está na base do aparelho (SOXHLET, 1879). Em 1879, Franz Von Soxhlet criou primeiro aparelho e destacou a importância do grau de trituração da amostra quanto à duração e eficácia do processo (GUSSO et al, 2012).

Dentre as vantagens apresentadas pela metodologia de extração Soxhlet estão: temperatura do sistema constante, contato entre a amostra e o solvente durante todo o processo que permite a solubilização do óleo com facilidade, método simples que não requer treinamento especializado além de possibilitar a extração de uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos (RIPKE, PALEZI E NOBRE, 2016).

O hexano é um solvente orgânico apolar, de baixo custo, muito utilizado para extração de lipídeos pelas indústrias (OLIVEIRA, BARROS e GIMENES, 2013; BARRALES, REZENDE e MARTÍNEZ, 2015). Este solvente tem a capacidade de arrastar com maior eficiência a fase lipídica da amostra, como a semente de maracujá que tem um alto teor de lipídeos (OLIVEIRA, 2016; LIMA, 2019).

1.6 Lipídios

Os lipídios constituem um grupo de compostos com natureza química bastante diversificada que, ao contrário de outros compostos orgânicos, não são caracterizados por um grupo funcional em comum, mas sim pela característica de serem solúveis em solventes orgânicos e insolúveis em água (JORGE, 2009).

Além de realizarem uma variedade de funções celulares e armazenamento energético, os lipídios atuam como veículo para a mobilização de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), precursores de hormônio e de grupos considerados funcionais (PERINI, 2010).

A composição química dos lipídios é formada por uma variedade de substâncias. Além dos triacilglicerídios (98%), também incluem os monoacilgliceróis, diacilgliceróis, fosfolipídios, esteróis, terpenos dentre outros (JORGE, 2009; FUENTES, 2011).

Os triacilglicerídios (TAGs), também podem ser chamados de triacilgliceróis ou triglicerídeos ou ainda podem ser denominados de “óleos fixos”, visando evitar associações com os óleos voláteis (essenciais) (GEÖCZE, 2011). Os TAGs resultam da esterificação de uma molécula de glicerol com três moléculas de ácidos graxos (FUENTES, 2011). Desta maneira, a composição dos ácidos graxos é o que caracteriza os triacilgliceróis (TORRES, 2010).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos que apresentam nas suas extremidades os grupamentos carboxila (COOH) e metil (CH₃) ligados a uma cadeia carbônica, que podem variar em função do número de insaturações (saturados, monoinsaturados e poli-insaturados) e com o comprimento da cadeia (curta, média e longa) (TORRES, 2010).

A Figura 3 apresenta a formação de um triacilglicerídio e a Figura 4 a estrutura de uma molécula de triacilglicerídio.

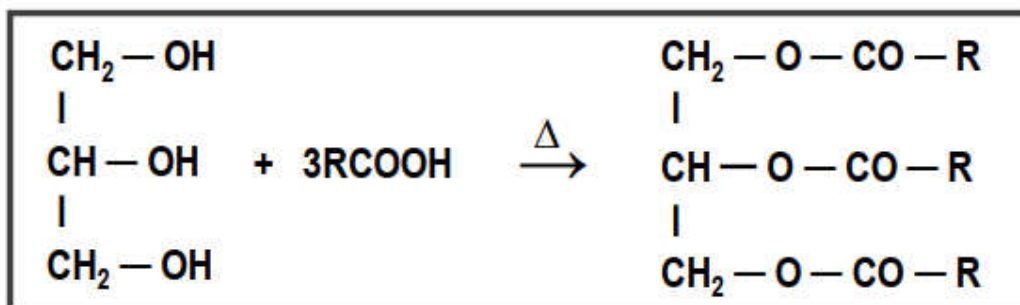


Figura 3. Reação de síntese de triacilglicerídios (GEÖCZE, 2011).

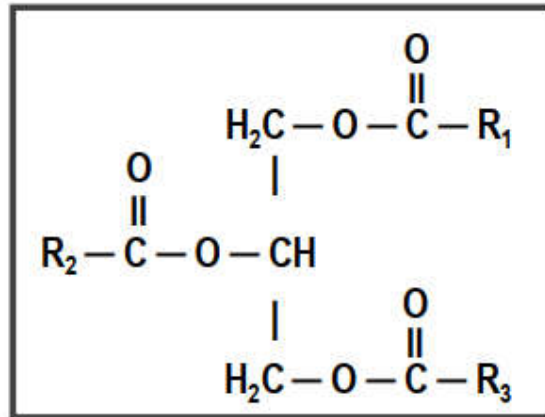


Figura 4. Estrutura geral de uma molécula de triacilglicerídeo (GEÖCZE, 2011).

São classificados como ácidos graxos saturados quando não apresentam duplas ligações, ácidos graxos monoinsaturados quando apresentam uma instauração e ácidos graxos poli-insaturados com duas ou mais insaturações (PERINI, 2010).

Os ácidos graxos saturados contêm todos os átomos de carbono da cadeia do hidrocarboneto ligados a, pelo menos, dois átomos de hidrogênio, isto é, apresentam somente ligações carbono-carbono simples, chamadas de saturadas. Os ácidos graxos saturados encontrados frequentemente no óleo da semente de maracujá são ácido palmítico (C16:0), com 16 átomos de carbono e o esteárico (C18:0), com 18 átomos de carbono (JORGE, 2009).

Já os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados são classificados, funcionalmente, em ômega 9, ômega 6 e ômega 3, e se diferenciam pela posição da primeira ligação dupla contada a partir do grupo metílico terminal da cadeia do ácido graxo (TORRES, 2010). O ácido oleico (C18:1) com 18 carbonos e a ligação dupla na posição do carbono 9, é o mais comum dos ácidos graxos monoinsaturados que fazem parte da família ômega 9 (JORGE, 2009; TORRES, 2010).

Dentre os ácidos graxos poli-insaturados, merecem destaque os ácidos graxos essenciais linoleico e o linolênico, que pertencem às famílias do ômega 6 e ômega 3, respectivamente. O ácido linoleico (18:2 n-6) possui 18 carbonos e 2 insaturações, com a primeira ligação dupla no carbono 6 e o ácido e alfa-linolênico (18:3n-3), possui 18

carbonos com 3 insaturações, sendo a primeira ligação dupla no carbono 3 (PERINI, 2010).

Os ácidos graxos linoleico e linolênico são considerados essenciais porque não podem ser sintetizados pelo organismo e, portanto, devem ser fornecidos pela dieta (JORGE, 2009). Óleos ricos em ácidos graxos poli-insaturados têm efeito positivo na saúde humana, exercendo funções importantes na manutenção das membranas celulares, nas funções cerebrais e na prevenção de doenças cardiovasculares (TONON, GROSSO e HUBINGER, 2011; VIGANÓ E MARTINEZ, 2015). A Figura 5 apresenta as estruturas dos ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico.

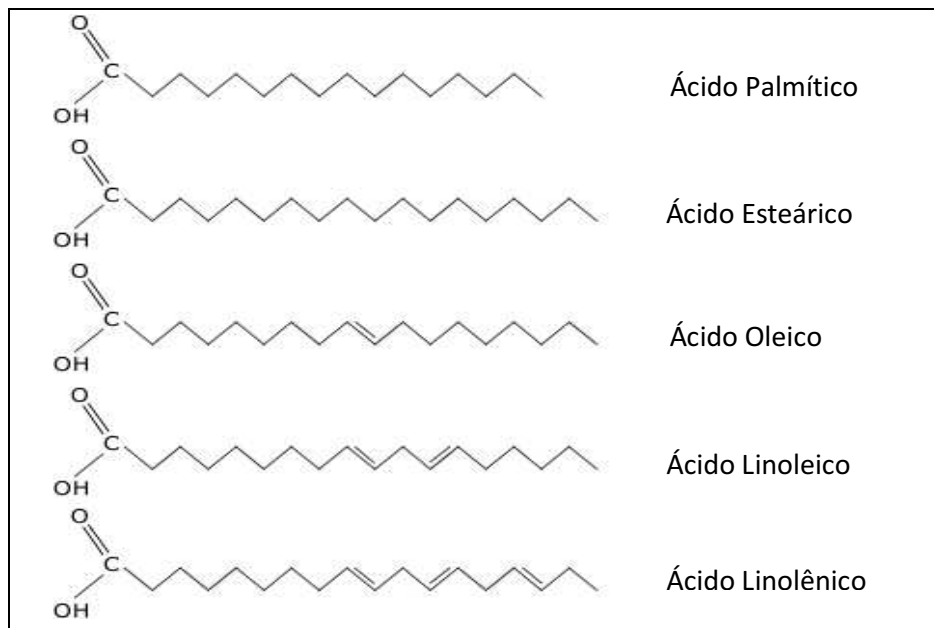


Figura 5. Estruturas dos ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico (ALMEIDA, 2014).

1.6.1 Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica é uma degradação que pode ser desencadeada pela presença de oxigênio, luz e aumento de temperatura (OLIVEIRA et al., 2017, BALLESTEROS, 2017). A oxidação gera a formação de radicais livres que, além de serem responsáveis pela formação de odores desagradáveis podem reduzir a vida útil dos

produtos e causar efeitos negativos no organismo (TONON, GROSSO e HUBINGER, 2011).

Durante o processamento, distribuição e manuseio, óleos ricos em ácidos graxos insaturados, podem sofrer oxidação lipídica, devido ao seu alto grau de insaturação (TONON, GROSSO e HUBINGER, 2011). Por outro lado, a ausência de duplas ligações faz com que os ácidos graxos saturados sejam mais estáveis diante do processo degradativo de rancidez oxidativa (JORGE, 2009).

A determinação do perfil de ácidos graxos dos óleos, realizada através da cromatografia gasosa, é de extrema importância pois o teor de ácidos graxos pode definir o padrão de identidade e qualidade, sendo capaz de mostrar possíveis alterações de acordo com o grau de degradação oxidativa do óleo (SCHERER & BÖCKEL, 2018).

Segundo Lima (2019), o elevado grau de insaturação do óleo da semente de maracujá, faz com que esse produto seja suscetível às reações de deterioração oxidativa. A microencapsulação é uma opção, com grande potencial, que vem sendo estudada e tem como objetivo a proteção de ácidos graxos insaturados contra a oxidação lipídica (TONON, GROSSO e HUBINGER, 2011).

1.7 Encapsulação

A metodologia de microencapsulação consiste no envolvimento de um ingrediente ativo por uma fina camada polimérica, formando instantaneamente micropartículas (ARANHA, 2015; BENAVIDES et al., 2016).

O elemento encapsulado é denominado de recheio, fase interna ou núcleo, e a fase externa é denominada de casca, cobertura, membrana ou material de parede (GHARSALLAOUI et al., 2007).

A classificação das cápsulas é feita de acordo com o diâmetro das partículas obtidas após o processamento (DELFINI, 2016). As cápsulas podem ser divididas por

tamanho em três classes: macro ($> 5000 \mu\text{m}$), micro ($0,2 - 5000 \mu\text{m}$) e nanocápsulas ($<0,2 \mu\text{m}$) (BAKER, 1986).

A microencapsulação tem como objetivo proteger o material encapsulado das condições adversas do meio circundante prevenindo reações de degradação e aumentando sua vida útil (ARANHA, 2015). Segundo Gharsallaoui et al. (2007), a microencapsulação permite controlar a taxa de transferência do material do núcleo para o ambiente externo, inibir odores e sabores indesejados, além de propiciar a liberação do composto de forma controlada. As indústrias de alimentos, farmacêutica e cosméticos vêm utilizando essa tecnologia que se tornou bastante atrativa nas últimas décadas (ETCHEPARE et al., 2015; DELFINI, 2016).

Óleos vegetais, com alto teor de ácidos graxos insaturados, têm o seu uso limitado em função da instabilidade e sensibilidade às condições ambientais, como exposição à luz, oxigênio e umidade, além de a volatilidade ou interação com outros compostos (MACHADO, 2020).

A microencapsulação de óleos em uma matriz polimérica representa uma alternativa para proteger os ácidos graxos insaturados de deterioração oxidativa, uma vez que o material de parede forma uma barreira que limita o transporte de oxigênio e conseqüentemente, a reação espontânea do oxigênio atmosférico com os lipídios. Além disso, a microencapsulação possibilita a liberação controlada de ingredientes lipofílicos funcionais sendo utilizados na suplementação de alimentos com ácidos graxos poli-insaturados (TONON, GROSSO E HUBINGER, 2011; BARBIERI E LEIMANN, 2014).

1.7.1 Gelificação iônica

Dentre as diversos métodos de produção de microcápsulas está a gelificação iônica, um processo simples, versátil, de baixo custo e que ocorre a baixas temperaturas, o que favorece o encapsulamento de óleos vegetais (ETCHEPARE et al., 2015; BENAVIDES, et al., 2016).

A gelificação iônica é um processo de microencapsulação que ocorre mediante ao gotejamento de uma solução polimérica contendo um ingrediente ativo sobre uma solução iônica geralmente de cloreto de cálcio (CaCl_2) (MUKAI-CORREA et al., 2005). A formação das partículas ocorre imediatamente após o contato da solução polimérica com a solução iônica (FARIAS, 2018). A Figura 6 representa um procedimento de microencapsulação por gelificação iônica.

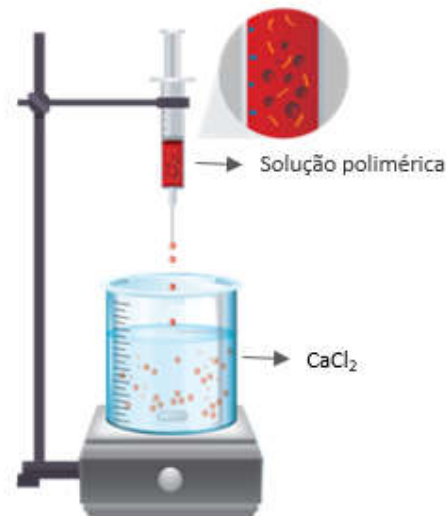


Figura 6. Representação do processo de microencapsulação por gelificação iônica (SAMPAIO, 2018).

Fatores como a rigidez e a resistência das partículas são determinadas pelo tempo em que elas ficam em contato com a solução gelificante contendo os íons divalentes (SAMPAIO, 2018). Além disso, os tamanhos das microcápsulas dependem do diâmetro da agulha, taxa de fluxo e viscosidade da solução (FARIAS, 2018).

A definição do agente encapsulante pode influenciar na eficiência de encapsulamento e na estabilidade das micropartículas (ABRAHÃO et al., 2019). A escolha do material de parede também pode estar relacionada com as características físicas e químicas do composto a ser encapsulado (porosidade, solubilidade), com o tipo de aplicabilidade (fármaco, aditivo alimentar, fragrância, pesticida), com o método

de microencapsulação e com o mecanismo de liberação ideal (PASQUALIM, et al., 2010; ETCHEPARE et al., 2015).

O método de gelificação iônica permite usar diferentes polímeros de polissacarídeos (MACHADO, 2020). Se destacam o alginato e a pectina que são polissacarídeos aniônicos com a capacidade de formarem gel na presença de íons como o cálcio (ARANHA, 2015).

Uma característica comum entre essas duas substâncias é a formação de hidrogéis ionicamente reticulados, modelo conhecido como “caixa de ovos”. Esse mecanismo envolve zonas de junção intermolecular formadas por ligação de cátions bivalentes com os grupos carboxila nos resíduos de guluronato (alginato) e resíduos de ácido galacturônico (pectina) (BELŠČAK-CVITANOVIĆ et al., 2015).

O alginato é produto natural extraído de várias espécies de algas marrons e também pode ser encontrado em algumas bactérias (SANTOS, 2012; CAETANO et al., 2016). Os alginatos são polímeros formados por monômeros de ácido β -D-manurônico (M) e α -L-gulurônico (G) (FARIAS, 2018). A formação de gel de alginato ocorre pela presença de íons Ca^{2+} devido a troca dos Na^+ ligados aos ácidos carboxílicos nas moléculas de alginato de sódio com os íons Ca^{2+} da solução iônica (SAMPAIO, 2018).

O alginato tem sido utilizado em diversos trabalhos como material de parede encapsulante devido a capacidade em absorver água, ser de fácil manipulação e seguro (PASIN, AZON e GARRIGA, 2012).

Morais (2015) utilizou o processo de gelificação iônica com solução de alginato de sódio para obter uma água bioativa, a partir de microcápsulas de maracujá acondicionadas em água mineral gaseificada.

Dolça et al. (2015) estudaram a microencapsulação de óleo essencial de alecrim usando alginato como material de parede.

A metodologia de gelificação apresenta uma limitação que é a formação de partículas porosas, possibilitando a difusão de fluidos através da parede. A combinação de polímeros é um recurso que vem sendo utilizado com o intuito de modificar a

estrutura do gel, melhorar as características dos filmes e reduzir a porosidade (MENEZES et al., 2015; SAMPAIO, 2018).

Estudos sugerem que a combinação de alginato e pectina é uma alternativa que permite o encapsulamento de diversos ingredientes ativos e pode oferecer múltiplas vantagens, como aumentar a proteção das substâncias centrais, aumentar o consumo de fibra dietética e aumentar o valor nutricional das microcápsulas (CHEW et al., 2015).

Mukai-Correa et al. (2005) produziram microcápsulas contendo caseína e gordura vegetal hidrogenada, utilizando pectina, alginato e goma gelana como materiais de revestimento ou de parede.

Belščak-Cvitanović (2015) realizaram a microencapsulação de polifenóis do extrato do dente-de-leão (*Taraxacum officinale* L.) e β -caroteno por gelificação iônica utilizando alginato e pectina.

Singh, Kaur e Kumar (2018) otimizaram a microencapsulação de α -tocoferol com pectina e alginato de sódio.

Aranha (2015) estudou o processo de microencapsulação do corante extraído da polpa de buriti pelo processo de gelificação iônica associada aos biopolímeros pectina de baixo teor de esterificação e alginato sendo ambos gelificados na presença de íons cálcio.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Este trabalho teve como objetivo geral aproveitar a casca e as sementes do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) como matérias-primas para extrair pectina e óleo, respectivamente. E posteriormente agregar valor a estes subprodutos provenientes da indústria de processamento de maracujá através do encapsulamento do óleo de maracujá em microcápsulas utilizando a pectina como material de parede.

2.2 Específicos

- Produzir e caracterizar a farinha da casca do maracujá;
- Extrair a pectina da casca do maracujá e determinar o rendimento;
- Determinar o grau de esterificação da pectina;
- Determinar a composição da semente do maracujá;
- Extrair o óleo da semente do maracujá e determinar o rendimento de extração;
- Determinar a composição de ácidos graxos do óleo;
- Encapsular o óleo da semente de maracujá utilizando a pectina extraída como material de parede em combinação com o alginato de sódio;
- Determinar o tamanho das cápsulas obtidas;
- Determinar o rendimento e a eficiência de encapsulação do óleo.

3 Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Química do Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari. As amostras de maracujá da espécie *Passiflora edulis* foram adquiridas de um produtor local da cidade de Araquari/SC, no mês de maio de 2022. Os frutos foram selecionados de acordo com o estágio de maturação e similaridade na cor das cascas. Os reagentes utilizados foram de grau analítico.

3.1 Pré-tratamento da matéria-prima

Os maracujás foram lavados com esponja em água corrente e detergente neutro para a remoção de sujidades presentes nas cascas, em seguida foram sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm por 30 minutos, com posterior enxágue em água corrente, para a retirada do excesso de cloro (GOMES et al., 2005; KLIEMANN, 2006). Após essa fase, os frutos foram despulpados de forma manual, com o auxílio de uma faca inoxidável, sendo as cascas separadas da polpa e sementes (MARTINS et al., 2021).

3.2 Obtenção da farinha da casca do maracujá

As cascas foram cortadas em pequenos pedaços e submetidas a secagem em estufa a 55°C até peso constante, posteriormente foram trituradas e classificadas quanto à granulometria em peneiras 60 *Mesh*. A farinha obtida foi embalada em sacos de polietileno e armazenada a -18°C até o momento da análise (KLIEMANN, 2006; PINHEIRO, 2007; LIEW, CHIN e YUSOF, 2014). O rendimento da farinha (Rf) foi determinado através da equação 1:

$$Rf (\%) = \frac{\text{Massa farinha (g)}}{\text{Massa casca maracujá (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

3.3 Caracterização química da farinha da casca do maracujá amarelo

3.3.1 Determinação do teor de umidade

Para determinar o teor de umidade, pesou-se 3 g de amostra em cápsulas de porcelana, previamente taradas, em seguida foram levadas para secagem em estufa aquecida a 105°C. A cada 3 horas, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas em balança analítica até a obtenção de peso constante (IAL, 2008).

3.3.2 Determinação do teor de cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada seguindo a norma do Instituto Adolfo Lutz (2008). Pesou-se 2 g de amostra em uma cápsula de porcelana que foi colocada em uma mufla a 550°C para incineração até a eliminação completa da matéria orgânica.

3.3.3 Determinação de extrato etéreo

O conteúdo de lipídios totais foi definido por extração com éter de petróleo em aparelho Soxhlet. Pesou-se 2 g da amostra em papel filtro e transferiu-se para o aparelho extrator onde acoplou-se um balão de fundo chato, previamente tarado, e adicionou-se éter de petróleo. O sistema foi mantido sob aquecimento em chapa elétrica por 6 horas, após esse período, o balão foi levado para o evaporador rotativo para a extração do solvente e depois para uma estufa a 105°C. O balão foi pesado e a quantidade de lipídios foi determinada pela diferença de peso do balão antes e após o procedimento (AOAC, 1995).

3.3.4 Determinação de proteínas

A quantificação de proteínas foi determinada através da análise do teor de nitrogênio pelo processo de digestão de Kjeldahl. Este método consiste em três etapas: digestão, destilação e titulação (AOAC, 1995).

Na etapa de digestão pesou-se 0,2 g da amostra em papel de seda e transferiu-se para um balão de Kjeldahl. Adicionou-se 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e cerca de 1 g da mistura catalisadora (10 partes de Na₂SO₄ anidro e 1 parte de CuSO₄. 5H₂O). O balão foi levado para aquecimento em bloco digestor, na capela, com a temperatura iniciando em 150°C e subindo gradativamente até atingir 450°C. O processo foi concluído com a observação da coloração azul-esverdeada, quando o carbono contido na matéria orgânica foi totalmente oxidado. Após o resfriamento adicionou-se 10 mL de água destilada.

Na etapa de destilação o tubo contendo a matéria orgânica decomposta foi acoplado no aparelho de destilação e adicionou-se 20 mL de Hidróxido de Sódio 50%. Um erlenmeyer foi adaptado ao sistema com solução de Ácido Bórico 2% e com os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol onde recebeu o destilado.

Na etapa de titulação, o destilado foi titulado com a solução padrão de Ácido Clorídrico 0,1 (mol/L) e observou-se a mudança da coloração de verde para vermelho. Também foi realizada a titulação com uma prova em branco. A quantidade de proteínas foi obtida através do cálculo da equação 2:

$$\% \text{ Proteína Bruta} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times f \times \text{meq N} \times \text{FC}}{\text{p.a (mg)}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V_a: volume gasto na titulação da amostra

V_b: volume gasto na titulação do branco

N: normalidade da solução de Ácido Clorídrico

f: fator do Ácido Clorídrico

meq N: miliequivalente de Nitrogênio = 14

FC: fator que converte o teor de nitrogênio em proteína bruta = 6,25

p.a: peso da amostra

3.3.5 Determinação de carboidratos

O conteúdo de carboidratos foi calculado pela diferença dos valores encontrados para umidade, proteínas, lipídeos e cinzas em 100 g do produto (AOAC, 1995).

3.4 Extração da Pectina

O procedimento de extração da pectina foi realizado sob refluxo em sistema de condensação com temperaturas 70°C e 100°C e tempos 30 e 60 minutos. A amostra da farinha da casca do maracujá (5 g) foi dissolvida em 250 mL de água acidificada com ácido cítrico pH 2,0.

Para a precipitação da pectina, a solução de extrato ácido quente foi filtrada em um tecido fino, sendo descartado o conteúdo do filtro. O filtrado (contendo a pectina) foi resfriado a 4°C e posteriormente centrifugado por 30 min a 3600 rpm e o sobrenadante separado. Adicionou-se ao sobrenadante, o dobro de etanol (1:2 v/v), a mistura foi agitada por 10 minutos e deixada em repouso por 24h para permitir a precipitação da pectina. A pectina precipitada foi separada por filtração, lavada com etanol absoluto e seca em estufa a 45°C até peso constante (CANTERI et al., 2005; KLIEMANN, 2006; PINHEIRO, 2007; LIEW, CHIN e YUSOF, 2014).

O rendimento da pectina (Rp) foi calculado usando a equação 3:

$$Rp (\%) = \frac{\text{Massa pectina (g)}}{\text{Massa amostra (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

3.5 Determinação do Grau de Esterificação

Para a determinação do grau de esterificação, pesou-se 0,2 g de pectina que foi umedecida com álcool etílico 95%. Em seguida, adicionou-se 20 mL de água destilada aquecida a 40°C, tal solução foi mantida sob agitação até dissolução da pectina. Em

seguida a solução foi titulada com NaOH 0,1 (mol/L) na presença de fenolftaleína e o resultado foi registrado como o volume de titulação inicial (V_1). Posteriormente, adicionou-se 10 mL da solução de NaOH 0,1 (mol/L) à amostra e agitou-se a solução por 2 horas. Em seguida adicionou-se 10 mL de HCl 0,1 (mol/L) e realizou-se titulação com NaOH 0,1 (mol/L) novamente. O volume de titulação foi registrado como volume de titulação final (V_2), uma vez que a cor rosa apareceu (LIEW, CHIN E YUSOF, 2014; HOSSEINI et al., 2019). O grau de esterificação (DE) foi calculado usando a equação 4:

$$\% \text{ DE} = \frac{V_2}{V_2 + V_1} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

3.6 Preparação das sementes de maracujá amarelo

As sementes de maracujá foram separadas manualmente da polpa, lavadas com água e secas em estufa de circulação de ar a 60°C até peso constante. Posteriormente, as sementes foram trituradas em um liquidificador e armazenadas a -18°C, até a sua utilização (BARRALES, REZENDE E MARTÍNEZ, 2015).

3.6.1 Caracterização química das sementes do maracujá

As sementes foram analisadas quanto à sua composição centesimal. As análises de umidade e cinzas foram realizadas de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os lipídios totais foram extraídos pelo método Soxhlet usando hexano como solvente (FERRARI, COLUSSI E AYUB, 2004; PUROHIT et al., 2021). A proteína bruta foi determinada pelo processo de digestão de Kjeldahl, descrito pela AOAC (1995).

Os carboidratos totais foram determinados pelo resultado da diferença entre 100 e a soma dos parâmetros de umidade, cinzas, lipídios e proteínas (AOAC, 1995).

3.7 Extração do óleo das sementes de maracujá amarelo

Para extração do óleo das sementes dos maracujás, o método Soxhlet foi utilizado como método de extração e o hexano como solvente. Para cada extração, 20 g de amostra seca foram embalados em papel filtro e inseridos no extrator Soxhlet contendo 300 mL de hexano. O sistema foi aquecido até a ebulição e a extração foi mantida sob refluxo por 6h. Após a extração, o solvente foi evaporado em um evaporador rotativo sob pressão reduzida a 60°C. O óleo obtido foi pesado e armazenado a -18°C (FERRARI, COLUSSI e AYUB, 2004; PUROHIT et al., 2021).

O rendimento da extração de óleo (Ro) foi calculado baseado na metodologia descrita por Barrales, Rezende e Martínez (2015) de acordo com a Equação 5:

$$Ro (\%) = \frac{\text{Massa óleo (g)}}{\text{Massa semente (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

3.7.1 Esterificação dos ácidos graxos

A composição de ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa. Para tanto, as amostras foram previamente esterificadas. Primeiramente pesou-se 25 mg da amostra de óleo em um tubo de centrifugação, onde foi adicionado 0,5 mL de solução de hidróxido de potássio em metanol (0,5 mol/L). Em seguida agitou-se em vórtex por 2 minutos e adicionou-se 2 mL de hexano para extrair os ácidos graxos metilados, sendo novamente agitado por 2 minutos. A amostra foi, então, centrifugada por 5 minutos a 3600 rpm, a 25°C (LIMA, 2019). Separou-se o sobrenadante contendo a fase orgânica (hexano + ácidos metilados). O processo de extração com hexano e transferência da fase orgânica foi realizado mais duas vezes (CARVALHO, 2019).

3.7.2 Condições cromatográficas

A análise cromatográfica foi realizada utilizando-se um cromatógrafo a gás equipado com coluna de sílica fundida DB-5 (30 m × 0,25 mm, espessura do filme de

0,25 μm) e acoplado a um espectrômetro de massas (Shimadzu modelo GCMS-QP2010 Ultra). O gás de arraste utilizado foi o hélio com fluxo de 1,6 mL min⁻¹. A temperatura do injetor foi de 300°C, sendo a temperatura inicial da coluna 60°C mantida por 4 minutos, seguido de aquecimento a 3°C min⁻¹ até 260°C, permanecendo isotermicamente por 5 min. O volume de injeção da amostra foi de 1,0 μL (10 mg mL⁻¹ em CH₂Cl₂) com razão de split 1:20, a pressão da coluna foi de 100 kPa, temperatura da fonte de íons a 200 °C e a temperatura da interface a 300°C. O processo de ionização foi por impacto de elétrons (70 eV) e a amplitude de varredura foi de 35 a 1000 Da. As identificações dos ácidos graxos foram realizadas pela comparação dos espectros de massas com o banco de dados da biblioteca (WILEY7.LIB) e com a literatura (GEÖKZE, 2011; ADAMS, 2017).

3.8 Obtenção das cápsulas

A obtenção das cápsulas foi efetuada através da técnica de gelificação iônica pela metodologia de gotejamento. Primeiramente, foram preparadas as soluções poliméricas com diferentes concentrações de Pectina ATM (Alto Teor de Metoxilação) ou Pectina BTM (Baixo Teor de Metoxilação). Todas as soluções continham a mesma concentração de alginato (1%) e tween 80 (1%) e foram diluídas em água destilada. A Tabela 2 apresenta as concentrações de Pectina ATM e BTM de cada formulação.

Tabela 2. Concentrações de pectina ATM e BTM realizadas para cada formulação.

Formulação	Pectina	Concentração de Pectina (%)
1	Pectina ATM	0,5
2	Pectina ATM	1,0
3	Pectina BTM	0,5
4	Pectina BTM	1,0

Depois que as soluções ficaram completamente dissolvidas, adicionou-se cerca de 1,5 g de óleo da semente de maracujá e as soluções permaneceram sob agitação até a formação de uma emulsão. As emulsões foram gotejadas com o auxílio de uma

seringa com agulha de calibre 22G, sobre uma solução de cloreto de cálcio 2% (p/v) em um béquer sob agitação pelo período de 2 horas. Em seguida, as esferas úmidas foram peneiradas e lavadas com água destilada para a remoção dos íons de cálcio remanescentes (SAMPAIO, 2018).

3.8.1 Rendimento de encapsulação

O rendimento de encapsulação (Re) foi calculado a partir da massa de sólidos totais a ser encapsulada e a massa das microcápsulas obtidas de acordo com (HADNADEV et al., 2023), através da equação 6:

$$\text{Re (\%)} = \frac{\text{Massa microcápsulas (g)}}{\text{Sólidos totais da emulsão (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

3.8.2 Eficiência de encapsulação

Para determinar a quantidade de óleo encapsulado, foi necessário realizar a liberação do óleo das partículas, para tanto, adicionou-se uma solução aquosa de citrato de sódio na concentração de 3% (p/v) às microcápsulas (CÉLIS, 2014; LEMOS, 2017). Após essa etapa a amostra homogeneizada foi transferida para um béquer onde adicionou-se 5 mL de clorofórmio e 10 mL de metanol. Adicionou-se novamente 5 mL de clorofórmio e 5 mL de água. Agitou-se com o auxílio de um agitador mecânico, por 15 minutos, em capela química. O material homogeneizado foi filtrado em um funil de vidro com papel filtro para um funil de separação. Após completa separação, a camada de clorofórmio (inferior) foi recolhida em balão de fundo chato de 300 mL, previamente tarado. O solvente foi evaporado em um evaporador rotativo e posteriormente o balão foi transferido para uma estufa a 105°C até peso constante (IAL, 2008). A eficiência de encapsulação (EE) foi determinada pela equação 7 (KIM et al., 2016).

$$EE (\%) = \frac{\text{Massa óleo extraído (g)}}{\text{Massa óleo inicial (g)}} \quad (\text{Equação 7})$$

3.8.3 Análise do tamanho das cápsulas

O tamanho das cápsulas foi avaliado utilizando um paquímetro digital King Tools com a escala de 0 a 150 mm (MORAIS, 2015).

3.8.4 Microscopia óptica

As cápsulas foram observadas via microscopia óptica para serem analisadas as diferentes estruturas. Cerca de três unidades de microcápsulas foram adicionadas e espalhadas sobre uma lâmina de vidro. Em seguida, foram visualizadas no microscópio óptico binocular (modelo CX21, Olympus) com ampliação de 40 vezes (VASCONCELOS, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento da farinha da casca do maracujá amarelo foi de 8,40% em relação ao peso total da casca *in natura*. Valores semelhantes foram observados por Spinosa (2016), com rendimento de 7,2% e Martins et al. (2021) com rendimento de 6,86%.

4.1 Composição química da farinha da casca do maracujá amarelo

Os resultados da composição centesimal da farinha da casca do maracujá amarelo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal da farinha da casca do maracujá amarelo.

Análise (%)	Valor*
Umidade	6,13 ± 0,22
Cinzas	8,75 ± 0,09
Lipídios	0,92 ± 0,17
Proteínas	6,28 ± 0,10
Carboidratos	77,92 ± 0,50

*Média ± desvio padrão (n=3).

O valor de umidade obtido para a farinha da casca do maracujá foi satisfatório, pois encontra-se dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estipula o máximo de 15% (m/m) de umidade para farinhas (BRASIL, 2005). Este resultado foi aproximado aos observados por Santos et al. (2015) e Lima et al. (2016) que avaliaram a farinha da casca de maracujá e obtiveram 5,73% e 7,42% de umidade, respectivamente.

O teor de cinzas encontrado de 8,75% é aproximado aos valores verificados nos trabalhos de Dias (2016) de 8,80% e Silva et al. (2015) de 8,70%. Segundo Kliemann (2006), esse resultado indica que a casca do maracujá é uma boa fonte de minerais. O baixo valor de lipídios (0,92%) também foi observado por Silva et al. (2015), com 1,10% e López-Vargas et al. (2013) com 1%.

A quantidade de proteínas do presente estudo foi de 6,28%, superior aos valores encontrados por Pinheiro (2007) e Kliemann (2006) com 4,05% e 5,15%, respectivamente.

O teor de carboidratos foi de 77,92%, aproximado aos de Santos et al. (2015) com 77,27% e Jinkings, Gonçalves e Silva (2020) com 71%.

As variações na composição centesimal estão relacionadas com o estágio de maturação do fruto, lugar de plantio, adubação, irrigação além das condições genéticas da planta (KLIEMANN, 2006; MARTINS et al., 2021).

4.2 Rendimento e Grau de Esterificação da Pectina

Os resultados obtidos para o rendimento da pectina (Rp) e o grau de esterificação (DE) estão apresentados na Tabela 4. O rendimento variou de 14,41% a 19% e o grau de esterificação das pectinas extraídas variou de 34,28% a 54,14%.

Tabela 4. Rendimento e grau de esterificação das pectinas extraídas.

Ensaio	T (°C)	Tempo (min)	Rp (%)	DE (%)
1	70	30	14,41 ± 0,67	53,60 ± 1,79
2	70	60	14,35 ± 0,96	54,14 ± 1,96
3	100	30	14,52 ± 0,73	42,46 ± 0,75
4	100	60	19,00 ± 1,76	34,28 ± 0,54

*Média ± desvio padrão (n=3).

Os valores de rendimento de pectina obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos encontrados por Yapo e Koffi (2006) e Kulkarni e Vijayanand (2010) que realizaram a extração de pectina da casca de maracujá amarelo e obtiveram um rendimento de 13,40% e 14,80%, respectivamente.

Canteri et al. (2005) em estudos com o bagaço da maçã em diferentes tempos de extração e concentrações de ácido cítrico, observaram rendimentos variando entre 12,98% a 20,92%.

O rendimento máximo de pectina foi de 19%, obtido nas condições de temperatura de 100°C e tempo de 60 minutos. Os resultados indicam que quanto maior a temperatura e o tempo de extração, maior o rendimento da pectina, porém o grau de esterificação observado nas mesmas condições foi de 34,28%, classificando a pectina como BTM (Baixo Teor de Metoxilação).

O maior rendimento da pectina ATM (Alto Teor de Metoxilação) foi de 14,41% com o grau de esterificação 53,60% obtido nas condições de temperatura 70°C e tempo de 30 minutos. Este valor é semelhante ao de Liew, Chin e Yusof (2014) que realizaram um estudo para avaliar o teor de pectina em casca de maracujá amarelo e encontraram 14,60% de rendimento e 54,78% grau de esterificação.

Os resultados podem ser consequência da degradação da pectina pela alta temperatura e maior período de extração (KULKARNI E VIJAYANAND, 2010). Segundo Freitas et al. (2020), temperaturas altas contribuem para a dissolução do soluto e conseqüentemente para o aumento do rendimento da extração. Porém, estudos verificaram que altas temperaturas influenciam na redução do grau de esterificação.

Além disso, segundo Liew, Chin e Yusof (2014) o tempo de extração afeta significativamente no grau de esterificação. Quanto maior o tempo de extração maior o rendimento, porém períodos de extração prolongados podem causar a degradação da pectina.

4.3 Composição química das sementes do maracujá amarelo

Os resultados da composição centesimal das sementes do maracujá amarelo encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Composição centesimal das sementes do maracujá amarelo.

Análise	Valor*
Umidade	1,98 ± 0,06
Cinzas	1,27 ± 0,03
Lipídeos	27,43 ± 0,95
Proteínas	12,08 ± 0,45
Carboidratos	57,24 ± 1,13

*Média ± desvio padrão (n=3).

O teor de umidade reportado neste estudo é aproximado ao encontrado por Alves et al. (2014) com valor de umidade de 2,52%. Por outro lado, o resultado obtido é inferior aos observados por Pereira (2017) e Barbieri e Leimann (2014) que obtiveram valores de umidade de 8% e 7,17%, respectivamente.

Segundo Lima (2019), valores de umidade abaixo de 10% são ideais para a extração de compostos lipídicos para que não ocorra interferência negativa no processo extrativo e na qualidade do extrato.

A quantidade de cinzas obtida é menor que o teor observado por Barrales et al. (2015) de 6,6% e coincidente com os valores de cinzas encontrados nas pesquisas de Malacrida e Jorge (2012) com 1,27% e Alves et al. (2014) com 1,31%.

O valor de proteínas observado é aproximado dos trabalhos de Malacrida e Jorge (2012), Lima (2019), e Reis (2018) que obtiveram 12,23%, 13,15% e 13,07% de proteínas, respectivamente.

O teor de carboidratos da semente de maracujá amarelo do presente trabalho é similar aos resultados obtidos por Alves et al. (2014) com 60,12% e Barrales, Rezende e Martínez (2015) com 51,5%.

As variações das quantidades de nutrientes presentes nas sementes de maracujá podem ser decorrentes da origem da semente, do método de cultivo, das características climáticas e do solo, e das formas de processamento da fruta (LIMA, 2019).

4.4 Rendimento de óleo extraído das sementes de maracujá amarelo

O rendimento de óleo obtido no presente trabalho foi de 27,43%. Resultados semelhantes foram relatados por Ferrari, Colussi e Ayub (2004) com a quantidade de 25,7% de óleo, Purohit et al. (2021) com valores que variaram entre 22 a 30% do conteúdo de óleo, e Krambeck et al. (2018) com rendimento de 24,39% de óleo. Ambos os trabalhos também efetuaram o processo de extração em extrator tipo soxhlet sendo o hexano utilizado como solvente.

4.5 Identificação dos ácidos graxos

A identificação das substâncias componentes do óleo da semente de maracujá foi realizada após a obtenção de ésteres metílicos de ácidos graxos. A Figura 7 apresenta o cromatograma dos ésteres metílicos observados no óleo.

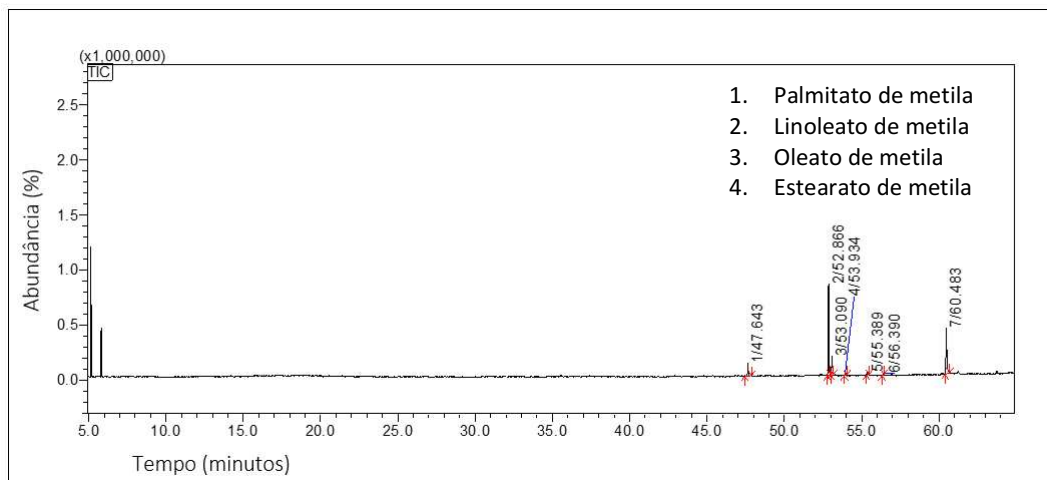


Figura 7. Cromatograma de identificação dos ésteres de ácidos graxos.

Após a análise do cromatograma apresentado, verificou-se quatro compostos presentes em maior quantidade no óleo da semente de maracujá. Os ésteres de ácidos graxos identificados foram: palmitato de metila, linoleato de metila, oleato de metila, e estearato de metila. Nas figuras 8, 9, 10 e 11 encontram-se os espectros de massas dos ésteres metílicos de ácidos graxos obtidos.

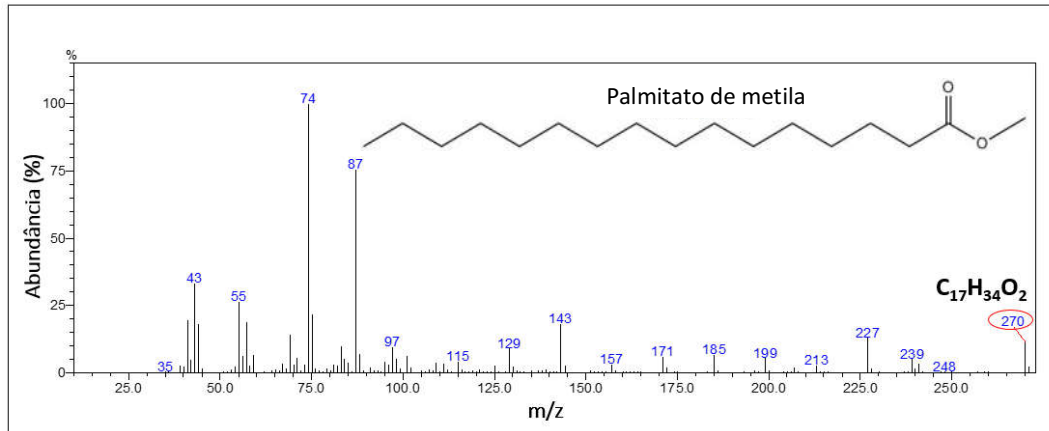


Figura 8. Espectro de massa palmitato de metila.

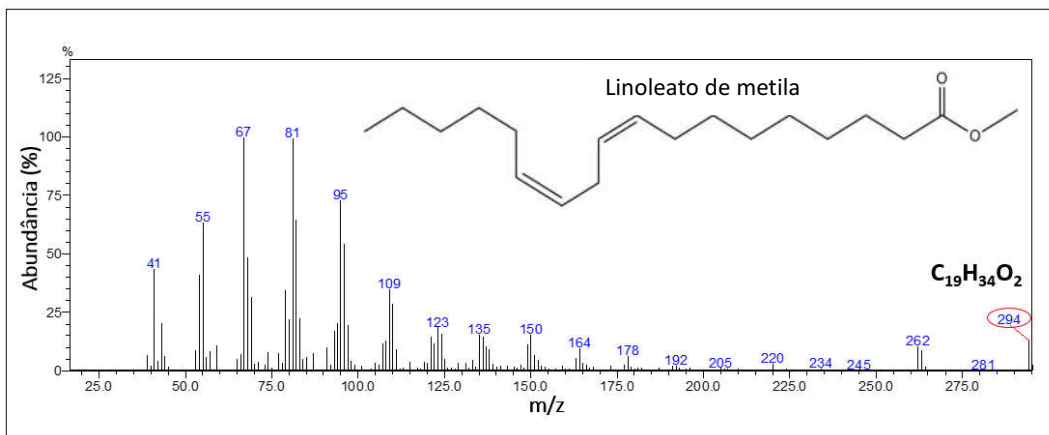


Figura 9. Espectro de massa linoleato de metila.

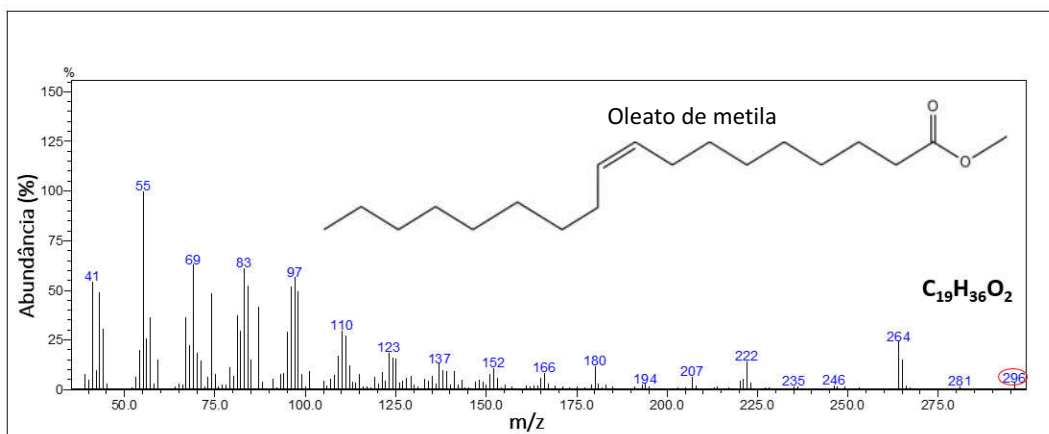


Figura 10. Espectro de massa oleato de metila.

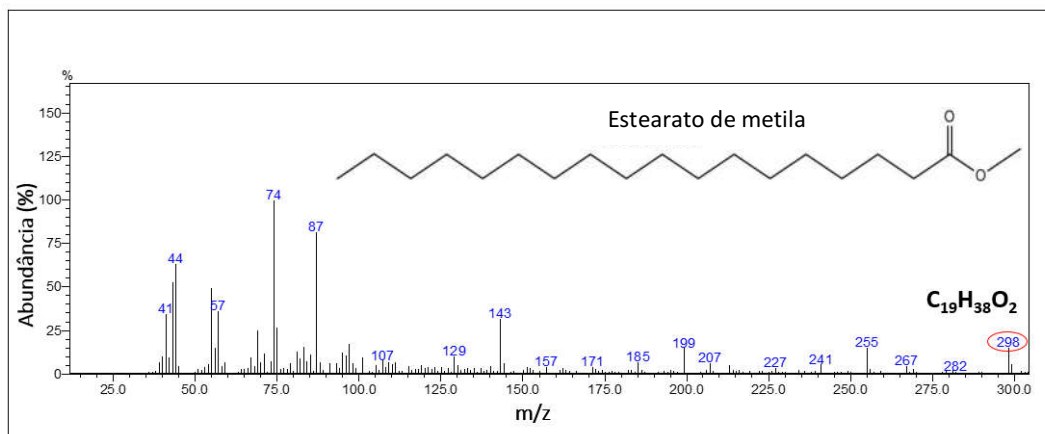


Figura 11. Espectro de massa estearato de metila.

A composição de ácidos graxos do óleo de semente de maracujá amarelo está representada na Tabela 6.

Tabela 6. Composição de ácidos graxos do óleo da semente do maracujá amarelo.

Ácidos Graxos	Valores (%)
Linoleico (C18:2 n-6)	49,69
Oleico (C18:1 n-9)	10,21
Palmítico (C16:0)	6,60
Estearico (C18:0)	1,70

O ácido graxo encontrado em maior quantidade foi o ácido linoleico (49,69%). Ferrari, Colussi e Ayub (2004), Barrales, Rezende e Martínez (2015) e Santos et al. (2020) também encontraram este ácido em maior quantidade, porém os teores foram mais elevados com 68,79%, 67% e 57,92%, respectivamente.

O segundo ácido graxo observado em maior quantidade foi o ácido oleico (10,21%). Valor inferior aos obtidos por Ferrari, Colussi e Ayub (2004) e Barrales et al. (2015) que encontraram 18,06% e 16,5%, respectivamente.

O terceiro ácido foi o palmítico com 6,6%, este valor é aproximado dos encontrados por Alves et al. (2014) com quantidades que variaram entre 7,77 a 8,79% de ácido palmítico. Por outro lado, Ferrari, Colussi e Ayub (2004) e Barrales et al. (2015) encontraram resultados superiores com 12,94 e 11,5%, respectivamente.

O ácido esteárico foi o quarto ácido encontrado, com 1,7%. Este valor assemelha-se com os resultados de Liu et al. (2008) que obtiveram 1,66% de ácido esteárico.

O teor médio de ácidos graxos insaturados (59,90%) foi superior aos ácidos graxos saturados (8,3%). Esse resultado destaca a qualidade química e nutricional desse óleo, pois possui 49,69% de ácidos graxos poli-insaturados.

4.6 Encapsulação

4.6.1 Rendimento e eficiência de encapsulação

A Tabela 7 apresenta a concentração de pectina das formulações e os valores de rendimento e eficiência das microcápsulas de óleo de maracujá amarelo.

Tabela 7. Concentração de pectina, rendimento e eficiência das microcápsulas de óleo de maracujá amarelo.

Formulação	Concentração de Pectina (%)	Rendimento (%)	Eficiência (%)
1	Pectina ATM - 0,5	85,34	30,12
2	Pectina ATM - 1,0	78,24	24,16
3	Pectina BTM - 0,5	84,78	22,28
4	Pectina BTM - 1,0	71,94	19,48

As quatro formulações obtiveram um resultado superior a 70% de rendimento, indicando que os polímeros utilizados, pectina e alginato de sódio foram eficazes na formação das microcápsulas contendo óleo de maracujá.

No entanto, a formação de microcápsulas não é garantia de que as mesmas possuam o núcleo preenchido com óleo, desta forma, a determinação da eficiência de encapsulação deve ser considerada (JUSTI, SANJINEZ-ARGANDOÑA e MACEDO, 2018).

As eficiências de encapsulação do óleo de maracujá observadas para todas as formulações foram baixas. O melhor resultado de 30,12% foi obtido para formulação 1 (pectina com Alto Teor de Metoxilação 0,5%).

Madziva, Kailasapathy e Phillips (2005) produziram microcápsulas incorporadas com ácido fólico usando combinações de polímeros alginato e pectina, e observaram que os valores de eficiência variaram entre 55-89%.

O resultado obtido no presente trabalho pode ter sido influenciado pelo teor de óleo encapsulado, cerca de 22% v/v. Benavides et al. (2016) desenvolveram microesferas de alginato contendo óleo essencial de tomilho por gelificação iônica e observaram a diminuição da eficiência de encapsulação pelo aumento do teor de óleo essencial. Segundo os estudos, a diminuição da eficiência pode ser explicada pela capacidade limitada da cápsula em conter óleo.

Pasqualim et al. (2010) encapsularam óleo de semente de uva em micropartículas de alginato de sódio pela metodologia de gelificação iônica. Os resultados demonstraram que as partículas formadas com alginato de sódio e cloreto de cálcio, ambos com a concentração de 1,0%, suportaram até 20% de óleo.

Além disso, segundo Aranha (2015), a gelificação iônica é um procedimento adequado para encapsular compostos hidrofóbicos por ser simples e brando e não empregar altas temperaturas e nem solventes orgânicos. No entanto, as cápsulas resultantes podem apresentar uma parede porosa permitindo a difusão de compostos.

Chew et al. (2015) encapsularam o óleo da semente de Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) com material de parede composto por alginato e pectina de alta metoxilação. Com objetivo de reforçar a estrutura das microcápsulas foi realizado um revestimento com quitosana.

Vaziri et al. (2018) estudaram a microencapsulação de bactérias probióticas *Lactobacillus plantarum* e o ácido graxo DHA, utilizando alginato, pectina e gelatina como materiais encapsulantes e observaram resultados de eficiência de encapsulamento que variaram entre 97,5 – e 99,9%, sendo que os menores valores obtidos foram na ausência de gelatina.

Aranha (2015) estudou o processo de microencapsulação de corante de buriti por gelificação iônica associada à interação eletrostática, investigando o efeito da

aplicação do alginato, pectina e proteínas do soro de leite como materiais de parede. Observaram valores de eficiência de encapsulação que variaram 55,44 - 88,73% para microcápsulas de alginato com recobrimento proteico e 61,64 - 82,20% para microcápsulas de pectina com recobrimento proteico.

4.6.2 Tamanho das cápsulas

A Tabela 8 apresenta os tamanhos observados das quatro formulações de cápsulas.

Tabela 8. Tamanhos das cápsulas obtidas.

Formulação	Pectina (%)	Tamanho das cápsulas (mm)*
1	Pectina ATM – 0,5	0,95 ± 0,11
2	Pectina ATM – 1,0	1,13 ± 0,03
3	Pectina BTM – 0,5	0,96 ± 0,04
4	Pectina BTM – 1,0	1,18 ± 0,16

*Média ± desvio padrão (n=3).

O tamanho das cápsulas variou entre 0,95 e 1,18 mm. Seguindo a classificação de Baker (1986), que estabeleceu a classificação do tamanho de cápsulas em três classes: macro (>5000 µm), micro (0,2-5000 µm) e nanocápsulas (< 0,2 µm), as cápsulas obtidas no presente trabalho podem ser classificadas como microcápsulas.

Segundo Jones et al. (2010) o tamanho e a estabilidade das partículas de biopolímero formadas dependem do tipo de pectina utilizada, com pectina de alto grau de esterificação resultando em partículas menores e mais estáveis do que pectina de baixo grau de esterificação.

4.6.3 Microscopia óptica

A partir das observações feitas na Figura 12, por microscopia ótica, é possível perceber que as partículas com menor concentração de pectina (0,5%), formulações 1 e 3, apresentaram formatos esféricos. Enquanto que as formulações 2 e 4, com 1% de pectina apresentaram o predomínio de formação de microcápsulas em formato oval.

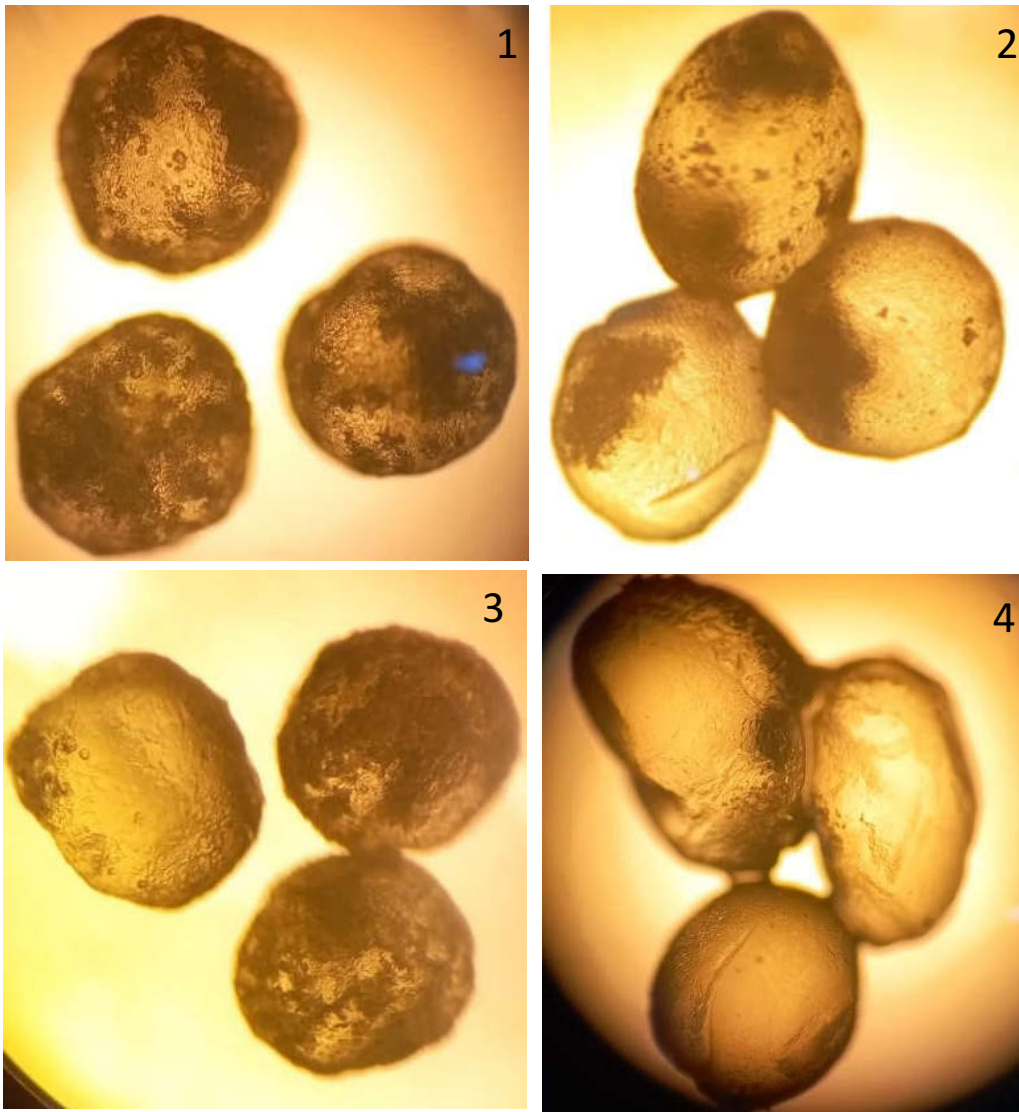


Figura 12. Fotos obtidas por MO de partículas de alginato e pectina. Foto 1 - 0,5% pectina ATM, foto 2 - 1% pectina ATM, foto 3 - 0,5% pectina BTM e foto 4 - 1% pectina BTM.

Célis (2014), observou em seu trabalho que as partículas de alginato apresentaram formato esférico e as partículas de pectina apresentaram formatos esféricos e ovais.

Madziva, Kailasapathy e Phillips (2005) produziram microcápsulas incorporadas com ácido fólico usando combinações de alginato e pectina e observaram cápsulas mais robustas e maior eficiência de encapsulamento, porém as cápsulas perderam sua forma esférica como consequência do aumento da pectina.

5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstra que, existe um grande potencial de agregação de valor aos subprodutos provenientes do processamento do maracujá.

A farinha da casca do maracujá amarelo apresentou características satisfatórias quanto a composição centesimal. Foram extraídas pectinas de alto grau de esterificação e de baixo grau de esterificação, sendo que a última apresentou o maior rendimento de 19%.

O processo de extração do óleo da semente de maracujá realizado pelo método Soxhlet resultou em rendimento de 27,43% de óleo. Os ácidos graxos insaturados encontrados em maior quantidade no óleo da semente de maracujá foram o ácido linoleico (49,69%) e o oleico (10,21%).

O rendimento de microencapsulação de 71,94 a 85,34%, indica que a pectina extraída da casca do maracujá é eficaz na formação de microcápsulas contendo óleo de maracujá quando combinada com o alginato de sódio. No entanto, a baixa eficiência de encapsulação observada, pode ser justificada pela quantidade de óleo encapsulado e pela porosidade desses polímeros.

6 REFERÊNCIAS

ABBOUD, K.Y.; DA LUZ, B.B.; DALLAZEN, J.L.; WERNER, M.F.P.; CAZARIN, C.B.B.; MARÓSTICA JUNIOR, M.R.; IACOMINI, M.; CORDEIRO, L.M.C. Gastroprotective effect of soluble dietary fibres from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel against ethanol-induced ulcer in rats. **Journal of Functional Foods**. 54,2019.

ABBOUD, K.Y.; IACOMINI, M., SIMAS, F.F., CORDEIRO, L.M.C. High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition. **Carbohydrate Polymers**. 246,116616, 2020.

ABRAHÃO, F. R., ROCHA, L. C. R., SANTOS, T. A., DO CARMO, E. L., PEREIRA, L. A. S., BORGES, S. V., & BOTREL, D. A. Microencapsulation of bioactive compounds from espresso spent coffee by spray drying. **LWT**. 103, 116-124, 2019.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4.1 ed. **Waco: Allured Publishing**. 804, 2017. ISBN 978-1-932633-21-4.

ALMEIDA, Eduardo Genner Ferreira de. **Propriedades vibracionais dos ácidos esteárico e palmítico**. 2014. 73 f. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de Concentração: Bioprospecção e Manejo de Recursos Naturais da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém.

ANTONIASSI, R.; ARRIEL, N.H.C.; GONÇALVES, E.B.; FREITAS, S.C.; ZANOTTO, D.L.; BIZZO, H.R. **Revista Ceres**. 60, 301-310, 2013.

ALVES, A; DA SILVA, M.F.L; CASAL, S; PEREIRA, J.A. Composição da semente e caracterização do óleo de semente de maracujá, *Passiflora edulis* Sims *edulis*, provenientes de Portugal. In **3º Simpósio Nacional de Fruticultura**. Vila Real. 486-493, 2014.

ARANHA, C. P. M. **Microencapsulação por gelificação iônica e interação eletrostática do corante de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f)**. 2015. 116f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2015.

ARAÚJO, A.J.B., SANTOS, N.C., BARROS, S.L., VILAR, S.B.O., SCHMIDT, F.L., ARAÚJO, F.P., AZEVÊDO, L.C. caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**. 2, 14-22, 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods Association Of Official Analytical Chemists**. Arlington, 16th ed., 1995.

BAKER, R. Controlled release of biologically active agents. New York: John Wiley & Sons, 1986.

BALLESTEROS, L.F.; RAMIREZ, M.J.; ORREGO, C.E.; TEIXEIRA, J.A.; MUSSATTO, S.I. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. **Food Chemistry**. 237, 2017.

BARBIERI, J. C.; LEIMANN, F. V. Extração de Óleo da Semente do Maracujá e Microencapsulação em Poli (ϵ -Caprolactona). **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2014.

BARRALES, F.M.; REZENDE, C.A.; MARTÍNEZ, J. Supercritical CO₂ extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**. 104, 2015.

BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A., BUŠIĆ, A., BARIŠIĆ, L., VRSALJKO, D., KARLOVIĆ, S., ŠPOLJARIĆ, I., VOJVODIĆ, A., MRŠIĆ, G., KOMES, D. Emulsion templated microencapsulation of dandelion (*Taraxacum officinale* L.) polyphenols and β -carotene by ionotropic gelation of alginate and pectin. **Food Hydrocolloids**. 57, 139-152, 2016.

BENAVIDES, S.; CORTÉS, P.; PARADA, J.; FRANCO, W. Development of alginate microspheres containing thyme essential oil using ionic gelation. **Food Chemistry**. 204, 2016.

BERNACCI, L.C. Passifloraceae. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M.; MELHEM, T.S. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa, FAPESP.3, 247- 274, 2003.

BERNAUD, F. S. R., RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. 57, 397-405, 2013.

BORDIM, J.; AMORIM, J.; SARI, R.; DA SILVA, A. C. T.; SOTILES, A. R.; PEREIRA, E. A. Technological Use of Flour Obtained from the Byproducts of Passion Fruit Albedo and the Residue of the Extraction of the Star Fruit Juice in the Formulation of Cereal Bars. **Orbital: Electron. J. Chem.** 10, 211-217, 2018.

BRASIL, Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução RDC nº 263**. Aprova regulamentos técnicos para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 set. 2005.

CAETANO, L. A.; ALMEIDA, A. J.; GONÇALVES, L. M. D. Effect of experimental parameters on alginate/chitosan microparticles for BCG encapsulation. **Marine drugs**. 14 (5) p. 90, 2016.

CANTERI, M.H.G, FERTONANI, H.C.R., NINA WASZCZYNSKYJ, N., GILVAN WOSIACKI, G. Extraction of Pectin From Apple Pomace. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 48, 259-266, 2005.

CANTERI, M.H.G., SCHEER, A.P., WOSIACKI, G. ET AL. A Comparative Study of Pectin Extracted from Passion Fruit Rind Flours. **J Polym Environ**. 18, 593–599, 2010.

CANTERI, M.H.G., MORENO, M., WOSIACKI, G., SCHEER, A. de P. Pectina: da Matéria-Prima ao Produto Final. **Polímeros**. 22, 149-157, 2012.

CARVALHO, G. C. de. **Composição de ácidos graxos em óleos vegetais obtida por cromatografia gasosa e sua correlação com propriedades térmicas, reológicas, espectroscópicas e outras propriedades físico-químicas**. 2019. 142f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra - CCET, Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), Natal, 2019.

CÉLIS, Fernando Tello. **Partículas de alginato e pectina produzidas por gelificação iônica e recobertas com proteínas**. 2014. 189 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

CHEW, S.C.; TAN, C.P.; LONG, K.; NYAM, K. L. In-vitro evaluation of kenaf seed oil in chitosan coated-high methoxyl pectin-alginate microcapsules. **Industrial Crops and Products**. 76, 2015.

COELHO, A.A. (2008). **Caracterização física e química dos frutos em função do tamanho e estágio de amadurecimento do maracujá-amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener)**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes – RJ, 126 p. Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF.

CÓRDOVA, K. R. V., GAMA, T. M. T. B., WINTER, C. M. G., NETO, G. K., & DE FREITAS, R. J. S. (2005). Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) obtida por secagem. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. 23(2), 221-230, 2005.

CORSINI, M.S. E JORGE, N. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Quim. Nova.** 31, 956-961, 2008.

COSTA, M.M.; STREHLAU, S. Alegações de saúde e nutrição no consumo de alimentos funcionais. **Brazilian Journal of Marketing.** 19(1), 216-236, 2020.

DE FAVERI, A., DE FAVERI, R., BROERING, MF, BOUSFIELD, IT, GOSS, MJ, MULLER, SP, ... & SANTIN, JR. Efeitos da farinha de casca de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.) em distúrbios metabólicos induzidos pela dieta de cafeteria. **Jornal de etnofarmacologia**, 250, 2020.

DELFINI, Fernando de Toledo. **Microencapsulação de óleo da semente do maracujá através da secagem por atomização.** 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

DE PAULA, RC Mattos; SOARES, A. Gomes; FREITAS, S. Pereira. Volatile compounds in passion fruit seed oil (*Passiflora setacea* BRS Perola do Cerrado and *Passiflora alata* BRS Doce Mel). **Chemical Engineering Transactions.** 44, 103-108, 2015.

DEUS, Gilciléia Inacio de. **Efeitos da temperatura de secagem nos teores de compostos cianogênicos totais e fibra alimentar de casca de maracujá.** 2011. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

DIAS, Laís Gonçalves. **Aproveitamento da casca do maracujá em formulações de bebidas lácteas saborizadas com boca boa (*buchenavia tomentosa*) e pêra do cerrado (*eugenia klotzchiana berg*).** 2016. 96f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rio Verde, 2016.

DOLÇA, C.; FERRÁNDIZ, M.; CAPABLANCA, L.; FRANCO, E.; MIRA, E.; LÓPEZ, F.; DAVID GARCÍA, D. Microencapsulation of Rosemary Essential Oil by Co -Extrusion/Gelling Using Alginate as a Wall Material. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences.** 5 (3), 2015.

DOMINGUES J., SILVA, I.M., ANDRADE, E.T., FERREIRA, F. Extração do óleo, produção e caracterização de propriedades físicas do biodiesel de sementes de maracujá *passiflora edulis*. **Engevista.** 16, 1-7,2014.

ETCHEPARE, M. D. A., BARIN, J. S., CICHOSKI, A. J., JACOB-LOPES, E., WAGNER, R., FRIES, L. L. M., & MENEZES, C. R. D. Microencapsulation of probiotics using sodium alginate. **Ciência Rural**. 45, 1319-1326, 2015.

FARIAS, C. P. **Emprego de polissacarídeos alginato de sódio e gelatina no processo de encapsulamento e cinética de liberação de óleo de alho**. 2018. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Bacharelado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FERRARI, R.A.; COLUSSI, F.; AYUB, R.A. Caracterização de Subprodutos da Industrialização do Maracujá - Aproveitamento das Sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 26, 101-102, 2004.

FERREIRA B.S., DE ALMEIDA C.G., FAZA L.P., DE ALMEIDA A, DINIZ C.G, SILVA VLD, GRAZUL RM, LE HYARIC M. Comparative Properties of Amazonian Oils Obtained by Different Extraction Methods. **Molecules**.16(7):5875-5885, 2011.

FRAEYE, I., COLLE, I., VANDEVENNE, E., DUVETTER, T., BUGGENHOUT, S.V., MOLDENAERS, P., LOEY, A.V., HENDRICKX, M. Influence of pectin structure on texture of pectin–calcium gels. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 11 , 401–409, 2010.

FRANCISCO, L.M.B., ROSSETO, H.C., TOLEDO, L.A.S., SANTOS, R.S., FERREIRA, S.B.S., BRUSCHI, M.L. Organogel composed of poloxamer 188 and passion fruit oil: Sol-gel transition, rheology, and mechanical properties. **Journal of Molecular Liquids**. 289, 2019.

FREITAS, C. M. P., SOUSA R. C. S., DIAS, M. M. S., COIMBRA J. S. R. Extraction os Pectin from Passion Fruit Peel. **Food Engineering Reviews**. 12, 460–472, 2020.

FUENTES, P. H. A. (2011). **Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento**. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

GEÖCZE, Katalin Carrara. **Exploratory analysis of carotenoids, essential oils and triacylglycerides of pequi (Varyocar brasiliense Camb.) from brazilian districts located in the cerrado biome**. 2011. 229 f. Tese (Doutorado em Agroquímica analítica; Agroquímica inorgânica e Físico-química; Agroquímica orgânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. 40 (9), 2007.

GOMES, C. A. O., ALVARENGA, L. B., FREIRE JUNIOR, M., CENCI, S.A. Hortaliças minimamente processadas - Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica, (Agroindústria Familiar)**. 2005.

GUSSO, A.P.; MATTANNA, P.; PELLEGRINI, L.G.; CASSANEGO, D.B.; RICHARDS, N.S.P.S.; RIBEIRO, A.S. Comparação de diferentes métodos analíticos para quantificação de lipídios em creme de ricota. **Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"**. 67 (389),51-55, 2012.

HADNAĐEV, M., KALIĆ, M., KRSTONOŠIĆ, V., JOVANOVIĆ-LJEŠKOVIĆ, N., ERCEG, T., ŠKROBOT, D., & DAPČEVIĆ-HADNAĐEV, T. Fortification of chocolate with microencapsulated fish oil: Effect of protein wall material on physicochemical properties of microcapsules and chocolate matrix. **Food Chemistry: X**, 17, 100583, 2023.

HERNÁNDEZ, P. B. N.; DURÁN, A. C. Chemical and sensory characterization of corn oil flavoured by citrus. **Brazilian Journal of Food Technology**. 23, 1- 11, 2020.

HOSMER, C.; MOHNEN, D. The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. **Carbohydrate Research**. 344 (14), 2009.

HOSSEINI, S. S., KHODAIYAN, F., KAZEMI, M., NAJARI, Z. Optimization and characterization of pectin extracted from sour orange peel by ultrasound assisted method. **International Journal of Biological Macromolecules**. 125, 621–629, 2019.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 12 abr. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Ed. São Paulo, 2008.

JAMES, NK da S. **Estabilização de óleos vegetais poli-insaturados (Punica granatum e Glicine max) por microencapsulamento em spray dryer**. 2018 Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2018.

JANEIRO, D. I., QUEIROZ, M. D. S. R. D., RAMOS, A. T., SABAA-SRUR, A. U., CUNHA, M. A. L. D., & DINIZ, M. D. F. F. Efeito da farinha da casca do maracujá-amarelo (Passiflora

edulis f. flavicarpa Deg.) nos níveis glicêmicos e lipídicos de pacientes diabéticos tipo 2. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 18, 724-732, 2008.

JINKINGS, L.M., GONÇALVES, I.S., SILVA, A.S.S. Elaboração da farinha de *Passiflora edulis* Sims (maracujá amarelo) a partir do exocarpo e o estudo da composição centesimal. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**. 3, 52-58, 2020.

JONES, O. G., LESMES, U., DUBIN, P., MCCLEMENTS, D. J. Effect of polysaccharide charge on formation and properties of biopolymer nanoparticles created by heat treatment of β -lactoglobulin–pectin complexes. **Food Hydrocolloids**. 24(4), 374-383, 2010.

JORGE, N. Química e tecnologia de óleos vegetais. **Cultura Acadêmica**. 1, p. 165, 2009.

JUSTI, P. N., SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J., & MACEDO, M. L. R. Microencapsulation of Pequi pulp oil by complex coacervation. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 40, 2018.

KAYA, M., SOUSA, A. G., CRÉPEAU, M. J., SØRENSEN, S. O., & RALET, M. C. Characterization of citrus pectin samples extracted under different conditions: influence of acid type and pH of extraction. **Annals of botany**. 114(6), 1319–1326, 2014.

KIM, E. S., LEE, J. S., LEE, H. G. Calcium-alginate microparticles for sustained release of catechin prepared via an emulsion gelation technique. **Food science and biotechnology**. 25, 1337-1343, 2016.

KLIEMANN, Erika. **Extração e Caracterização da Pectina da Casca do Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-graduação em ciência dos alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

KRAMBECK, K., SANTOS, D., OLIVEIRA, A., PINTADO, M.E., SILVA, J.B., LOBO, J.M.S., MAAMARAL, M.H. Optimization of extraction parameters on the antioxidant activity of passion fruit waste. **Academia Journal of Medicinal Plants**. 6, 209-213, 2018.

KULKARNI, S.G., VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. flavicarpa L.). **LWT – Food Science and Technology**. 43, 1026-1031, 2010.

KUMAR, A., CHAUHAN, G.S. Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. **Carbohydrate Polymers**. 82, 454-459, 2010.

LEE, K. Y., CHOO, W. S. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from watermelon (*Citrullus lanatus*) rind: comparison of hydrochloric and citric acid Extraction. **Journal of Nutraceuticals and Food Science**. 5(1), p. 1, 2020.

LEMOS, Y. P. **Microencapsulação de óleo de buriti por coacervação complexa em matrizes de gelatina/alginato**. 2017. 62 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto, 2017.

LIEW, S.Q., CHIN, N.L., YUSOF, Y.A. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. 2, 231-236, 2014.

LIMA, G.C, VUOLO, M.M., BATISTA, A.G., DRAGANO, N.R.V., SOLON, C., MARÓSTICA JUNIOR, M.R. *Passiflora edulis* peel intake improves insulin sensitivity, increasing incretins and hypothalamic satietogenic neuropeptide in rats on a high-fat diet, **Nutrition**. 2016.

LIMA, Gerlane Souza de. **Óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis f flavicarpa*): diferentes métodos de extração, composição química, citotoxicidade e atividade antioxidante**. 2019. 77f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2019.

LIU, S., YANG, F., LI, J., ZHANG, C., JI, H., HONG, P. Physical and chemical analysis of *Passiflora* seeds and seed oil from China. **International journal of food sciences and nutrition**. 59 (7-8), 706-715, 2008.

LÓPEZ-VARGAS, J.H., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., MANUEL VIUDAMARTO, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**. 51, 756 – 763, 2013.

MACHADO, Celestina Tojal. **Bala de gelatina com colágeno hidrolisado e microcápsulas de maracujá (*Passiflora edulis*)**. 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2020.

MADZIVA, H.; KAILASAPATHY, K; PHILLIPS, M. Alginate–pectin microcapsules as a potential for folic acid delivery in foods. **Journal of Microencapsulation**, v. 22, n. 4, p. 343-351, 2005.

MALACRIDA, Cassia Roberta; JORGE, Neuza. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 55, 127-134, 2012.

MARTINEZ, Renata M. **Preparação e caracterização de partículas coloidais de pectina cítrica e de peptonas vegetais para a aplicação em cosméticos**. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado)- Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MARTINS, I.R.; AMORIM, I.S.; DA SILVA, E.S.S.; AMORIM, D.S.; MONTEIRO, J. DE S.; SENA, K.R.DA C.; ARAÚJO, F.M.M.A.; JOELE, M.R.S.P. Farinha da casca de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Obtenção e caracterização da composição físico-química. 1 Ed. Belo Horizonte: **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. 30-38. 2021.

MATSUURA, Fernando César Akira Urbano. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MAXWELL, E., BELSHAW, N.J., WALDRON, K.W., MORRIS, V.J. Pectin – A Emerging new bioactive food polysaccharide. **Trends in Food Science & Technology** 24, 64-73, 2012.

MELETTI, L.M.M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira Fruticultura**. Volume Especial, 083-091, 2011.

MELO, P.T.S., AOUADA, F.A., MOURA, M.R. Fabricação de filmes bionanocompósitos a Base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. **Química Nova**. 40, 247-251, 2017

MENEZES, M.F.S.C., RODRIGUES, L.Z., CAVALHEIRO, C.P., ETCHEPARE, M.A., MENEZES, C.R. Microencapsulação de probióticos por gelificação iônica externa utilizando pectina. **Ciência e Natura**. 37, 30-37, 2015.

MOHNEN, D. Pectin structure and biosynthesis. **Current Opinion in Plant Biology**. 11, (3), 2008.

MORAIS, A. B. L. **Bioativação de água mineral com adição de microcápsulas de suco de maracujá amarelo (*passiflora edulis*) obtidas pelo processo de gelificação iônica**. 2015. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

MUKAI-CORREA, R., PRATA, A. S., ALVIM, I. D., & GROSSO, C. (2005). Caracterização de microcápsulas contendo caseína e gordura vegetal hidrogenada obtidas por gelificação iônica. **Brazilian Journal of Food Technology**. 8 (1), 73-80, 2005.

NASCIMENTO, E.M.G.C.; ASCHERI, J.L.R.A.; CARVALHO, C.W.P.; GALDEANO, M.C. Benefícios e Perigos do aproveitamento da casca de maracujá (*Passiflora edulis*) como ingrediente na produção de alimentos. **Rev Inst Adolfo Lutz**. 72(1), 1-9, 2013.

OLIVEIRA, Eliana Monteiro Soares de Oliveira. **Caracterização de rendimento das sementes e do albedo do maracujá para aproveitamento industrial e obtenção da farinha da casca e pectina**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

OLIVEIRA, R. C. de.; BARROS, S. T. D. de .; GIMENES, M. L. The extraction of passion fruit oil with green solvents. **Journal of Food Engineering**. 117(4), 458–463, 2013.

OLIVEIRA, C. F. **Aplicação de diferentes tecnologias na extração de pectina presente na casca do maracujá**. 2015. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

OLIVEIRA, D. A., ANGONESE, M., GOMES, C., FERREIRA, S. R. S. Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) by-products: sustainable recovery and biological activities. **The Journal of Supercritical Fluids**. 111, 55-62, 2016.

OLIVEIRA, D.A.; MEZZOMO, N.; GOMES, C.; FERREIRA, S.R.S. Encapsulation of passion fruit seed oil by means of supercritical antisolvent process. **The Journal of Supercritical Fluids**, 2017.

OLIVEIRA, A; MALTA, H. Casca de maracujá: aspectos gerais, propriedades tecnológicas, aplicações e perspectivas. **Enciclopedia Biosfera**, v. 18, n. 38, p. 194, 2021.

PASIN, B. L.; AZÓN, C. G.; GARRIGA, A. M. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. **Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**. 3 (1) 130-151, 2012.

PASQUALIM, P., CULPI, T. A., KAMINSKI, G. T. A., FIN, M. T., SASSO, D. G. B., COSTA, C. K., ZANIN, S. M. W. Microcápsulas de alginato de cálcio e óleo vegetal pela técnica de gelificação iônica: um estudo da capacidade de encapsulamento e aplicação dermatológica. **Visão Acadêmica**. 11(1), 2020.

PELIZER, L.H, PONTIERI, M.H, MORAES, I.O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.2, p.118-27, 2007.

PERINI, J.A.L.; STEVANATO, F.B.; SARGI, S.C.; VISENTAINER, J.E.L.; DALALIO, M.M.O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINE, J.V. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**. 23(6), 1075-1086, 2010.

PEREIRA, M. Gomes. **Caracterização do óleo de sementes de maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis) e de maracujá azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) obtido por diferentes métodos de extração**. 2017. 118 f. 2017. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PINHEIRO, Eloísa Rovaris. **Pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*): otimização da extração com ácido cítrico e caracterização físico-química**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PUROHIT, S., KALITA, D., BARIK, C. R., SAHOO, L., GOUD, V. V. Evaluation of thermophysical, biochemical and antibacterial properties of unconventional vegetable oil from Northeast India. **Materials Science for Energy Technologies**. 4, 81-91, 2021.

REHMAN, A., AHMAD, T., AADIL, R. M., SPOTTI, M. J., BAKRY, A. M., KHAN, I. M., TONG, Q. (2019). Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds. **Trends in Food Science & Technology**, 90, 35-46, 2019.

REIS, Luzia Caroline Ramos dos. **Composição físico-química e de compostos bioativos de diferentes espécies de maracujá, estabilidade do suco e aproveitamento da farinha da casca de maracujá laranja**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RIPKE, V.P.; PALEZI, S.C.; NOBRE, L.R. Estudo da oxidação lipídica em óleos de sementes de chia obtidos por diferentes métodos de extração. **Unoesc & Ciência – ACET**. 7 (1), 69-76, 2016.

ROCHA, K.F. **Estudo das propriedades físico-químicas de óleos de girassol usados como agentes cicatrizantes**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

SAMPAIO, G. L. A. **Encapsulação por gelificação iônica e spray drying de um concentrado rico em licopeno obtido a partir da melancia**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciências de Alimentos, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, R.S.B. **Estudo dos fatores que influenciam os atributos de esferas de alginato**. 2012. Tese de Doutorado. Tesis Doctoral, Universidad de Aveiro, Portugal.

SANTOS, P.A. CALIARI, M., JUNIOR, M.S.J., VIANA, L.F., LEITE, N.D. Whey Powder, Broken Rice Grains and Passion Fruit Peel Flour in Extruded Breakfast Cereals: Physical, Chemical and Functional Characteristics. **Food Science and Technology Research**. 21, 317-325, 2015.

SANTOS, O.V.; VIEIRA, E.L.S.; CONCEIÇÃO, L.R.V.; SOARES, S.D.; NASCIMENTO, F.C.A.; COSTA, B.E.T. Passion fruit seeds residue as a source of fatty acids and bioactive substances. **Food and Sci. Technol**, 2020.

SARAIVA, B. R., VITAL, A. C. P., ANJO, F. A., CESARO, E., & MATUMOTO-PINTRO, P. T. (2018). Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**. 1(1), 1-10, 2018.

SCHERER, R., BÖCKEL, W. J. Avaliação dos teores de ácidos graxos presentes em azeites de oliva extra virgem comercializados no Vale do Taquari. **Revista Destaques Acadêmicos**. 10 (4), 2018.

SILVA, M. A. P., CAGNIN, C., CALIARI, M., CARVALHO, B. S., PLÁCIDO, G. R., SILVA, R. M., SOARES, J. C., LIMA, M. S., ARAÚJO, V. F. P. AND CARMO, R. M. Mass loss, physicochemical characteristics of passion fruit peel (*Passiflora edulis* Sims) submitted to drying process. **Academic Journals**. 10 (45), 4142-4149, 2015.

SILVA, J.V.V.; MACIEL, P.M.C.; SILVA, E.R.; MACEDO, R.C.; SANTIAGO, A.L.A.; PEREIRA, D.L.E.; LIMA, M.M.C.; FERREIRA, M.J.A. Extração, caracterização e avaliação do potencial antioxidante do óleo fixo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). **Research, Society and Development**. 12, 2023.

SINGHAL, S., HULLE, N.R.S. Citrus pectins: Structural properties, extraction methods, modifications and applications in food systems – A review. **Applied Food Research**. 2, 100215, 2022.

SINGH, J., KAUR, K. & KUMAR, P. Optimizing microencapsulation of α -tocopherol with pectin and sodium alginate. **Journal of Food Science Technology**. 55 , 3625–3631, 2018.

SOUZA, Valéria França de. **Efeitos de parâmetros de processamento nas propriedades reológicas e físico-químicas de misturas extrudadas de farinhas mistas de cascas e albedo de maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa Degener*) e arroz (*Oryza sativa*, L.) como ingrediente funcional**. 2015.143 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2015.

SOXHLET, F. **Journal Polytechnisches**. 232, 461, 1879.

SPINOSA, ELIANDRA DE ARAÚJO. **Avaliação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante de sopa formulada com maracujá alho (*Passiflora tenuifila* Kilip)**. 2016. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

TONON, R. V.; GROSSO, C. R. F; HUBINGER, M. D. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 282-289, 2011.

TORRES, Mariana Graça. **Caracterização e estudo do comportamento térmico do óleo extraído da semente de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2010. 114 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química de Araraquara, 2010.

VASCONCELOS, Mayara Pereira. **Óleo das amêndoas do Bacuri microencapsulado por coacervação complexa: desenvolvimento e caracterização**. 2022. Dissertação (mestrado) - Pós-graduação em Biotecnologia, da Faculdade de Ciência Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

VAZIRI, A. S., ALEMZADEH, I., VOSSOUGH, M., & KHORASANI, A. C. (2018). Co-microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* and DHA fatty acid in alginate-pectin-gelatin biocomposites. **Carbohydrate Polymers**, 199, 266-275.

VIGANÓ, J; MARTINEZ, J. Trends for the Application of Passion Fruit Industrial By-Products: A Review on the Chemical Composition and Extraction Techniques of Phytochemicals. **Food and Public Health**. 5(5), 164-173, 2015.

VIGANÓ, J.; ASSIS, B.F.P.; NEVES, G.N.; SANTOS, P.; MEIRELES, M.A.A.; VEGGI, P.C.; MARTÍNEZ, J. Extraction of bioactive compounds from defatted passion fruit bagasse (*Passiflora edulis* sp.) applying pressurized liquids assisted by ultrasound. **Ultrasonics – Sonochemistry**. 64, 104999, 2020.

YAPO, B. M.; KOFFI, K. L. Yellow passion fruit rind a potential source of low-methoxyl pectin. **Journal of agricultural and food chemistry**. 54(7), 2738-2744, 2006.

YAPO, Beda M. Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 1197-1202, 2009.

ZERAIK, M.L., PEREIRA, C.A.M., ZUIN, V.G. YARIWAKE, J.H. Maracujá: um alimento funcional? **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 20, 459-471, 2010.