



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EUDESON GUSTAVO PAIVA SANTOS

**MICROENCAPSULAÇÃO DE FERRO POR ALGINATO DE SÓDIO VIA
COACERVAÇÃO E *CASTING***

Campina Grande - PB

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

EUDESON GUSTAVO PAIVA SANTOS

**MICROENCAPSULAÇÃO DE FERRO POR ALGINATO DE SÓDIO VIA
COACERVAÇÃO E *CASTING***

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador (es): Prof. Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira

Profª. Dra. Deyzi Santos Gouveia

Campina Grande – PB

2021

S237m Santos, Eudeson Gustavo Paiva.
Microencapsulação de ferro por alginato de sódio via
coacervação e *casting* / Eudeson Gustavo Paiva Santos. –
Campina Grande, 2021.
63 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)
–Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.
"Orientação: Prof. Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira,
Deyzi Santos Gouveia".
Referências.

1. Encapsulação do Ferro. 2. Filmes. 3. Coacervação. 4.
Gomas Comestíveis. I. Oliveira, Hugo Miguel Lisboa. II.
Gouveia, Deyzi Santos. III. Título.

CDU 612.129(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADEMICA DE ENG. DE ALIMENTOS-CTRN
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900
Telefone: (83) 2101-1400
Site: <http://ctrn.ufcg.edu.br> - E-mail: ctrn@ufcg.edu.br

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, REALIZADA EM 30 DE JULHO DE 2021.

Aluno(a): Eudeson Gustavo Paiva Santos

Banca Examinadora: Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira (Orientador), Dr^a. Deyzi Santos Gouveia (Orientadora) - Matrícula/SIAPE nº 1805305, Dr^a. Severina de Sousa - Matrícula/SIAPE nº 1310117 (Membro Externo), e a Dr^a. Mércia Melo de Almeida Mota - Matrícula/SIAPE nº 2736471 (Suplente).

Título do Trabalho: “Microencapsulação de ferro por alginato de sódio via coacervação e casting”.Dia: 30/07/2021, 15hs, através da plataforma GoogleMeet.

Em sessão pública, após exposição de 30 minutos, o aluno foi argüido oralmente pela Comissão Examinadora, tendo demonstrado aproveitamento de conhecimento e capacidade de sistematização no temade seu trabalho sendo considerado Aprovado Em face disto, declara o Presidente, Dr. Hugo Miguel LisboaOliveira, achar-se o aluno legalmente habilitado a obter o título de Mestre em Engenharia de Alimentos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Unidade Acadêmica em Engenharia de Alimentos do CTRN/UFCEG. Na forma regulamentar foi lavrada a presente Ata, que é assinada por mim, Hugo Miguel Lisboa Oliveira, Orientador, e pelos demais membros da Banca. Campina Grande, 30 de julhode 2021.

Prof. Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira (UFCEG-Orientador).....

Prof^a. Dr^a Deyzi Santos Gouveia (UFCEG- Orientadora).....

Prof^a. Dr^a. Severina de Sousa (UFCEG-Membro interno).....

Prof^a. Dr^a. Mercia Melo Mota (UFCEG-Membro externo).....



Documento assinado eletronicamente por **DEYZI SANTOS GOUVEIA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 03/08/2021, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MERCIA MELO DE ALMEIDA MOTA, PROFESSOR(A) DOMAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2021, às 08:44, conforme horário oficial de

Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **SEVERINA DE SOUSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2021, às 08:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art.

8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Miguel Lisboa Oliveira, Usuário Externo**, em 04/08/2021, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1679180** e o código CRC **1E6D259C**.

RESUMO

A anemia por deficiência de ferro afeta a vida de mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo, configurando-se como um dos distúrbios nutricionais mais prevalentes no mundo moderno. No entanto, metodologias de fortificação com Ferro tem demonstrado ineficiência. Desta forma, a presente pesquisa visa encontrar soluções que possam melhorar substancialmente a eficácia da suplementação de Ferro. Para tal, foi estudado a utilização do encapsulante alginato de sódio, via *casting* e coacervação, que permitisse estabilizar o Ferro, e assim mascarar o sabor residual do ferro em balas comestíveis. O processo de encapsulação por *casting* produziu filmes os quais foram analisados quanto aos parâmetros de teor de água, permeabilidade de água, solubilidade e propriedades mecânicas. Os pós obtidos pelos diferentes processos foram analisados quanto ao teor de água e solubilidade e a goma comestível foi analisada quanto ao teor de água, análise sensorial e intenção de compra. A permeabilidade tendeu a diminuir quando o ferro foi adicionado à formulação. Os parâmetros mecânicos dos filmes apresentou alteração quando adicionado o ferro, tendo a resistência à tensão (MPa) aumentado e a ruptura (%) diminuído. Os pós obtidos pelos dois processos de encapsulação obtiveram bons resultados de solubilidade, porém altos teores de água. O sabor de ferro das formulações com ferro 1 e 1,5% obtidas por *casting* obtiveram médias próximas ao da amostra controle (gostei ligeiramente), a amostra obtida por coacervados com ferro 2% (m/v) diferiu estatisticamente da amostra controle quanto ao sabor (desgostei ligeiramente) e intenção de compra (provavelmente não compraria).

Palavras-chave: Encapsulação do ferro; Filmes; Coacervação; Gomas comestíveis.

ABSTRACT

Iron deficiency anemia affects the lives of more than 2 billion people worldwide, making it one of the most prevalent nutritional disorders in the modern world. However, iron fortification methodologies have shown inefficiency. Thus, the present research aims to find solutions that can substantially improve the effectiveness of iron supplementation. To this end, the use of sodium alginate encapsulant was studied, via casting and coacervation, which would stabilize the iron, and thus mask the residual taste of iron in edible candies. The casting encapsulation process produced films which were analyzed for parameters of water content, water permeability, solubility and mechanical properties. The powders obtained by the different processes were analyzed for water content and solubility and the edible gum was analyzed for water content, sensory analysis and purchase intent. Permeability tended to decrease when iron was added to the formulation. The mechanical parameters of the films changed when iron was added, with the tensile strength (MPa) increased and the breakage (%) decreased. The powders obtained by the two encapsulation processes had good solubility results. The iron taste of the formulations with iron 1 and 1.5% obtained by casting had averages close to that of the control sample (I liked it slightly), the sample obtained by coacervated with 2% iron (m/v) differed statistically from the control sample in terms of flavor (I disliked it slightly) and purchase intention (probably wouldn't).

Keywords: Iron encapsulation; Films; Coacervation; Edible gums.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Várias formas do encapsulamento.....	15
Figura 2 - Representação esquemática das etapas do processo de microencapsulação por coacervação.....	17
Figura 3 - Unidade estrutural do alginato de sódio, as moléculas de ácido α -L-gulurônico são representadas pela letra G e as do ácido β -D-manurônico, pela letra M.....	18
Figura 4 – Fluxograma da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro via <i>casting</i>	22
Figura 5 – Fluxograma da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro via coacervação.....	23
Figura 6 – Fluxograma da produção das gomas comestíveis.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proposta de limites inferiores do normal para a concentração de hemoglobina em diferentes faixas-etárias e etnias.....	12
Tabela 2 - Estágios na instalação da carência de ferro.....	13
Tabela 3 - Vários filmes e revestimentos comestíveis de alginato de sódio.....	18
Tabela 4 – Formulações para a preparação de microcápsulas de ferro.....	21
Tabela 5 - Formulação das gomas comestíveis.....	26
Tabela 6 - Teor de água dos filmes formulados com ferro (m/v) e controle.....	29
Tabela 7 - Permeabilidade ao vapor de água (K^w) dos filmes com diferentes concentrações de ferro	29
Tabela 8 - Valores médios da resistência à tração (Mpa) e Ruptura (%) dos filmes formulados com ferro e amostra controle.....	32
Tabela 9 - Solubilidade dos filmes formulados com ferro e controle.....	32
Tabela 10 - Teor de água das amostras de pó obtidas por diferentes processos.....	33
Tabela 11 - Solubilidade (%) dos pós obtidos pelos processos de <i>casting</i> e coacervação para as diferentes formulações com ferro (1; 1,5 e 2% m/v).....	35
Tabela 12 - Teor de água das amostras de gomas comestíveis das diferentes formulações.....	35
Tabela 13 - Resultados avaliação sensorial (teste de aceitação) das amostras de goma comestível enriquecidas com ferro.....	36
Tabela 14 – Média dos resultados da intenção de compras das formulações das gomas comestíveis com e sem ferro.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVOS GERAIS	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Anemia	15
3.2 Importância do ferro no organismo.....	16
3.3 Consumo de ferro.....	18
3.4 Encapsulação.....	18
3.4.1 Filmes	19
3.4.1.1 <i>Casting</i>	20
3.4.2 Coacervação	21
3.6 Goma	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Local dos experimentos.....	26
4.2 Preparação de matrizes.....	26
4.2 Microencapsulamento de ferro via <i>casting</i>	26
4.3 Microencapsulamento de ferro via coacervação	27
4.4 Teor de água.....	28
4.5 Caracterização das propriedades dos filmes.....	28
4.5.1 Permeabilidade ao vapor de água	28
4.5.2 Propriedades mecânicas	29
4.5.3 Solubilidade	30
4.6 Obtenção do pó	30
4.7 Obtenção da goma.....	31
4.11 Análise sensorial	32
4.11 Análises Estatísticas	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Filmes.....	34
5.1.1 Teor de água.....	34
5.1.2 Permeabilidade do vapor de água.....	34

5.1.3 Propriedades mecânicas	35
5.1.4 Solubilidade dos filmes	37
5.2 Pó.....	38
5.2.1 Teor de água.....	38
5.2.2 Solubilidade.....	39
5.3 Gomas comestíveis.....	40
5.3.1 Teor de água.....	40
5.3.2 Análise sensorial	41
6. CONCLUSÃO	44
7. REFERÊNCIAS	45
ANEXO.....	61
Apêndice 1: Ficha sensorial para a goma comestível enriquecida com ferro	62

1. INTRODUÇÃO

Deficiências de Iodo, vitamina A e Ferro são importantes problemas de saúde pública global, principalmente em crianças em idade pré-escolar e gestantes em países em desenvolvimento (Do Oriente *et al.*, 2020). Estas deficiências se devem a dietas pobres nutricionalmente acompanhada de alimentos de qualidade baixa ou até mesmo deteriorado. Suplementos alimentares não se encontram disponíveis para a população de baixa renda nem em países em desenvolvimento. Desta forma, a fortificação ou suplementação de alimentos já existentes poderá ser uma abordagem promissora para minimizar este problema global.

Apesar da adição direta dos compostos ser a forma mais eficiente da fortificação de alimentos, isso não é possível com Ferro. Essa particularidade se deve a reduzida biodisponibilidade do Ferro no sistema gastrointestinal, bem como a própria oxidação do ferro no alimento. Desta forma, a encapsulação do ferro e subsequente adição e fortificação de alimentos, pode ser o método mais adequado para a correta suplementação. O encapsulamento de ferro tem o potencial de ajudar a superar vários grandes desafios na fortificação de alimentos por Ferro, além de poder diminuir os processos oxidativos catalisados em ácidos graxos, aminoácidos e outros micronutrientes que podem produzir alterações sensoriais indesejadas e diminuir o valor nutricional dos alimentos (Schrooyen *et al.*, 2001).

O conceito de empregar biofilmes e revestimentos comestíveis em alimentos vem desde a década de 1950, aliado a crescente preocupação da população com o consumo de alimentos seguros e nutritivo, este tipo de embalagem torna-se um importante meio de preservação (Kafrani, Shekarchizadeh, Behabadi, 2016; Alves *et al.*, 2010, Espitia *et al.*, 2014). Os bioplásticos são desenvolvidos a partir de recursos naturais como a quitina, celulose e amido, os quais se apresentam como um substituto viável dos polímeros não renováveis, possuindo vantagens por serem biodegradáveis, biocompatíveis, e com baixo custo e toxicidade (Paulino *et al.*, 2019). Geralmente, a técnica mais comum na produção de filmes é a de *casting*, que consiste no espalhamento da solução filmogênica no recipiente e posterior secagem.

Assim como as demais técnicas de encapsulação, a coacervação é um método que tem por objetivo prolongar a estabilidade de compostos bioativos, bem como liberar substâncias centrais, apresentando assim benefícios promissores para a indústria de alimentos (Holkem *et al.*, 2015). Nesta técnica, o empacotamento do núcleo ativo é atribuído à interação entre os grupos amino protonados da proteína e os grupos carboxila do polissacarídeo, predominantemente resultante de forças eletrostáticas e outras interações intermoleculares, como paredes de Van der Waals e interações hidrofóbicas (Turgeon *et al.*, 2007).

O alginato de sódio é um polissacarídeo extraído de algas marinhas marrons do tipo *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum* e *Macrocystis pyrifera* e apresenta algumas características como biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxicidade, além de ser usado em diversas formulações em produtos alimentícios devido sua ação gelificante e espessante (Oliveira, 2020; Shigematsu, 2017).

Dentre os fatores que afetam a utilização do ferro como meio de fortificante alimentar nas formulações dos alimentos está as alterações sensoriais e indesejáveis de cor (Sugiarto, Ye e Singh, 2009; Arcanjo, Amancio, Braga, 2009). Com isso, o enriquecimento de produtos a base de ferro torna-se complexo. Buscando amenizar tal efeito indesejado, uma boa opção para entrega de ferro via oral para todos os públicos é o enriquecimento de balas tipo goma, pois é um doce popular com vasta diversidade, sendo consumida por pessoas de todas as idades (Foletto e Avelino, 2017), tornando assim um meio viável para enriquecimento por ferro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Fazer o microencapsulamento de ferro com alginato de sódio por coacervação e *casting* e enriquecer gomas comestíveis como meio de entrega oral do ferro encapsulado.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Produzir filmes por *casting* e obter o reticulado alginato de sódio+ferro;
- Identificar mudanças nas propriedades mecânicas e de permeabilidade pelo acréscimo do reticulado alginato de sódio+ferro nos filmes produzidos;
- Obter o reticulado alginato de sódio+ferro pelo método de coacervação;
- Obter o pó através da moagem e formular gomas enriquecidas com ferro;
- Caracterizar mecanicamente a goma;
- Caracterizar sensorialmente as formulações da goma para saber o potencial do alginato em mascarar o sabor do ferro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Anemia

A anemia é definida como uma condição patológica, na qual ocorre a diminuição da massa de hemoglobina, da massa eritrocitária e das hemácias presentes no sangue (Santis, 2019; Kassebaum, 2014). A anemia pode ser classificada como anemia por deficiência nutricional, por doença renal crônica, da inflamação crônica ou ainda, de causa inexplicada (Penteado, Lima e Milagres, 2017). Diante disso, as causas da anemia podem ser multifatoriais, tais como a deficiência de ferro, de ácido fólico e de vitamina B12, porém a principal causa é devido à baixa ingestão de alimentos que contém ferro, fazendo com que a anemia por deficiência de ferro seja considerada a mais prevalente no mundo (51%), no Brasil essa prevalência encontra-se entre 50 a 83% em crianças menores de dois anos (Yamagishi *et al.*, 2017; Penteado, Lima e Milagres, 2017; Weiss, Ganz e Goodnough, 2019).

Na avaliação do paciente o primeiro passo é determinar se, de fato, ele tem anemia e, quanto a isso se sabe, no entanto, que cada tipo de anemia tem suas características fisiopatológicas, porém a concentração de hemoglobina no sangue é o mais importante para se determinar se o paciente tem anemia, pois o hemograma permite classificar a anemia de acordo com sua intensidade e com o volume corpuscular médio (VCM) das hemácias, mostra as contagens de leucócitos, sua morfologia e plaquetas (De Santis, 2019). No entanto, há outros meios clínicos e laboratoriais para diagnosticar, tais como a anemia pode ser diagnosticada a partir de evidências clínicas e laboratoriais, tais como a saturação de transferrina e ferritina sérica, verificação dos níveis de piridoxina, vitamina B12, ácido fólico e investigações de perdas sanguíneas (Penteado, Lima e Milagres, 2017).

A determinação da quantidade inferior de hemoglobina no sangue dado por faixa-etária, sexo e etnia foi dado por Beutler e Waalen (2006), a qual difere da estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) apenas para homens (concentração de hemoglobina inferior a 13,0 g/dL). Na Tabela 1, há limites propostos pelos autores para determinar o limite inferior de concentração de hemoglobina no sangue.

Segundo De Santis (2019), a possível explicação para a diferença de valores na concentração de hemoglobina entre a população caucasiana e afrodescendente, é que esta apresenta alta prevalência de talassemia α . Os valores de concentração de hemoglobina mais baixos para homens idosos em relação às mulheres idosas podem estar relacionada à redução de níveis de testosterona observada nos homens idosos (Beutler e Waaler, 2006).

Tabela 1 - Proposta de limites inferiores do normal para a concentração de hemoglobina em diferentes faixas-etárias e etnias

Idade	Hb (g/dL)
Crianças	
6 meses-5 anos	11,0
5-11 anos	11,5
11-14 anos	12,0
Homens brancos	
20-59 anos	13,7
+60 anos	13,2
Homens negros	
20-59 anos	12,9
+60 anos	12,7
Mulheres brancas	
20-49 anos	12,2
+50 anos	12,2
Mulheres negras	
20-49 anos	11,5
+50 anos	11,5

Fonte: Adaptado de Beutler e Waaler (2006); De Santis (2019).

As manifestações clínicas da anemia depende da etiologia, da gravidade, da velocidade de instalação, dentre outros aspectos. Os sintomas mais frequentes são astenia, dispneia, palpitações, tontura, cefaleia, zumbidos, entre outros sintomas (De Santis, 2029).

3.2 Importância do ferro no organismo

A desnutrição por micronutrientes afeta cerca de uma terço da população e, por ser uma estado clinico que nem sempre é detectado por exames laboratoriais, a

degradação da condição de saúde de uma população inteira é o resultado obtido (Habeych, 2016). Como a anemia ferropriva é uma das carências nutricionais mais prevalentes do mundo, os programas de fortificação em massa com ferro visam reduzir o risco de ocorrências desse tipo de anemia fortalecendo ingredientes comuns como farinha, arroz ou sal (Yamagishi *et al.*, 2017; Pachón *et al.*, 2015).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o quadro de anemia ferropriva desenvolve-se quando a quantidade de ferro é insuficiente para a síntese da hemoglobina, o que resulta em danos funcionais ao organismo. Além de produzir a hemoglobina, o ferro também é responsável pela oxigenação dos glóbulos vermelhos do sangue, o conteúdo desse mineral em um indivíduo adulto é de 3 a 5 gramas, sendo que cerca de 70% está incorporado na hemoglobina (Yamagishi *et al.*, 2017; Negri, 2013).

Segundo Queiroz e Torres (2000), a depleção de ferro no organismo ocorre em 3 estágios (Tabela 2), o qual afirma que a ocorrência de carência do ferro no organismo nos estágios iniciais é substancialmente maior que a da anemia propriamente dita.

Tabela 2 - Estágios na instalação da carência de ferro

	1° ESTÁGIO Depleção dos estoques	2° ESTÁGIO Depleção de ferro sem anemia	3° ESTÁGIO Depleção de ferro com anemia
Hemoglobina	Normal	Normal	Diminuída
Volume corpuscular médio-VCM	Normal	Normal	Diminuído
Ferro sérico	Normal	Diminuído	Diminuído
Ferritina	Diminuída	Diminuída	Diminuída
Capacidade de ligação do ferro	Normal	Aumentada	Aumentada

Fonte: Queiroz e Torres (2000).

Para Jordão *et al.* (2009), os motivos para a depleção do ferro no organismo pode ser por falhas no metabolismo, perda de sangue ocasionada por infecções parasitária, absorção incompleta, acréscimo das necessidades na infância, juventude e gravidez ou, ainda, pelo consumo inadequado do alimentos ricos em ferro.

3.3 Consumo de ferro

Segundo Andrews (1999), o ferro está presente na dieta de duas formas, tanto como o ferro heme (Fe^{2+}), advindos de origem animal, quanto o ferro não-heme (Fe^{3+}) de origem vegetal, sendo que na maioria das dietas, o ferro está presente na forma não-heme (Maciel, 2020).

A biodisponibilidade do ferro irá depender de três fatores: a composição do alimento, o modo de como este é consumido e a forma que a combinação destes é feita na dieta (Fantini *et al.*, 2008). Porém, o ferro heme tem uma biodisponibilidade elevada, sendo absorvida pelo intestino de 10 a 30% a mais do que o ferro não-heme (Yamagishi *et al.*, 2019; Fantini *et al.*, 2008). Segundo Santos *et al.* (2004), a biodisponibilidade do ferro não-heme é variável, porém sempre baixa, no entanto pode ser potencializada pelo consumo de carnes, vísceras e alimentos ricos em ácidos ascórbico, vitamina A e β -caroteno.

Alimentos como carne bovina, peixes, aves, vísceras, embutidos cárneos, cereais, leguminosas e tubérculos são fontes de ferro tanto na forma heme quanto não-heme (Santos *et al.*, 2004), porém é estimado que quase dois bilhões de pessoas no mundo apresentam anemia que atinge, prioritariamente, as camadas socialmente menos favorecidas, de menor renda e desenvolvimento (Kassebaum, 2016).

O programa de fortificação em massa com ferro, como já citado, vem com esse objetivo de reduzir os riscos de anemia por ferropriva, sendo que para haver esse tipo de enriquecimento nutricional precisa-se ater-se a condições que permitam que o produto final obtenha, dentre outras coisas propriedades, organolépticas acetáveis e preços acessíveis (Allen *et al.*, 2006). Por isso, um dos métodos para entregar um produto com grande biodisponibilidade de ferro é a encapsulação (Maciel *et al.*, 2020).

3.4 Encapsulação

O processo de encapsulação foi desenvolvido há quase cinco décadas, garantindo assim um novo meio de fornecer nutrientes ao organismo (Gibbs *et al.*, 1999). O conceito de encapsulamento consiste em empacotar o material, criando uma membrana semipermeável, o qual irá proteger o conteúdo do meio externo, bem como liberá-lo em quantidades nutricionalmente relevantes no trato digestivo para facilitar a absorção (Jizomoto *et al.*, 1993; Duffy, O'sullivan e Jacquier, 2018).

O encapsulamento pode ter diferentes formas desde um revestimento de membrana simples a uma estrutura de paredes múltiplas (Figura 1), ainda podendo ter o formato esférico regular ou irregular (Gibbs *et al.*, 1999).

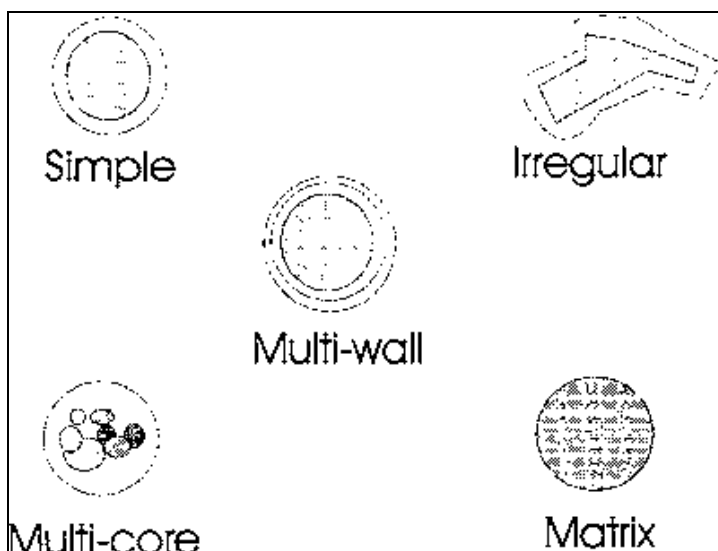


Figura 1: Várias formas do encapsulamento.

Fonte: Gibbs *et al.* (1999)

Muitos estudos tem buscado comprovar a eficácia do encapsulamento para a preservação do produto, aumento de vida de prateleira, a liberação controlada de micronutrientes no organismo, além das caracterizações físico-químicas e sensoriais dos novos produtos, nesses estudos nota-se, ainda, que há dois fatores primordiais: o método de encapsulamento e o agente encapsulante (Maciel *et al.*, 2020; Durán *et al.*, 2020; Wegmüller *et al.*, 2006; Duffy, O'sullivan e Jacquier, 2018;).

3.4.1 Filmes

O conceito de empregar filmes e revestimentos comestíveis em alimentos vem desde a década de 1950, aliado a crescente preocupação da população com o consumo de alimentos seguros e nutritivo, este tipo de embalagem torna-se um importante meio de preservação (Kafrani, Shekarchizadeh, Behabadi, 2016; Alves *et al.*, 2010 , Espitia *et al.*, 2014).

Os bioplásticos são desenvolvidos a partir de recursos naturais como a quitina, celulose e amido, os quais se apresentam como um substituto viável dos polímeros não renováveis, possuindo vantagens por serem biodegradáveis, biocompatíveis, e com baixo custo e toxicidade (Paulino *et al.*, 2019). Levando em consideração que menos de

5% de todos os plásticos estão sendo reciclado, o que gera acúmulos no meio ambiente, é notável a importância do aprimoramento de embalagens biodegradáveis (Espitia, Du, Avena-Bustillos, Soares, e McHugh, 2014).

Comestibilidade e biodegradabilidade são as características mais benéficas dos filmes e revestimentos comestíveis. A comestibilidade de filmes e revestimentos pode ser alcançada se os filmes e componentes de revestimentos, incluindo biopolímeros, plastificantes e outros aditivos, forem ingredientes de qualidade alimentar. Enquanto isso, todos os processos e equipamentos devem ser aceitáveis para o processamento de alimentos (Kafrani, Shekarchizadeh, Behabadi, 2016).

Hoje há uma grande diversidade de componentes na formulação de biofilmes para diversos fins, como por exemplo, biofilmes produzidos a partir de alginato de sódio e carragena (Kafrani, Shekarchizadeh, Behabadi, 2016), ou a utilização de xilana e xilana/gelatina (Lucena *et al.*, 2017), biomassa da banana verde (Siqueira, Paetzold, Fariña, 2021), carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e cúrcuma longa (Santos *et al.*, 2021).

3.4.1.1 Casting

A técnica de *casting* é definida como a desidratação da solução filmogênica sobre uma placa de petri (Silva, 2011), ou seja, a solução é espalhada sobre uma placa e colocada posteriormente para secar sob determinada temperatura, assim o solvente é evaporado. A desvantagem dessa técnica consiste no longo período de secagem durando cerca de 6h, em estufas de convecção, até 48h em temperatura ambiente, o que torna essa técnica muitas vezes inviável para a produção de filmes em escala industrial (Otoni *et al.*, 2017; Priyadarsh *et al.*, 2021), porém é bastante utilizada em laboratório devido a seu baixo custo e viabilidade (Santos e Pascoal, 2019).

Além dessa técnica para a produção de filmes existe a extrusão que consiste na utilização de extrusoras, nas quais é adicionado o polímero em pó ou em pellet que ao empregar calor e pressão fluem na cavidade do equipamento até a modelagem do filme (Machado *et al.*, 2017; Silva, 2018).

No método de *casting* a espessura influencia largamente as propriedades mecânicas, principalmente, a força de perfuração e a permeabilidade ao vapor de água, quanto maiores as espessuras, mais resistentes à perfuração são os filmes e maior a sua

permeabilidade ao vapor de água (Mali, Grossmann e Yamashita, 2010). A viscosidade da solução filmogênica exerce uma relação direta sobre a espessura do filme, em soluções muito viscosas ela deve ser espalhada com um equipamento adequado, isso permitirá conhecer a espessura do filme depois de seco, diferentemente de quando a solução é diluída, pois o controle da espessura ocorre através do conhecimento da gramatura do material obtido (Sobral, 2000).

A temperatura do processo de secagem influencia diretamente na qualidade dos filmes, em temperaturas superiores a 60°C a retrogradação, processo que leva ao envelhecimento do filme, é mais lento que o de secagem gerando materiais mais estáveis ao armazenamento, em temperaturas menores o efeito é o inverso (Rindlav-Westling, 1998).

3.4.2 Coacervação

Assim como as demais técnicas de encapsulação, a coacervação é um método que tem por objetivo prolongar a estabilidade de compostos bioativos, bem como liberar substâncias centrais, apresentando assim benefícios promissores para a indústria de alimentos (Holkem et al., 2015). Nesta técnica, o empacotamento do núcleo ativo é atribuído à interação entre os grupos amino protonados da proteína e os grupos carboxila do polissacarídeo, predominantemente resultante de forças eletrostáticas e outras interações intermoleculares, como paredes de Van der Waals e interações hidrofóbicas (Turgeon et al., 2007).

A coacervação é um processo realizado pelo princípio da separação de fase de um ou muitos hidrocoloides da solução inicial e a posterior deposição da fase do recém-formado coacervado ao redor do ingrediente ativo suspenso ou emulsionado nos mesmos meios de reação (VEIGA, 2014).

O aumento da escala de produção das micropartículas, aumentando assim o volume de reação, o custo para a realização de tal método pode ser caro, além disso, acrescenta-se a isso o alto custo do equipamento e a quantidade de desperdício, reduzindo a viabilidade da tecnologia (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Há diversas aplicações dessas técnicas, uma delas é proporcionar o aumento da disponibilidade dos ácidos graxos insaturados já que estes compostos apresentam uma

elevada suscetibilidade à oxidação e, além disso, promove uma liberação do material encapsulado em locais-alvo (PÉREZ-PALACIOS *et al.*, 2018).

Araújo (2011) utilizou a coacervação como método para encapsulação de ferro, e assim estudar o potencial da proteína isolada de soja em isolar esse mineral, com a goma guar e a carboximetilcelulose como auxiliares.

A palavra “coarcegado” vem do latim que significa: “co”, união, e “acervus” agregação de partículas (MENGER *et al.*, 2000). Essa técnica também é conhecida como separação espontânea de fases, esse termo foi introduzido pela primeira vez na química por Bungenberg de Jong e Kruyt em 1929 para descrever o fenômeno de agregação macromolecular (SUAVE *et al.*, 2006). Uma representação esquemática é apresentada na Figura 2.

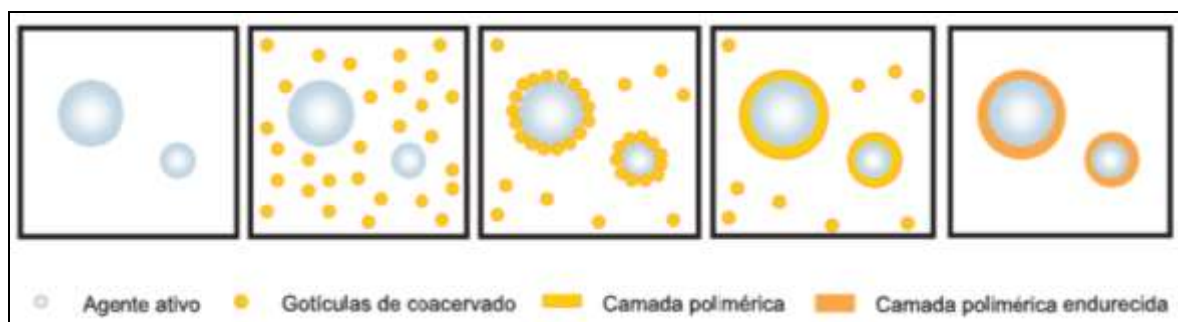


Figura 2: Representação esquemática das etapas do processo de microencapsulação por coacervação.

Fonte: Suave *et al.*, (2006).

3.5 Alginato de sódio

O alginato de sódio é um polissacarídeo extraído de algas marinhas marrons do tipo *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum* e *Macrocystis pyrifera* na forma de ácido algínico que através de reações com hidróxido de sódio, base forte, forma o sal de alginato de sódio. É um carboidrato coloidal hidrofílico, molecularmente o alginato é s, composto por ligações 1-4 de ácido β -D-manurônico (M) e ácido α -L-gulurônico (G), de larga variação na composição e estrutura sequencial. Como mostrado na Figura 1 o alginato de sódio é composto por resíduos dos ácidos β -D-manurônico e α -L-gulurônico na forma de sal de sódio, unidos por ligações glicosídicas (1→4) e distribuídos em diferentes proporções ao longo da

cadeia (OLIVEIRA, 2020; LEE; MOONEY, 2012; LIMA; ANDREANI; SOLDI, 2007).

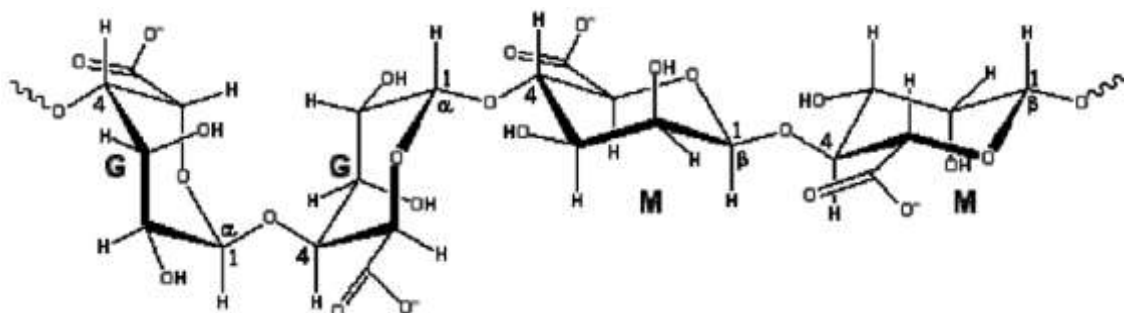


Figura 3 - Unidade estrutural do alginato de sódio, as moléculas de ácido α -L-gulurônico são representadas pela letra G e as do ácido β -D-manurônico, pela letra M.

Fonte: Shigematsu, 2017.

O alginato apresenta alguma características como biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxicidade, além de ser usado em diversas formulações em produtos alimentícios devido sua ação gelificante e espessante (Shigematsu, 2017).

Na Tabela 3 encontra-se alguns filmes e revestimentos comestíveis de alginato de sódio.

Tabela 3 - Vários filmes e revestimentos comestíveis de alginato de sódio

Tipo de hidrocoloide	Aplicação	Produtos	Fonte
Alginato	Filme	Alimentos para micro-ondas	Albert et al. (2012)
Policaprolactona / alginato / compostos antimicrobianos	Filme	Efeito inibitório no crescimento de patógenos	Takala et al. (2013)
Alginato	Revestimento	Filmes indicadores de oxigênio ativados por UV	Vu e Won (2013)
Alginato / nano-Ag	Revestimento	Cogumelo shiitake	Jiang et al. (2013)
Alginato / beta-ciclodextrina / trans-cinamaldeído	Revestimento	Melancia acabada de cortar	Sipahi et al. (2013)

Fonte: Adaptado de Kafrani, Shekarchizadeh, Behabadi (2016).

3.6 Goma

Dentre os fatores que afetam a utilização do ferro como meio de fortificante alimentar nas formulações dos alimentos está as alterações sensoriais e indesejáveis de cor a (Sugiarto, Ye e Singh, 2009; Arcanjo, Amancio, Braga, 2009). Com isso, o enriquecimento de produtos a base de ferro torna-se complexo.

Buscando amenizar tal efeito indesejado, uma boa opção para entrega de ferro via oral para todos os públicos é o enriquecimento de balas tipo goma, pois é um doce popular com vasta diversidade, sendo consumida por pessoas de todas as idades (Foletto E Avelino, 2017). Essas balas podem ser definidas como sendo uma mistura líquida de sacarose e xarope de glicose, sendo mantidas no estado amorfo ou vítreo pelo cozimento, retirando parte da água até atingir umidade de 2 a 3% (Hoppe, Mallmann e Eniz, 2015).

Na literatura já se encontra diversos trabalhos que buscam viabilizar a entrega de um produto com agregação nutricional em sua formulação, isto é, o enriquecimento de um produto já conhecido pelos consumidores, porém com algum diferencial em sua composição que o tornará mais nutricionalmente balanceado e saudáveis, como por exemplo, balas de gomas formulada com poliois e saborizada com polpa de cagaita (Silva, 2020), com inserção de *Vernonia polyanthes* e ingredientes fitoterápicos (Foletto e Avelino, 2017), formuladas com polpas de frutas (Lima, Avelar e Efraim, 2019), empregando proteínas vegetais para criar um suplemento com alto teor proteico (Limberg *et al.*, 2021), substituição do xarope de milho por xarope de arroz orgânico para elaboração de balas livre de organismos geneticamente modificados (Queiroz *et al.*, 2020).

3.7 Análise sensorial

A alimentação desempenha papel fundamental para o bem-estar físico e mental do ser humano, sendo a nutrição um importante meio de promoção e manutenção da saúde durante toda a vida, além de promover a prevenção contra doenças crônicas e não transmissíveis (Botelho; Lameiras, 2018; Silva *et al.*, 2019). Os hábitos alimentares da população vêm mudando com o decorrer dos anos, aumentando o consumo de produtos industrializados e diminuindo a ingestão de frutas, legumes e verduras como consequência, o perfil epidemiológico também (Giroto *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

Por outro lado, o consumidor ao buscar alimentos industrializados está cada vez mais exigente, crítico e informado, a segurança alimentar sobrepõe a aspectos

sensoriais, o que leva a situações em que se faz necessário produzir alimentos com um diferencial na qualidade (Stone, Rebecca e Header, 2012; Grunert, 2012).

Porém, aspectos sensoriais são de fundamental importância para o desenvolvimento de novos produtos, principalmente, quando se muda componentes da formulação no intuito de torná-lo mais saudáveis (Nascimento e Rabelo, 2018; Vasconcelos *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019; Maas *et al.*, 2020).

Diante disso, a análise sensorial é usada como instrumento científico que busca a avaliação de atributos organolépticos de um produto através dos sentidos sensoriais (ISO 5492, 2008). Na indústria de alimentos essa ciência tem grande importância na avaliação da aceitabilidade no mercado e na qualidade do produto, sendo imprescindível para o controle de qualidade industrial (Teixeira, 2009). Portanto, é evidente a natureza multidisciplinar que a análise sensorial desempenha, onde engloba áreas como a psicologia experimental, social, comportamental e fisiológica, a estatística, a economia doméstica e o marketing (Stone, Rebecca e Header, 2012).

A seleção de uma equipe de pessoas, denominadas de juízes ou degustadores, é de grande importância, pois, além de constituir o painel de análise sensorial, obtêm-se bons resultados (Teixeira, 2009). Além disso, a aplicação da Estatística, sensometria, ligada a análise sensorial desempenha papel fundamental para a averiguar se há diferenças significativas entre os tratamentos usados (Vasconcelos *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019).

Portanto, o principal objetivo da análise sensorial é entender a importância das características sensoriais e o papel que elas desempenham na aceitação do consumidor final, tal análise pode auxiliar, de forma direta ou indireta, as empresas na monetização da concorrência, desenvolvimento, melhoramento e reformulação de produtos, determinação da vida útil, controle de qualidade, aceitabilidade pelos consumidores, entre outras finalidades (Piggot, Simpson e Williams, 1998; Silva, 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local dos experimentos

Os experimentos realizados nesta pesquisa foram executados no Laboratório de Engenharia de Alimentos – LEA, na Universidade Federal de Campina Grande.

4.2 Preparação de matrizes

Para a preparação de microcápsulas de ferro foi utilizado uma solução de alginato de sódio em uma concentração de 2% (m/v). A partir de testes preliminares, esta solução foi combinada em proporção de 2:1 com o sulfato de ferro II nas concentrações de 1%; 1,5% e 2% m/v, sob agitação constante por 20 (vinte) minutos, com velocidade de 1300 rpm. Na Tabela 4 estão apresentadas as formulações utilizadas.

Tabela 4 – Formulações para a preparação de microcápsulas de ferro

Formulação	Alginato de sódio 2% (m/v)	Sulfato de ferro II 1% (m/v)	Sulfato de ferro II 1,5% (m/v)	Sulfato de ferro II 1% 2(m/v)	Glicerol
Controle	98%	-	-	-	2%
F1	64%	34%	-	-	2%
F2	64%	-	34%	-	2%
F3	64%	-	-	34%	2%

Fonte: Autor da pesquisa

Após a preparação da matriz alginato de sódio + sulfato de ferro II foi adicionada à solução um agente plastificante, glicerol,. Após a testes preliminares, optou-se por -adicionar 2% do glicerol na formulação de acordo com a Tabela 4, uma vez que o glicerol tem a finalidade de melhorar as propriedades mecânicas do filme formado. Após essa etapa, a solução foi homogeneizada por 20 minutos sob agitação, 1300 rpm.

Após a completa solubilização do agente plastificante, a solução foi depositada em formas de silicone de 5 mL. Testes prévios demonstraram que as formas de silicone facilitavam no processo de desformar, quebrando menos material do que quando colocadas em placas de petri de acrílico ou vidro.

4.2 Microencapsulamento de ferro via *casting*

Para o processo de microencapsulação de ferro por via *casting*, as matrizes foram secas por 24 horas a uma temperatura de 35°C em estufa com circulação de ar. Testes realizados previamente, demonstraram a eficácia do uso das estufas com circulação de ar por produzirem filmes com menos quantidade de bolhas em relação às estufas sem circulação de ar.. As etapas da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro via *casting*, seguiram a sequência do fluxograma ilustrado na Figura 4.

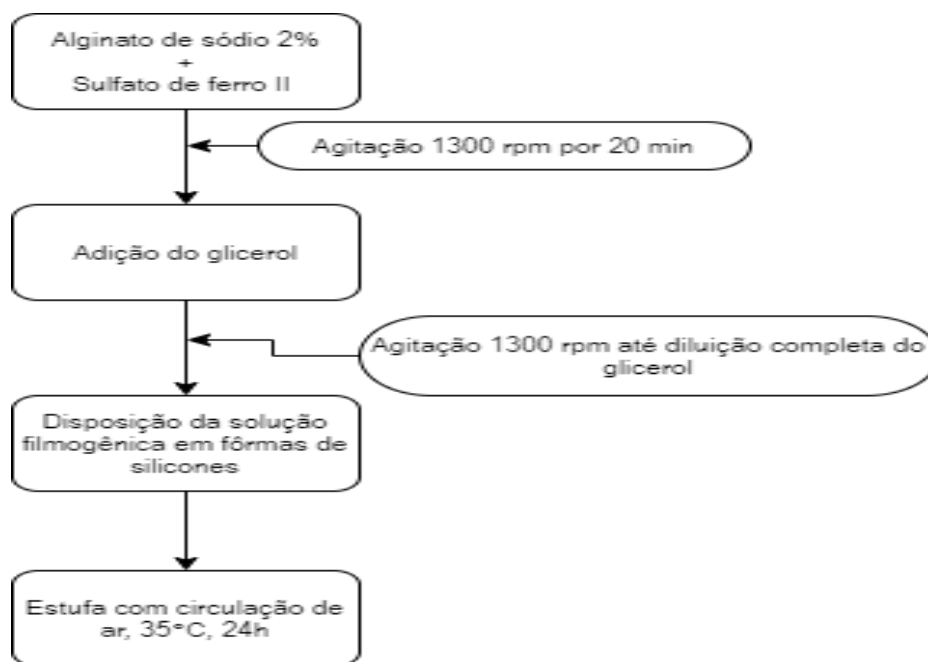


Figura 4 – Fluxograma da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro via *casting*.

4.3 Microencapsulamento de ferro via coacervação

O processo de microencapsulação de ferro por coacervação seguiu o método de Durán *et al.* (2020), com algumas modificações. As matrizes preparadas refrigerados a $3 \pm 0,5$ °C por 24 h. Após essa primeira etapa, as matrizes foram desmoldadas e imerso em solução aquosa gelificante de 0,1 molar/v de CaCl_2 durante 30 min. Em seguida, as matrizes foram drenadas, depositadas em placas de petri de vidro e seco em uma estufa a 35 ° C por 24 h. As etapas da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro por via coacervação, seguiram a sequência do fluxograma ilustrado na Figura 5.

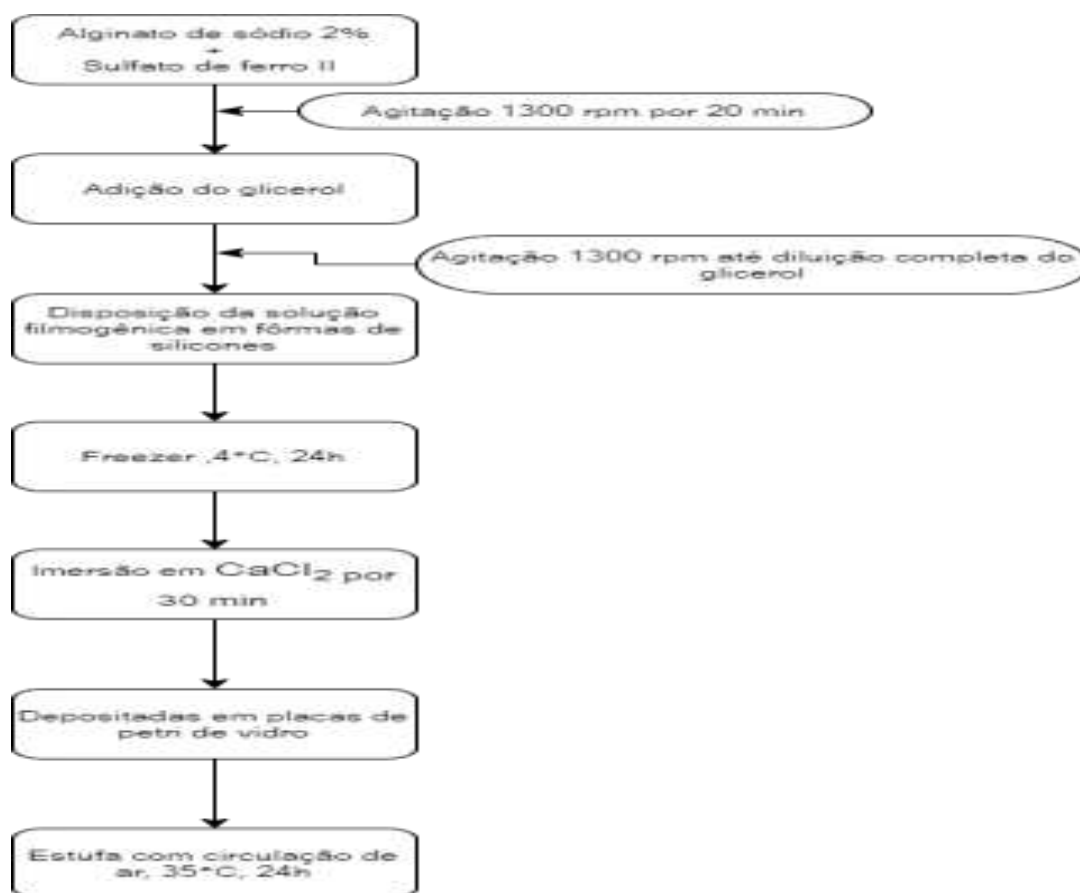


Figura 5 – Fluxograma da produção da solução filmogênica para encapsulação do ferro via coacervação.

4.4 Teor de água

Para a determinação do teor de água dos pós obtidos dos diferentes processos foi adotado o procedimento descrito pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz – IAL15.

$$\text{Teor de água} = \frac{N}{P} \times 100 \quad (1)$$

Onde N é o número de gramas de teor de água (perda de massa em gramas) e P é o número de gramas de amostra.

4.5 Caracterização das propriedades dos filmes

4.5.1 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (WVP) dos filmes foi medida gravimetricamente de acordo com Ramos *et al.* (2012) Copos circulares com um diâmetro de 5 mm e uma profundidade de 3 cm foram preenchidos com água destilada (5 mL), para expor a face inferior do filme a uma alta umidade relativa. As amostras de filme foram montadas com a superfície superior voltada para a UR (50 ± 2%) da sala com ambiente controlado. O peso dos copos foi medido em intervalos de 1 h durante 10 h para determinar a taxa de transferência de vapor de água através do filme. O WVP do filme foi calculado da seguinte forma:

$$WVP = \frac{\Delta W \cdot FT}{S \cdot \Delta P} \quad (2)$$

Em que: ΔW representa a perda de peso do copo por hora (g / h) (isto é, declive do comportamento linear), FT é a espessura da película (mm), S representa a área de película exposta (m²) e Δp é a vapor diferencial de pressão no filme de teste (kPa).

4.5.2 Propriedades mecânicas

A resistência à tração (TS) e o alongamento no ponto de ruptura (E%) foram determinados de acordo com um método ASTM modificado D882-00 (ASTM, 2001) usando um analisador de textura TA-XT Plus (Stable Micro System, Surrey, UK). As amostras de filme foram cortadas em tiras (30 x 10 mm) antes do teste. A separação inicial da garra foi fixada em 30 mm e a velocidade da cruzeta em 1 mm / s. A resistência à tração foi calculada dividindo-se a carga máxima na ruptura pela área da seção transversal e expressa em MPa. O alongamento (E%) foi calculado como uma razão entre o alongamento no ponto de ruptura da amostra e o comprimento inicial de uma amostra como uma porcentagem. A resistência à tração (MPa) e o alongamento no ponto de ruptura do filme foram calculados da seguinte forma:

$$TS = \frac{F}{L \cdot X} \quad (3)$$

Onde F é a força de tração (N), L é a largura do filme (mm), X é a espessura do filme (mm). Pelo menos três repetições foram realizadas para cada filme.

$$E(\%) = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \quad (4)$$

Onde L_1 é o comprimento da fratura (mm), L_0 é o comprimento inicial do filme (mm).

4.5.3 Solubilidade

A solubilidade do filme em água foi testada de acordo com o procedimento semelhante ao de Perone *et al.* (2014). Pequenos pedaços de filmes (0,5-1,0 g) e papéis de filtro foram secos a 100° C por 3 h e então pesados com precisão para determinar o peso seco inicial do filme e do papel de filtro. Cada espécime de filme foi incubado em 10 mL de água desionizada a 25° C por 24 h, sendo então filtrado com o papel de filtro correspondente. O material não dissolvido juntamente com o papel de filtro foram secos a 100° C durante 3 h e depois pesados. A solubilidade foi calculada como a proporção em peso do material dissolvido em relação ao peso inicial da amostra. A solubilidade do filme em água foi calculada da seguinte forma:

$$tsm(\%) = \frac{dm_1 - dm_2}{dm_1} \times 100 \quad (5)$$

Onde dm_1 é o peso seco inicial, dm_2 é o peso seco final.

4.6 Obtenção do pó

Para a obtenção dos pós provenientes dos dois processos de encapsulação do ferro, foi utilizado o moinho de discos da marca Bontini, B55, localizado no Laboratório de Panificação da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

4.7 Obtenção da goma

A obtenção das gomas comestíveis foi obtida segundo a metodologia de Endress e Christensen (2009) com algumas modificações. A Tabela 4 apresenta a formulação utilizada para a obtenção das gomas.

Tabela 5 - Formulação das gomas comestíveis adicionadas de microcápsulas de ferro

Ingrediente	Quantidade (g)
Água	220
Ácido cítrico 50%	10
Pectina	25
Sacarose	175
Xarope de Glucose	20
Sulfato de ferro II*	0,0021/100g

Fonte: Autor da pesquisa.

*A quantidade de ferro máxima para alimentos enriquecidos estabelecida pela Anvisa

A Figura 6 apresenta o fluxograma seguido para a obtenção das gomas comestíveis. Resumidamente, a água foi misturada com a solução de ácido cítrico a 50% e colocada para aquecer. Misturou-se à seco a pectina com 75g de sacarose e adicionou na água. Após esse procedimento, agitou-se a solução vigorosa e constantemente até levar a ebulição. Ao chegar em ebulição, permaneceu com a agitação por cerca de 10 (dez minutos). Após esse período foi adicionando o restante do material a cada 5 minutos da seguinte forma: 50g de sacarose, 25g de sacarose, 20g de xarope de glucose, 25g de sacarose e, por fim, o sulfato de ferro. A agitação permaneceu até atingir o °Brix de 78 e foi colocado em moldes de silicone ainda em temperatura de 95°C.

Após esse processo, esperou as gomas esfriarem até temperatura ambiente, foram desformadas, colocadas em sacos plásticos e armazenada em temperatura ambiente.

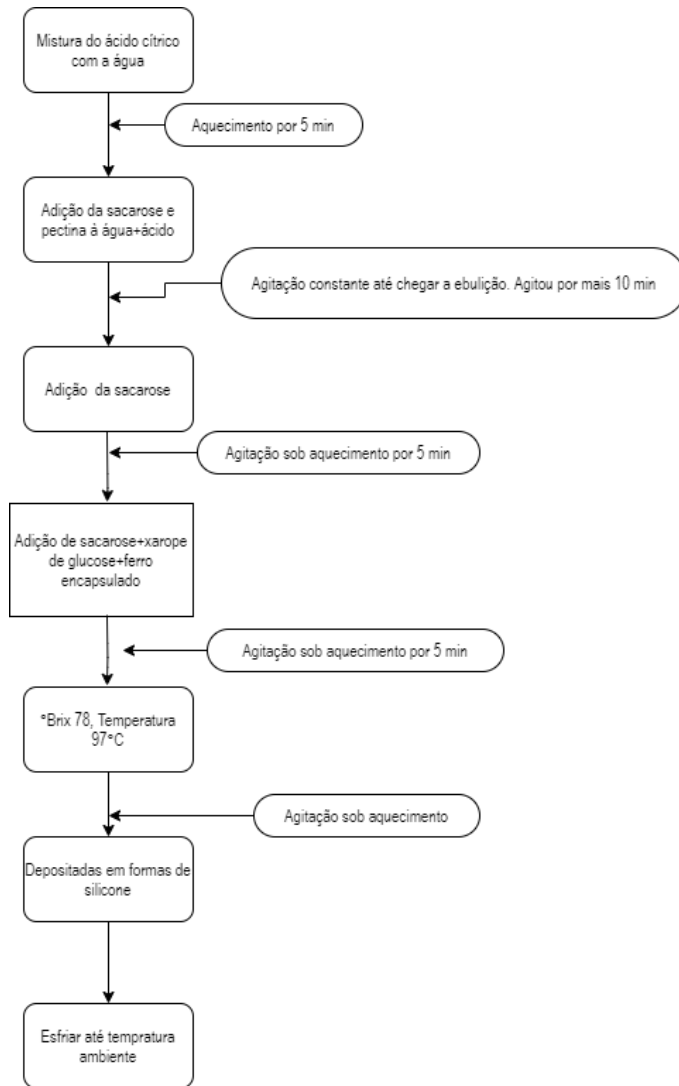


Figura 6 – Fluxograma da produção das gomas comestíveis.

4.11 Análise sensorial

O teste sensorial realizado contou com participação de 30 julgadores não treinados, cuja população era constituída por discentes, docentes e funcionários da UFCG.

As amostras de goma enriquecida com ferro foram submetidas a um teste de aceitação, utilizando uma escala hedônica verbal de 9 pontos, com escores variando de 9 (gostei muitíssimo) até 1 (desgostei muitíssimo), a escala do ideal (Just About Right) de 7 pontos (+3 = extremamente mais, 0= ideal e -3 = extremamente menos) e o teste de intenção de compras com 5 pontos (1 = certamente não compraria e 5 = certamente compraria). Os atributos avaliados pela escala hedônica foram aparência, sabor, textura

(viscosidade) e impressão global. A escala do ideal foi empregada para avaliar o sabor de chocolate, a cor (quanto ao brilho) e a textura.

As amostras foram servidas em copos plásticos de 25 g na mesma proporção, na temperatura de 25 °C, codificados com números de três dígitos aleatórios de forma balanceada e em blocos completos. Um copo com água filtrada à temperatura ambiente foi fornecido para enxague da boca entre as avaliações, o teste foi aplicado em cabines individuais sob luz branca. Foi entregue também a cada participante uma ficha de preenchimento dos resultados (ver APÊNDICE 1). Todos os itens citados foram postos em bandejas plásticas e entregue a cada julgador.

4.11 Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados experimentais foram realizadas utilizando-se a análise de variância (ANOVA) e cálculo de comparação entre médias pelo teste de Tukey, por meio do programa computacional ASSISTAT versão 7.1 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Filmes

5.1.1 Teor de água

O teor de água de uma embalagem é considerada como um fator importante na conservação de alimentos, principalmente em relação àqueles produtos em que a deterioração ocorre por perda ou ganho de água (Santos, 2020).

O teor de água dos diferentes filmes foi analisado e o resultado demonstrou que, estatisticamente, não houve diferença significativa a 0,05 (Tabela 6). Ao analisar os dados, observa-se que a formulação com ferro 2% (m/v) encontra-se, com o mesmo teor de água do filme controle.

Tabela 6 - Teor de água dos filmes formulados com ferro e controle

Filme	Controle	1,0%	1,5%	2,0%
Teor de água (%)	48,859 a	39,768 a	43,066 a	48,142 a

Fonte: Autor da pesquisa.

Abreu Júnior (2017) encontrou teor de água para seu filme controle (6g de alginato de sódio e 3g de glicerol) de 39,583%. Oliveira (2020) encontrou teor de água de 21%, o processo de secagem que ele utilizou foi com temperatura de 70°C o que pode ser responsável pela diferença em relação ao filme desta pesquisa.

5.1.2 Permeabilidade do vapor de água

A análise de permeabilidade nos filmes desempenha um papel fundamental na verificação das taxas de umidade entre os produtos embalados e a atmosfera em que se encontra acondicionado (Ren *et al.*, 2017). A permeabilidade para os filmes de alginato de sódio adicionados de ferros em diferentes concentrações (m/v) estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Permeabilidade ao vapor de água (K^w) dos filmes com diferentes concentrações de ferro

Filme	Controle	1,0%	1,5%	2,0%
K^w ($\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$)	0,000839 a	0,000678 b	0,000655 b	0,000641 b

Fonte: Autor da pesquisa.

Diante dos resultados, é possível verificar que a adição de ferro nas formulações alterou o parâmetro da permeabilidade em relação à amostra controle, a interação do ferro com o alginato de sódio fez com que a permeabilidade do filme tendesse a diminuir, estatisticamente, observa-se que houve diferença significativa (0,05) em relação a amostra controle e as demais formulações com sulfato de ferro. Apesar de a taxa de permeabilidade, diminuir com a maior concentração de ferro (m/v), estatisticamente, não houve diferença significativa ao nível de confiança de 5% entre as amostras formuladas com ferro.

Resultados semelhantes a diminuição da taxa de permeabilidade em filmes com alginato de sódio foram encontrados por Gutiérrez-Jara *et al.* (2020), Priyadarshi, Kim e Rhim (2020) e Shankar, Kasapis e Rhim (2018), em seus estudos sobre a adição de compostos em filmes.

Com relação a amostra controle, alginato de sódio 2% (m/v) e 2% de glicerol, a permeabilidade foi igual a 0,000839 (g.mm/m².h.Pa) resultante bastante diferente e abaixo quando comparado aos filmes de Priyadarshi, Kim e Rhim (2020) e Shankar, Kasapis e Rhim (2018), os quais encontraram valores de 0,005328 e 0,005120, respectivamente.

5.1.3 Propriedades mecânicas

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados obtidos para os testes das propriedades mecânicas realizadas nas amostras formuladas com ferro em diferentes concentrações (m/v) e da amostra controle, alginato de sódio 2% (m/v) + glicerina.

A composição dos filmes é uma propriedade importante para definir as propriedades mecânicas (Altiok, Altiok e Tihminlioglu, 2010). Percebe-se que o ferro nas composições dos filmes fez com que a resistência a tração aumentasse substancialmente, enquanto que a elongação diminuísse. Neste caso, verifica-se uma relação inversamente proporcional entre a concentração de ferro e a ruptura dos filmes e diretamente proporcional em relação a concentração de ferro e a resistência a tração.

Estatisticamente, percebe-se que a amostra controle diferiu das demais amostras formuladas com ferro tanto na resistência à tração quanto na ruptura, obtendo maior resistência à tração e menor elongação. As amostras formuladas com ferro a 1,5 e 2%

(m/v) não diferenciaram entre si estatisticamente nos dois parâmetros analisados, assim como as formulações com ferro a 1 e 1,5% (m/v).

Tabela 8 - Valores médios da resistência à tração (Mpa) e Ruptura (%) dos filmes formulados com ferro e amostra controle

Filme	Resistência à tração (MPa)	Ruptura (%)
Controle	1,16947 c	10,49000 a
1,0%	45,27268 b	4,89800 b
1,5%	73,98818 a	3,83100 bc
2,0%	77,49637 a	2,28860 c

Fonte: Autor da pesquisa.

Farias (2018), verificou que ao adicionar extrato de erva-mate nos filmes de alginato de sódio houve modificações quanto a resistência a tração, que aumentou, porém não afetou a extensibilidade dos mesmos. Quando adicionado purê de couve (OLIVEIRA, 2020), houve uma tendência também ao aumento da taxa de ruptura, porém em menor proporção (40 Mpa) quando comparado aos filmes de erva-mate (88 Mpa). Shankar, Kasapis e Rhim (2018) verificaram que a concentração ótima de 3% de nanopartículas de óxido de zinco reforçado com nanotubos de haloisita, pois aumenta a resistência dos filmes.

Priyadarshi, Kim e Rhim (2020) estudando o efeito de nanopartículas de enxofre em filmes à base de alginato de sódio verificou também que houve um aumento na resistência à tração quando incorporado as nanopartículas de enxofre em relação a amostra sem elas. No entanto, foi constatado que esse aumento não foi devido à interação química entre as nanopartículas de enxofre e a molécula de ácido algínico, mas sim devido à interação da superfície física entre eles. Neste mesmo trabalho, foi observado que a flexibilidade do filme diminuiu, porém não significativamente.

Efeito contrário foi encontrado por Gutiérrez-Jara *et al.* (2020) quando adicionou óleo de soja e cloreto de cálcio aos filmes à base de alginato de sódio, isto é, houve uma diminuição na resistência à tensão, indicando que o óleo agiu como um plastificante que reduziu as forças intermoleculares entre as cadeias de alginato e diminuiu as forças de coesão interna dos filmes (Acevedo-Fani *et al.*, 2015).

A diversidade de compostos químicos da matéria-prima pode interferir na integração da matriz polimérica, o teor de açúcares totais também pode interferir na

integração da matriz que podem atuar como plastificante e assim, interagir com as cadeias, enfraquecendo as forças intermoleculares e, dessa forma, reduzir a resistência dos filmes, uma vez que as propriedades mecânicas dos materiais estão amplamente associadas à distribuição e densidade das interações intermoleculares e intramoleculares na rede que produz o filme (Bajpai, Baek e Kang, 2012; Chambi e Grosso, 2006; Shankar, Kasapis e Rhim, 2018). Verificou-se, no entanto, nesta pesquisa que o ferro agiu de forma a fortalecer a matriz, dando ao filme maior resistência a tração quando comparado ao filme formulado apenas com o alginato.

5.1.4 Solubilidade dos filmes

Na Tabela 9, estão apresentados os valores de solubilidade dos filmes formulados com ferro e a amostra controle. A solubilidade nos filmes é uma propriedade que dependendo da finalidade prefere-se que sejam insolúveis, enquanto que para outros fins a alta solubilidade é melhor, isto é, quando o acondicionamento de porções de ingredientes ou aditivos alimentares destinados a serem dispersos em misturas alimentares, como chás, a solubilidade é um fator que é desejável que seja alta (Yahyaoui *et al.*, 2016; Assis, 2008).

Tabela 9 - Solubilidade dos filmes formulados com ferro e controle

Filme	Controle	1,0%	1,5%	2,0%
Solubilidade (%)	65,576 a	66,134 a	71,368 a	78,149 a

Fonte: Autor da pesquisa.

Os resultados (Tabela 9) sugere um aumento da permeabilidade proporcional à concentração do ferro (m/v) na formulação, porém, análise estatística (0,05) demonstrou que não há diferença deste parâmetro entre as formulações. Neste caso, percebe-se que a adição do ferro nos filmes à base de alginato não alterou a propriedade de solubilidade do filme.

O filme de alginato de sódio estudado por Oliveira (2020) apresentou solubilidade de 62,9% resultado semelhante ao encontrado nesta pesquisa. Porém ao adicionar purê de couve tal parâmetro diminuiu para 40%, efeito.

5.2 Pó

5.2.1 Teor de água

Os teores de água dos pós estão apresentados na Tabela 10. Como pode ser observado, os teores de água não tiveram diferença significativa estatisticamente ao nível de 5% de confiança. Neste caso, pode-se afirmar que os processos de *casting* e coacervação não interferem neste parâmetro.

Tabela 10 - Teor de água das amostras de pó obtidas por diferentes processos

Coacervado	
Ferro (m/v)	Teor de água (%)
1,0%	52,662 a
1,5%	45,466 a
2,0%	44,876 a

Casting	
Ferro (m/v)	Teor de água (%)
1,0%	53,546 a
1,5%	51,382 a
2,0%	53,268 a

Fonte: Autor da pesquisa.

Os valores encontrados nesta pesquisa estão muito acima do que os encontrados na literatura para diferentes tipos de produtos alimentícios. Oliveira *et al.* (2020) encontrou teor de água de 3,29% para os pós obtidos de folha de gravioleira secas a 50°C. Oliveira *et al.* (2017) estudando o pó de manga rosa integral e com 30% de Maltodextrina encontrou, respectivamente, teor de água de 13,75 e 4,78%.

O alto conteúdo de água encontrado nos pós obtidos desta pesquisa é a utilização do glicerol na sua formulação, uma vez que ele tem grande influência sobre a umidade relativa de armazenamento das amostras, uma vez que ele é um composto higroscópico e, portanto, incrementa umidade nos produtos conforme sua concentração (Chivrac *et al.*, 2010). Abreu Júnior (2017), ao estudar filmes formulados com alginato de sódio, glicerol e poliacrilamida observou que quanto maior a concentração do glicerol maior a teor de água encontrada nos filmes.

5.2.2 Solubilidade

Na análise da solubilidade do pó, percebe-se que o processo interferiu na solubilidade apenas na formulação com ferro 2% (m/v) *casting* em relação as formulações com ferro 1,5 e 2% (m/v) coacervação, estatisticamente a um nível de confiança de 5% (Tabela 11).

Tabela 11 - Solubilidade (%) dos pós obtidos pelos processos de *casting* e coacervação para as diferentes formulações com ferro (1; 1,5 e 2% m/v)

Coacervado	
Ferro (m/v)	Solubilidade (%)
1,0%	87,597 ab
1,5%	86,102 ab
2,0%	91,910 a

Casting	
Ferro (m/v)	Solubilidade (%)
1,0%	87,683 ab
1,5%	84,506 b
2,0%	82,984 b

Fonte: Autor da pesquisa.

Ibiapina *et al.* (2018), estudando os métodos de secagem em pós detox (abacaxi, hortelã e gengibre) encontraram que os processos utilizados, spray-drying e liofilização, interferiram na solubilidade de suas amostras, tendo o processo por atomização uma solubilidade maior do que a liofilizada (94,0 e 76,85, respectivamente). Alves (2021) encontrou solubilidade acima 90% para os pós de pitaia vermelha adicionadas de diferentes gomas (Maltodextrina, arábica e dextrina) via liofilização. Soares e Pereira (2020) estudando a secagem de polpa de jambolão via leite de jorro com clara de ovo como agente carreador, encontrou solubilidade do pó acima de 80%, a concentração da clara do ovo não interferiu neste parâmetro.

Apesar da diferença dos produtos utilizados em relação aos desta pesquisa, pode-se observar que os métodos de obtenção de pós garantiram solubilidade alta, um bom resultado, pois o índice de solubilidade indica o volume de sedimento após a reidratação em água, o que afeta diretamente na qualidade da reconstituição do pó, a

qual é uma propriedade para saber se o pó é útil e funcional para a proposta desejada (Bhandari, 2013; Lillford; Fryer, 1998; Morr et al., 1985; Thomas et al., 2004).

Um produto é considerável bem solúvel quando esta propriedade encontra-se em torno de 64% \pm 0,02 (Soares, 2021). Sendo assim, os pós obtidos pelos diferentes métodos, *casting* e coacervação, podem ser considerados como tendo uma boa solubilidade.

5.3 Gomas comestíveis

5.3.1 Teor de água

Observa-se na Tabela 12, que o teor de água das gomas comestíveis adicionadas de microcápsulas de ferro obtidas pelo processo de casting, apresentaram um aumento do teor de água com o acréscimo da porcentagem de ferro. esse foi o único processo que diferiu estatisticamente (0,05) da fórmula controle (0% de ferro), as demais amostras não diferiram para esse mesmo intervalo de confiança (Tabela 12).

Tabela 12 - Teor de água das amostras de gomas comestíveis das diferentes formulações

Controle	
Ferro (m/v)	Teor de água (%)
0%	4,62 b
Coacervado	
Ferro (m/v)	Teor de água (%)
1,0%	4,92 ab
1,5%	5,17 ab
2,0%	5,29 ab
Casting	
Ferro (m/v)	Teor de água (%)
1,0%	5,49 a
1,5%	5,55 a
2,0%	5,51 a

Fonte: Autor da pesquisa

A legislação brasileira para balas (RDC N° 265, 22 de setembro de 2005), não apresenta valores para as características físico-químicas para este tipo de produto. No

entanto, na literatura encontra-se valores para o teor de balas com diferentes formulações. Hoppe *et al.* (2015) determinaram que o teor de água deve está entre 6-10%, pois um teor mais elevado de água pode desestabilizar a estrutura do produto indicando pouco tempo de cocção.

Para balas formuladas com polpa de maracujá foram encontrados teor de água 4,35% (Batista *et al.*, 2017), Avelar *et al.* (2016) analisando balas formuladas com marolo, ananás e cagaita (frutos do cerrado) encontrou teores que variaram entre 8 e 12%, já Silva (2017) encontrou teor de água de 9,98% para sua bala formulada com café.

Os resultados encontrados neste trabalho indicam, portanto, que o teor de água encontrado para as diferentes formulações estão dentro do padrão encontrado na literatura.

5.3.2 Análise sensorial

A ciência da análise sensorial envolve a avaliação de atributos organolépticos de um produto através dos sentidos, no setor alimentício, a análise sensorial é de grande relevância, uma vez que é imprescindível para o controle de qualidade industrial a avaliação de aceitabilidade de um determinado produto no mercado (ISO 5492, 2008; Teixeira 2009). Os resultados dos parâmetros avaliados na goma comestível enriquecida com ferro estão expressos na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados avaliação sensorial (teste de aceitação) das amostras de goma comestível enriquecidas com ferro

Formulação/Parâmetros	Odor	Sabor Ferro	Textura	Impressão Global
1	6,03 ab	6,60 a	7,13 a	6,80 ab
2	6,33 a	6,40 a	7,63 a	6,20 abc
3	6,43 a	6,67 a	7,80 a	7,47 a
4	5,57 ab	5,43 ab	6,97 a	5,57 bcd
5	5,00 ab	4,90 ab	7,30 a	5,13 cd
6	5,50 ab	5,73 ab	7,67 a	6,47 abc
7	4,73 b	3,80 b	6,90 a	4,50 d

Fonte: Autor da pesquisa

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey a 5% de significância.

Quanto ao parâmetro do odor, foi constatado que a média variou entre “gostei ligeiramente” e “desgostei ligeiramente”, sendo a formulação 7, com o ferro 2% (m/v) coacervado, obteve a menor média, 4,73. Diferiu apenas das amostras elaboradas com ferro 1 e 1,5% por *casting*. Quanto ao sabor do ferro nas gomas comestíveis, a amostra 7 também recebeu a menor média, 3,80. Diferiu significativamente (0,05) da amostra controle (sem ferro) e das formuladas via *casting* com ferro a 1 e 1,5%. A média variou entre “gostei ligeiramente” e “desgostei moderadamente”. Na textura as médias variaram entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”, e não houve diferença estatística a um nível de confiança de 5% entre as formulações (Verificar Escala Hedônica no Apêndice 1).

Balas formuladas com polpa de bocaiuva e xilitol não apresentaram interferência quanto a aceitação dos produtos quanto aos aspectos de aparência, sabor, consistência e aroma, o que apresentou valores próximo ao ‘gostei moderadamente’ (Marcondes *et al.*, 2018). Balas formuladas com polpa de araçá amarelo apresentaram aceitabilidade de 80%, enquanto que a bala convencional teve uma aceitabilidade de 60%, nesse caso, a redução do valor calórico do doce não afetou a aceitabilidade do novo produto (Vergara *et al.*, 2020). Avelar *et al.* (2016) ao elaborar balas com polpas de ananás, cagaita e marolo, frutos do cerrado, obtiveram uma boa aceitação pelos consumidores, recebendo avaliações entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, sendo as balas formuladas com as polpas de ananás e cagaita a obterem maiores médias de aprovação.

O elevado potencial energético, as proteínas, as fibras e os compostos antioxidantes em balas podem ser desenvolvidas e, assim podem reduzir os malefícios causados pelo consumo de doces (Marcondes *et al.*, 2018). A formulação de novos produtos com apelo nutricional encontra abertura no mercado, isto é, a aceitação dos consumidores em consumir produtos com maior conteúdo de agentes benéficos à saúde.

Ao analisar a intenção de compra das gomas comestíveis formuladas com e sem ferro (Tabela 14), percebeu-se que a média variou entre “provavelmente compraria” e “provavelmente não compraria”, sendo as formulações com ferro a 1 e 2% via coacervação que receberam as menores médias (respectivamente, 2,90 e 2,30). A goma sem a presença de ferro recebeu a maior média (4,01), diferindo apenas das formulações com ferro 1 e 2% (m/v) via coacervação, a um nível de 5% de confiança.

Tabela 14 – Média dos resultados da intenção de compras das formulações das gomas comestíveis com e sem ferro

Formulação/Parâmetros	Intenção de compras
1	4,01 a
2	3,73 ab
3	3,53 ab
4	3,30 ab
5	2,90 bc
6	3,22 ab
7	2,30 c

Fonte: Autor da pesquisa

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente de acordo com o Teste de Tukey a 5% de significância.

6. CONCLUSÃO

Um filme de alginato adicionado de ferro foi produzido e suas características analisadas. Os teores de água apresentaram valores relativamente altos, podendo ter relação com a temperatura de secagem do filme, 35°C/24h. As taxas de permeabilidade dos filmes diminuíram na proporção que a concentração do ferro (m/v) aumentou. Assim como a propriedade mecânica de resistência à tensão (Mpa) aumentou conforme o aumento do ferro na formulação, porém quanto à ruptura (%) houve um efeito inversamente proporcional. A solubilidade do filme não sofreu interferência ao ser adicionado de ferro.

Os pós obtidos pelos diferentes métodos, *casting* e coacervação, apresentaram valores altos de teores de água, o que pode ter relação com o armazenamento inadequado, bem como a presença de glicerol na formulação, um composto bastante higroscópico. A solubilidade dos pós foram acima de 64%, o que foi considerado bem solúvel.

As gomas comestíveis enriquecida com ferro 1% e 1,5% (m/v), via *casting*, obtiveram médias próximas ao da amostra controle, sem ferro, em relação ao sabor bem como em intenção de compras. Mostrando-se um produto viável para ser inserido no mercado.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, A. F. Síntese e caracterização de biofilmes à base de alginato de sódio reticulado com poliacrilamida catiônica. Dissertação (Química). Universidade Federal do Maranhão. 2017.
- ACEVEDO-FANI, A.; SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAU, M. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. **Food Hydrocolloids**. Volume 47, páginas 168-177. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.032>
- ALBERT, A; SALVADOR, A; FISZMAN, S. M. A film of alginate plus salt as an edible susceptor in microwaveable food. **Food Hydrocolloids**, p. 421-246, 2012.
- ALLEN, L.; BENOIST; B., DARY, O.; HURRELL, R. Guidelines on food fortification with micronutrients. **World Health Organization website**. 2006.
- ALVES, T. B. Influência da maltodextrina, goma arábica e dextrina sobre o pó da polpa de pitaita vermelha *Hylocereus polyrhizus* liofilizada. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. 2021.
- ALTIOK, D.; ALTIOK, E.; TIHMINLIOGLU, F. Physical, antibacterial and antioxidant properties of chitosan films incorporated with thyme oil for potential wound healing applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, v. 21, p. 2227-2236, 2010.
- ALVES, V. D.; COSTA, N.; COELHO, I. M. Propriedades de barreira de filmes compostos biodegradáveis. **Carbohydrate Polymers** , p. 269-276, 2010.
- ANDREWS, N. C. Disorders of iron metabolism. **The New English Journal of Medicine**, 341, 1986–1995. 1999 < <https://doi.org/10.1056/NEJM199912233412607>>.
- A.O.A.C. **Official methods of analysis of AOAC International**. 20th. Rockville, Maryland, USA: AOAC international, 2016. 3172 ISBN 0935584870.
- ASSIS, O. B. G.; FORATO, L. A.; BRITTO, D. Revestimentos Comestíveis Protetores em Frutos Minimamente Processados. *Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 22, n. 160, p. 99-106, 2008.

ARAÚJO, A. L. Microencapsulação do ferro através da técnica de coacervação complexa. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre. 2011.

ARCANJO, F. P. N.; AMANCIO, O. M. S.; BRAGA, J. A. P. Fortificação alimentar com ferro. **O mundo da saúde**, São Paulo, v. 33, n.3, p. 279-285, 2009.

ASTM. **Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. D882-00. Annual book of ASTM Standard.** American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. 2001.

AVELAR, M. H. M.; RODRIGUES, C. G.; ARRUDA, A. C.; SILVA, E. C.; CARLOS, L. A. Desenvolvimento de balas de goma elaboradas com frutas do Cerrado. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.1, p.21-28. 2016.

BAJPAI, V.K.; BAEK, K.H.; KANG, S.C.; Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review, *Food Res. Int.* 45 722–734. 2012.

BATISTA, L. N.; LIMA, E. J.; FERREIRA, R. S.; FERREIRA NETO, J.; OLIVEIRA, D. M.; MONTEIRO, A. R. G. Adição de polpa de maracujá na elaboração de balas comestíveis. **Revista Principia**. João Pessoa, nº37. 2017.

BHANDARI, B.; BANSAL, N.; ZHANG, M.; SCHUCK, P. (Ed.). **Handbook of food powders: Processes and properties.** [s. l.]: Woodhead Publishing. 660 p. 2013.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, Philadelphia, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997. <<http://dx.doi.org/10.1080/07373939708917253>>

BEUTLER, E.; WAALLEN, J. The definition of anemia: what is the lower limit of normal of the blood hemoglobin concentration? **Blood**, 107(5), 1747–1750. 2006.

BOTELHO, G.; LAMEIRAS, J.; Adolescente e obesidade: considerações sobre a importância da educação alimentar. *Acta Port Nutr*, Porto, n. 15, p. 30-35, dez. 2018.

CAMASCHELLA, C. Iron-deficiency anemia. **New England journal of medicine**, v. 372, n. 19, p. 1832-1843, 2015. ISSN 0028-4793.

CHAMBI, H.; GROSSO, C. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. **Food Research International**. Volume 39, Issue 4, páginas 458-466, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.09.009>.

CHIVRAC, F.; POLLET, E.; DOLE, P.; ALVEROUS, L. Starch-based nanobiocomposites: Plasticizer impact on the montmorillonite exfoliation process. **Carbohydrate polymers**, vol.79, pp. 941-947, 2010.

CHURIO, O.; PIZARRO, F.; VALENZUELA, C. Preparation and characterization of iron-alginate beads with some types of iron used in supplementation and fortification strategies. **Food Hydrocolloids**, v. 74, p. 1-10, 2018. ISSN 0268-005X.

CHURIO, O.; VALENZUELA, C. Development and characterization of maltodextrin microparticles to encapsulate heme and non-heme iron. **LWT**, v. 96, p. 568-575, 2018. ISSN 0023-6438.

DANTAS, D. et al. Influence of Spray Drying Conditions on the Properties of Avocado Powder Drink. **Food Chemistry**, v. 266, p. 284-291, 2018. ISSN 0308-8146.

DE SANTIS, G. C. Anemia. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 52, n. 3, p. 239-251, 7 nov. 2019. 52(3):239-51. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v52i3.p239-251>

DE OLIVEIRA, A. H. et al. Influence of spray drying conditions on the properties of whole goat milk. **Drying Technology**, p. 1-12, 2020. ISSN 0737-3937. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1714647> >.

DO ORIENTE, S. F. et al. Retention of vitamin A after goat milk processing into cheese: a nutritional strategy. **Journal of Food Science and Technology**, 2020/04/28 2020. ISSN 0975-8402. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04473-8> >.

DURÁN, E.; CHURIO, O.; ARIAS, J. L.; NEIRA-CASTILLO, A.; VALENZUELA, C. Preparation and characterization of novel edible matrices based on alginate and whey for oral delivery of iron. **Food Hydrocolloids**, 98 (2020) 105277, 2020.

DUFFY, C.; O'Sullivan, M.; Jacquier, J. C. Preparation of novel chitosan iron microgel beads for fortification applications, **Food Hydrocolloids**. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.06.045. 2018.

ENDRESS, H. U.; CHRISTENSEN, S. H. Pectins. Woodhead Publishing Series in **Food Science, Technology and Nutrition**. p. 274-297, 2ª edição. 2009.

EPKE, E. M.; MCCLURE, S. T.; LAWLESS, H. T. Effects of nasal occlusion and oral contact on perception of metallic taste from metal salts. **Food quality and preference**, v. 20, n. 2, p. 133-137, 2009. ISSN 0950-3293.

ESPITIA, P. J. P.; DU, W. X.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; SOARES, N. F. F.; MCHUGH, T. H. Filmes comestíveis de pectina: propriedades físico-mecânicas e antimicrobianas - uma revisão. **Food hidrocolóides**, [s. l.], p. 287-296, 2014.

FANTINI, A. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SOUZA, M. C.; MANSI, D. N. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de cisteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(2): 435-439. 2008 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n2/a26v28n2.pdf>>. Acesso em: 05 de set. de 2016.

FARIAS, N. S. Biofilmes ativos de alginato de sódio com extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. hil.): avaliação das propriedades físico-químicas e cinética de liberação de compostos fenólicos. Dissertação (Ciências do alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology** Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, jan./mar. 2012.

FOLETTI, K. P. F.; AVELINO, K. R. S. **Obtenção de bala de goma com inserção de *Vernonia polyanthes* e ingredientes fitoterápicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Grande Dourados. 2017.

GALICIA, L.; GRAJEDA, R.; DE ROMAÑA, D. L. Nutrition situation in Latin America and the Caribbean: current scenario, past trends, and data gaps. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 40, p. 104-113, 2016. ISSN 1020-4989.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. N. Encapsulation in the food industry: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition** (1999) 50, 213±224.

GIROTTO, E. et al. Comportamentos alimentares de risco à saúde e fatores associados entre motoristas de caminhão. *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 1011-1023, Mar. 2020.

GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing Technologies and trends. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 330-347, 2004.

GRUNERT, K. G. Food quality and safety: consumer perception and demand. **European Review of Agricultural Economics**, 32: 369–391. 2005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1093/eurrag/jbi011>.

GUO, J., LI, P., KONG, L., & XU, B. (2020). Microencapsulation of curcumin by spray drying and freeze drying. *LWT*, 109892. doi:10.1016/j.lwt.2020.109892

GUITIÉRREZ-JAVA, C.; BILBAO-SAINZ, C.; McHUGH, T.; CHIOU, B.; WILLIAMS, T.; VILLALOBOS-CARVAJAL. Physical, mechanical and transport properties of emulsified films based on alginate with soybean oil: Effects of soybean oil concentration, number of passes and degree of surface crosslinking. **Food Hydrocolloids**, Volume 109, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106133>.

HABEYCH, E., VAN KOGELLENBERG, V., SAGALOWICZ, L., MICHEL, M. & GALAFFU, N., Strategies to limit colour changes when fortifying food products with iron, **Food Research International** (2016), doi: 10.1016/j.foodres.2016.05.01

HOLKEM, A. T.; CODEVILLA, C. F.; SILVA, C. B.; MENEZES, C. R. Técnicas de preparação de sistemas nanotecnológicos aplicados a alimentos. **Ciência e Natura**, vol. 37, núm. 5, pp. 87-96. 2015.

HOPPER, C. D. O.; MALLMANN, P. R.; OLIVEIRA, E. C. Determinação de umidade em balas duras e balas mastigáveis. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 7, n. 4, p 185-192, 2015.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª ed. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf

IBIAPINA, A.; AGUIAR, A. O.; TORRES, E. A.; SOARES, C. M. S.; ZUNIGA, A. D. G. Obtenção de pó de polpa detox utilizando liofilização e spray drying como métodos de secagem. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**. Rio Verde, v.11, n.03, p.269-276. 2018.

ISO 5492. Sensory analysis – Vocabulary. 2. ed., **International Organization for Standardization**. 2008.

JAFARI, S. M., ASSADPOOR, E., HE, Y., & BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying Technology**, 26(7), 816-835. 2008. doi:10.1080/07373930802135972.

JIANG, T.; FENG, L.; WANG, Y. Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and physicochemical characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during cold storage. **Food Chemistry**, p. 954-960, 2013.

JIZOMOTO, H.; KANAOKA, E.; SUGITA, K.; HIRANO, K. Gelatin-Acacia microcapsules for trapping micro oil droplets containing lipophilic drugs and ready disintegration in the gastrointestinal tract. **Pharmaceutical Research**, v.10, n. 8, p. 115-122, 1993.

JORDÃO, R. E.; BERNARDI, J. L.; FILHO, A. A. B. Prevalência de anemia ferropriva no Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**, v.27, n.1, 2009. Disponível em < <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/33157/1/S0103-05822009000100014.pdf> >. Acesso em: 21 de julho de 2020.

KAFRANI, E. T.; SHEKARCHIZADEH, H.; BEHABADI, M.M.; Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. Carbohydrate **Polymers**, v. 137, p. 360-374, 2016.

KASSEBAUM, N. J. The global burden of anemia. **Hematology/Oncology Clinics of North America**. 30 247 308. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hoc.2015.11.002>

KASSEBAUM, N. J., JASRASARIA, R., NAGHAVI, M., WULF, S. K., JOHNS, N., LOZANO, R., REGAN, M., WEATHERALL, D., CHOU, D. P., EISELE, T. P., FLAXMAN, S. R., PULLAN, R. L., BROOKER, S. J., & MURRAY, C. J. (2014). A systematic analysis of global anemia burden from 1990 to 2010. **Blood**, 123(5), 615–624. <https://doi.org/10.1182/blood-2013-06-508325>

KLÖPPEL, M. E. Estudo da secagem de blend de iogurte natural com mirtilo em cast-tape sob vácuo. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharel em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

LEE, K. Y.; MOONEY, D. J. Alginate: Properties and biomedical applications. **Progress in Polymer Science**, Elmsford, v. 37, p. 106-126, 2012.

LIMA, L. N.; AVELAR, M. H. M.; EFRAIM, P. Aplicação da gelificação a frio de alginato e pectina no desenvolvimento de balas de goma com polpas de frutas. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, Campinas, SP, n.27. 2019.

LILLFORD, P.J.; FRYER, P.J. Food Particles and the Problems of Hydration. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 76, p.797-802. 1998.

LIMA, A. M. F.; ANDREANI, L.; SOLDI, V. Influência da adição de plastificante e do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 832-837, 2007.

LIMBERG, B. C.; PAROLIN, I. M. O.; MORAES, L. S.; KOTTWITZ, L. B. M.; BENDER, S. Vegetable protein gum development. **FAG Journal of Health**. doi.org/10.35984/fjh.v3i1.297. 2021.

LISBOA, H. Reinforcement of poly (vinyl alcohol) films with alpha-chitin nanowhiskers. **Polímeros**, v. 28, n. 1, p. 69-75, 2018.

LISBOA, H. M.; DUARTE, M. E.; CAVALCANTI-MATA, M. E. Modeling of food drying processes in industrial spray dryers. **Food and Bioproducts Processing**, v. 107, p. 49-60, 2018. ISSN 0960-3085.

LIU, S.; CAI, P.; LI, X.; CHEN, L.; LI, L.; LI, B. Effect of film multi-scale structure on the water vapor permeability in hydroxypropyl starch (HPS)/Na-MMT nanocomposites. **Carbohydrate Polymers**. Volume 154, Pages 186-193. 2016.

LUCENA, C. A. Z.; COSTA, S. C.; ELEMEN, G. R. A.; MENDONÇA, E. A. M.; OLIVEIRA, E. E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros**, vol.27, São Carlos, 2017.

LYNCH, S. R. The impact of iron fortification on nutritional anaemia. **Best practice & research clinical haematology**, v. 18, n. 2, p. 333-346, 2005. ISSN 1521-6926.

MAAS, C. A. W. D.; OLIVEIRA, L. S. S.; CONDÉ, T. T.; OLIVEIRA, C. A.; BARBOSA, C. G.; SILVA, L. R.; FERREIRA, A. P. P. Elaboração e análise sensorial de picolé de frutas zero lactose. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n.5, p.28036-28051. 2020.

MACHADO, R.R.L. Influência do processamento nas propriedades dos filmes de poliuretano impregnados com óleo de copaíba. 14º Congresso da Sociedade Latino Americana de Biomateriais, Órgãos Artificiais e Engenharia de Tecidos, 703-712, 2017.

MACIEL, V. B.V.; YOSHIDA, C. M.P.; BOESCH, C.; GOYCOOLEA, F. M.; CARVALHO, R. A. Iron-rich chitosan-pectin colloidal microparticles laden with *ora-pro-nobis* (*Pereskia aculeata* Miller) extract. **Food Hydrocolloids**, 98 (2020) 105313.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.

MARCONDES, L.; DUTRA, Z. M.; SARAIVA, E. F.; VIGAS, V. P.; BRITES, B. F. Aceitação Sensorial de Bala Funcional de Bocaiuva (*Acrocomia* Spp.). **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – V.13, N.2, 2018.

MENGER, F. M.; PERESYPKIN, A. V.; CARAN, K. L.; APKARIAN, R. P. A. Sponge Morphology in an Elementary Coacervate. *Langmuir*, v. 16, p. 9113-9116, 2000.

MORR, C.V.; GERMAN, B; KINSELLA, J. E.; REGENTEIN, J. M.; VAN BUREN, J. P.; KILARA, A.; LEWIS, B. A.; MANGINO, M. E. A Collaborative Study to Develop a Standardized Food Protein Solubility Procedure. *Journal Of Food Science*, [s.i.], v. 50, p.1715-1718, 1985.

NASCIMENTO, A. L.; RABELO, D. M. Desenvolvimento e análise sensorial da geleia de polpa e casca de abacaxi com gengibre. *Revista Acadêmica Conecta Fasf*. ISSN: 2525-3158. V.3, n.1. 2018.

NEGRI, J.L. METABOLISMO DO FERRO E ERITROPOIESE. *AC&T CIENTÍFICA*, vol 11, 2013. Disponível em <http://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/revista_virtual/hematologia/hemato26.pdf> Acesso em: 21 de julho de 2020.

NORI, M. P.; FAVARO-TRINDADE, C. S.; ALENCAR, S. M.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; CASTILLO, C. J. C. Microencapsulation of propolis extract by complex coacervation. *LWT – Food science and Technology*, v. 44, p. 429-435, 2011.

OLIVEIRA, B. F.; NEGREIROS, J. K. S.; BONFIM, K. S.; PINTO, M. F.; COSTA, N. A. Modelagem matemática da cinética de secagem em camada de espuma da folha da gravioleira (*Annona muricata* Linn) e caracterização do pó obtido. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, e10942811, 2020. (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2811>.

OLIVEIRA, E. F. R. Desenvolvimento de novos filmes comestíveis contendo purê de couve e alginato de sódio. Dissertação (Ciência do Materiais). Universidade Estadual Paulista – UNESP. Ilha Solteira – São Paulo. 2020.

OLIVEIRA, M. N.; FIGUERÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; DIÓGENES, A. M. G.; SOUSA, A. B. B.; VASCONSELOS, U. A. A. Caracterização físico-química de polpas de manga ‘Rosa’ liofilizadas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. V.12, Nº 5, p. 902-906, 2017

OLIVEIRA, W. Q.; ARAÚJO, A. W. O.; WURLITZER, N. J.; BASTOS, M. S. R.; FURTADO, R. F. Effect of the Reaction Volume on the Formation of Microparticles of the Pequi Oil (*Caryocar coriaceum* Wittm.) by Complex Coacervation. **Chemical Engineering Transactions**. 74, 445- 450 DOI: 10.3303/CET1974075. 2019.

OTONI, C. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; AZEREDO, H. M. C.; LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H.; MCHUGH, T. H. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review. **Food Science and Food Safety**, Volume 16, Issue 5 p. 1151-1169. 2017.

PACHÓN, H., SPOHRER, R., MEI, Z., & SERDULA, M. K. (2015). Evidence of the effectiveness of flour fortification programs on iron status and anemia: A systematic review. **Nutrition Reviews**, 73(11), 780-795. doi: 10.1093/nutrit/nuv037

PAULINO, G. S.; PEREIRA, J. S.; RIBON, A. O. B.; CAIXETA, E. T.; MENDES, T. A. O. Produção De Bioplástico A Partir De Resíduos De Café E Seu Uso Como Matriz De Liberação De Antimicrobianos. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil – ISSN: 1984-9249. 2019.

PENTEADO, B. A.; LIMA, W. F.; MILAGRES, C. S. Etiologia de anemia em pacientes renais crônicos em tratamento hemodialítico: revisão de literatura.

Revista Científica da FHO|UNIARARAS, v. 5, n. 1. 2017.

PÉREZ-PALACIOS, T.; RUIZ-CARRASCAL, J.R.; JIMÉNEZ-MARTÍN, E.; SOLOMANDO, J.C.; ANTEQUERA, T. Improving the lipid profile of ready-to-cook meat products by addition of omega-3 microcapsules: effect on oxidation and sensory analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 14, p. 5302-5312, 2018.

PERRONE, N.; TORRIERI, E.; NICOLAI, M. A.; CAVELLA, S.; ADDEO, F.; MAIS, P. Structure and properties of hydroxypropyl methyl cellulose-sodium caseinate film cross-linked by TGase. **Food Packaging and Shelf Life**, 1 (2), pp. 113-122. 2014.

PIGGOTT, J. R.; SIMPSON, S. J.; WILLIAMS, S. A. R. “Sensory analysis”. **International Journal of Food Science and Technology**, 33, pp 7-18. 1998.

PRIYADARSHI, R.; KIM, H.; RHIM, J. Effect of sulfur nanoparticles on properties of alginate-based films for active food packaging applications. **Food Hydrocolloids**. Volume 110, 106155. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106155>.

QUEIROZ, G. C.; HERNANDES, G. M. C.; PASCHOALIN, R. F.; QUEIROZ, M. B.; FADINI, A. L.; SILVA, L. B. Impacto da rotulagem orgânica na aceitação sensorial de balas de goma. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada**. V.4, N.1. 2020.

QUEIROZ, S. S.; TORRES, M. A. A. Anemia ferropriva na infância. **Jornal de Pediatria**, Vol. 76, Supl.3, 2000. Disponível em <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/1569.pdf>> Acesso em: 21 de julho de 2020.

RAMOS, O. L.; SILVA, S. I.; SOARES, J. C.; FERNANDES, J. C.; POCAS, M. F.; PINTADO, M. E. Features and performance of edible films, obtained from whey protein isolate formulated with antimicrobial compounds. **Food Research International**, 45, pp. 351-361. 2012

RÉ, M.-I. (2006). Formulating drug delivery systems by spray drying. *Drying Technology*, 24(4), 433-446. doi:10.1080/07373930600611877

REINECCIUS, G. A. The Spray Drying of Food Flavors. **Drying Technology: An International Journal**, 22:6, 1289-1324. 2004.

SANTOS, A. C. C.; PASCOAL, D. R. C. Produção de filmes biopoliméricos incorporados com bioativos fitoterápicos: uma revisão bibliográfica. Anais da 22ª Semana de Mobilização Científica- SEMOC. 2019.

SANTOS, B. Biodegradabilidade de filmes baseados em biopolímero e óleo essencial de erva-doce. Dissertação (Mestre em Ciências dos Materiais). Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira. 2020.

SANTOS, I.; CÉSAR, J. A.; MINTEN, G.; VALLE, N.; NEUMANN, N. A.; CERCATO, E. Prevalência e fatores associados à ocorrência de anemia entre menores de seis anos de idade em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 403-415, dez. 2004. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/rbepid/v7n4/04.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2020.

SANTOS, V. S.; FERREIRA JÚNIOR, C. R.; AOUADA, F. A.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; MOURA, M. R. Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e *Cúrcuma longa*. **Matéria (Rio Janeiro)**, vol.26 no.1 Rio de Janeiro, 2021.

SCHROOYEN, P. M.; VAN DER MEER, R.; DE KRUIF, C. Microencapsulation: its application in nutrition. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 60, n. 4, p. 475-479, 2001. ISSN 1475-2719.

SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n.6, p.501-547, 1993.

SHANKAR, S.; KASAPIS, S.; RHIM, J. Alginate-based nanocomposite films reinforced with halloysite nanotubes functionalized by alkali treatment and zinc oxide nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**. Volume 118, Pages 1824-1832. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.07.026>.

SHIGEMATSU, E. Coberturas comestíveis à base de alginato de sódio, quitosana e água de coco em cenouras (*Daucus carota* L.) minimamente processadas: Avaliação de potencial probiótico e efeitos sobre parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. **Tese (Doutorado)**. Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2017.

SILVA, A. C. S. M. Introdução à análise sensorial de géneros alimentícios e sua aplicação na indústria alimentar. Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. 2015.

SILVA, M. G. B. Elaboração e determinação de parâmetros tecnológicos e sensoriais de bala de goma com poliois saborizada com polpa de cagaita. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Urutaí. 2020).

SILVA, C. V. Impregnação/deposição de agentes bioativos em curativos poliméricos usando CO₂ supercrítico. Tese(doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, 2018. 122p.

SILVA, E. M. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.

SILVA, M. A.; MILAGRES, L. C.; CASTRO, A. P. P.; FILGUEIRAS, M. S.; ROCHA, N. P.; HERMSDORFF, H. H. M.; LONGO, G. Z.; NOVAES, J. F. O consumo de produtos ultraprocessados está associado ao melhor nível socioeconômico das famílias das crianças. **Ciência Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 11, p.4053-4060, nov. 2019.

SILVA, J. A.; SILVA, K. S.; SILVA, M. C.; SILVEIRA, P. M.; DUCA, G. F. D.; BENEDET, J.; NAHAS, M. V. Consumo de frutas e verduras por adolescentes catarinenses ao longo de uma década. **Ciência. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 613-621, Feb. 2020.

SILVA, I. G.; ANDRADE, A. P. C.; SILVA, L. M. R.; GOMES, D. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. *Brazilian Journal Food and Technology*, Campinas, v. 22, e2018209, 2019.

SILVA, M. M. B. Elaboração de bala mastigável sabor café com ingredientes funcionais. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal de Goiano – Campus Morrinhos. 2017.

SOARES, A. C.; PEREIRA, N. R. Secagem da polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) em secador de leito de jorro: efeito da clara de ovo como agente carreador de secagem na qualidade do produto. **Brazil Journal Food and Technology**. 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07519>.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura de filmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1-14, 2000.

STONE, H.; REBECCA, N.B.; HEATHER, A. T. *Sensory Evaluation Practices*, 4ª Ed., Academic Press. 2012.

SIPAHI, R. E.; CASTELL-PEREZ, M. E.; MOREIRA, R. G.; GOMES, C.; CASTILLO, A. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating

extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT – Food Science and Technology**, p. 9-15, 2013.

SIQUEIRA, L. V.; PAETZOLD, M. G.; FARIÑA, L. O. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes à base de biomassa de banana verde. **Brazilian Journal of Health Review**, ISSN: 2525-8761. 2021.

SOARES, I. A. L. Obtenção de extratos de folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.): estudo experimental e otimização do processo. Doutorado (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. 2021.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D.A.K.; MEIER, M. M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v. 7, n. 2, p. 12-20, 2006.

SUGIARTO, M.; YE, A., SINGH, H. Characterization of binding of iron to sodium caseinate and whey protein isolate. **Food Chemistry**, v. 114, n. 3, p. 1007-1013, 2009.

TAKALA, P. N.; VU, K. D.; SALMIERI, S.; KHAN, R. A.; LACROIX, M. Antibacterial effect of biodegradable active packaging on the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in fresh broccoli stored at 4 °C. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 53, ed. 2, p. 499-506, 2013.

TAN, S., ZHONG, C., & LANGRISH, T. (2020). Encapsulation of caffeine in spray-dried micro-eggs for controlled release: The effect of spray-drying (cooking) temperature. **Food Hydrocolloids**, 108, 105979. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.105979

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 64: 12-21. 2009.

THIES C. Microcapsules. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. 2nd ed, p. 3892-3903, 2003.

THOMAS, M. E. C.; SCHER, J.; DESOBRY-BANON, S.; DESOBRY, S. Milk Powders Ageing: Effect on Physical and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v. 44, n. 5, p.297-322, set. 2004. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408690490464041>.

VALENZUELA, C. et al. Heme iron release from alginate beads at in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Biological trace element research**, v. 172, n. 1, p. 251-257, 2016. ISSN 0163-4984.

VASCONCELOS, N. C. M.; SARUBBO, L. A.; SALGADO, S. M.; ANDRADE, S. A. C.; XAVIER, V. L.; COSTA, A. M. T.; SIMÕES, C. V. S. Análise sensorial de barras de cereal adicionadas de farinha de cogumelo *Pleurotus eryngii*. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. ISSN 2446-8053 (online). V. 25, N. 2. 2020.

VEIGA, Camila Carolina. Encapsulamento de óleo de café em microcápsulas de gelatina/goma arábica reticuladas por transglutaminase. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

VERGARA, L. P.; RODRIGUES, R. S.; ZAMBIAZI, R. C.; FRANZON, R. C.; CHIM, J. F. Perfil sensorial de balas mastigáveis convencionais e de reduzido valor calórico formuladas com polpa de Araçá Amarelo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n 3, p 15362-15368. ISSN 2525-8761. 2020.

VU, C. H. T.; WON, K. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. **Food Chemistry**, 140 (1–2), pp. 52-56. 2013

YAHYAOU, M.; GORDOBIL, O.; DÍAZ, R. H.; ABDERRABBA, M.; LABIDI, J.; Development of novel antimicrobial films based on poly (lactic acid) and essential oils, *React. Funct. Polym.* 109. 2016.

YAMAGISHI, J. A.; ALVES, T. P.; GERON, V. L. M.; LIMA, R. R. O.

Anemia ferropriva: diagnóstico e tratamento. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, 99-110, jan.-jun., 2017.

WEISS, G.; GANZ, T.; GOODNOUGH, L. T. ANEMIA OF INFLAMMATION. **Blood**, 2019, VOLUME 133.

WEGMÜLLER, R.; ZIMMERMANN, M. B.; BÜHR, V. G.; WINDHAB, E. J.; HURRELL, R. E. Development, Stability, and Sensory Testing of Microcapsules

Containing Iron, Iodine, and Vitamin A for Use in Food Fortification. Vol. 71, Nr. 2, **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**, 2006.

WIHELM, L. R.; SUTER, D. A.; BRUSEWITZ, G. H. Drying and Dehydration. Chapter 10 in **Food & Process Engineering Technology**, 259-284. St. Joseph, Michigan: ASAE. American Society of Agricultural Engineers, 2005.

WHO/UNICEF/UNU. Iron deficiency anaemia assessment, prevention, and control: a guide for programme managers. Geneva, World Health Organization, 2001. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/en/ida_assessment_prevention_control.pdf>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

ZANONI, F., PRIMITERRA, M., ANGELI, N., & ZOCCATELLI, G. (2019). Microencapsulation by spray-drying of polyphenols extracted from red chicory and red cabbage: effects on stability and color properties. **Food Chemistry**, 125535. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125535

ZHING, T.; HUANG, R.; SUI, S.; LIAN, Z.; SUN, X.; WAN, A.; LI, H. Effects of ultrasound treatment on lipid self-association and properties of methylcellulose/stearic acid blending films. **Carbohydrate Polymers**, 131 (20), pp. 415-423. 2015

ZIMMERMANN. The potential of encapsulated iron compounds in food fortification: a review. **International journal for vitamin and nutrition research**, v. 74, n. 6, p. 453-461, 2004. ISSN 0300-9831.

ZIMMERMANN, M. B.; WINDHAB, E. J. Encapsulation of iron and other micronutrients for food fortification. In: (Ed.). **Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing**: Springer, 2010. p.187-209.

ANEXO

Apêndice 1: Ficha sensorial para a goma comestível enriquecida com ferro

Goma enriquecida com ferro

Data: ____/____/____

Faixa Etária: () 17-30 () 31-40 () 41-50 () 51-60 () Acima de 61 **Sexo:** () Feminino () Masculino

Grau de Escolaridade: () Ensino médio () Ensino Superior () Pós- Graduação

Você toma algum suplemento de ferro? () Sim () Não

1. Você está recebendo 2 (duas) amostras codificadas. Avalie da esquerda para a direita de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo:

- 9 – Gostei muitíssimo
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei muitíssimo

Amostra	Odor	Sabor Ferro	Textura	Impressão Global

2. Marque sua intenção de compra utilizando a tabela abaixo:

- 5 – Certamente compraria
- 4 – Provavelmente compraria
- 3 – Tenho dúvidas se compraria
- 2 – Provavelmente não compraria
- 1 – Certamente não compraria

Amostras	Intenção de Compra

Comentários: _____
