



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Nutrição
Colegiado de Ciência e Tecnologia de Alimentos



LORRAYNE DOS REIS CARDOSO

**ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA: ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
DE EMULSÕES**

Ouro Preto

Agosto - 2023

LORRAYNE DOS REIS CARDOSO

**ÓLEO DA POLPA DE MACAÚBA:
ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EMULSÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Priscila Cardoso Fidelis

OURO PRETO

Agosto - 2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Lorrayne dos Reis Cardoso

Óleo da polpa de macaúba: elaboração e caracterização de emulsões

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 31 de agosto de 2023

Membros da banca

Dr^a. Priscila Cardoso Fidelis - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto

Dr^a. Kelly Moreira Pereira Gandra - Universidade Federal de Ouro Preto

Dr^a. Maria Helena Nasser Brumano - Universidade Federal de Ouro Preto

Priscila Cardoso Fidelis, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/03/2024



Documento assinado eletronicamente por **Priscila Cardoso Fidelis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/03/2024, às 17:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0678272** e o código CRC **CAC8556E**.

À minha família, por todo suporte, amor e por sempre me encorajar a seguir meus
sonhos,

Aos meus pais, em especial à minha mãe, por acreditar e investir na minha
educação desde pequena,

Ao meu namorado e minha irmã por serem meus melhores amigos e sempre me
apoiarem,

À Deus, por me sustentar e nunca me deixar desistir.

RESUMO

A macaúba é um fruto frequentemente encontrado no cerrado mineiro com ótima composição de óleo tanto na polpa quanto na amêndoa. As emulsões por conseguirem encapsular compostos hidrofílicos (emulsões A/O) ou hidrofóbicos (emulsões O/A) em concentrações desejadas, são produtos que podem ser utilizados como um novo produto ou como ingrediente. Neste trabalho as emulsões formuladas com óleo da polpa de macaúba e isolado proteico de soja, foram caracterizadas quanto ao pH, acidez e microscopia. Também foram realizadas análises de estabilidade estática e cinética. O maior índice de acidez encontrado foi de $0,33 \pm 0,09\%$. A microscopia e as análises de estabilidade estática e centrífuga, evidenciaram resultados que relacionam as variáveis testadas: teor de óleo, concentração de proteína e velocidade de homogeneização. As emulsões que obtiveram maiores índices de estabilidade estática e centrífuga, respectivamente, foram formuladas com os maiores teores de óleo testados (12,5% m/m e 20,0% m/m). O maior grau de velocidade 25600 rpm e a concentração de 1,0% m/v, resultaram em microestruturas com gotas menores e mais bem distribuídas.

Palavras-chave: macaúba; emulsão; isolado proteico de soja; estabilidade, alimentos.

ABSTRACT

Macauba is a fruit often found in the savanna of Minas Gerais, with an excellent oil composition both in the pulp and in the almond. Emulsions can encapsulate hydrophilic (W/O emulsions) or hydrophobic (O/W emulsions) compounds at desired concentrations, so they can be used as a new product or as an ingredient. In this work, emulsions formulated with macauba pulp oil and soy protein isolate were characterized in terms of pH, acidity and microscopy. Static and kinetic stability analyzes were also carried out. The highest acidity index found was $0.33 \pm 0.09\%$. Microscopy and static and centrifugal stability analysis showed results that relate the tested variables: oil content, protein concentration and homogenization speed. The emulsions that obtained the highest static and centrifugal stability indexes, respectively, were formulated with the highest tested oil contents (12.5% m/m and 20.0% m/m). The highest degree of speed 25600 rpm and the concentration of 1.0% m/v resulted in microstructures with smaller and better distributed droplets.

Keywords: macauba; emulsion; soy protein isolate; stability, food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Microestrutura de emulsões preparadas com: 5% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 1% m/v de IPS (A); 20% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 1% m/v de IPS (B); 5% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 2,50% m/v de IPS (C); 20% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 2,50% m/v de IPS (D)..... 9
- Figura 2** - Microestrutura de emulsões preparadas com: 12,5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 1% de IPS (E); 12,5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 2,50% de IPS (F)..... 10
- Figura 3** - Microestrutura de emulsão preparada com: 5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 16800 rpm e 1,75% m/v de IPS (G); 5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 1,75% m/v de IPS (H). 10
- Figura 4** - Índices de cremeação das emulsões após teste de estabilidade estática. 12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de acidez das emulsões e do óleo da polpa de macaúba, e valores de pH das emulsões com óleo da polpa de macaúba e isolado proteico de soja.....	8
---	---

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
2.1	Materiais.....	4
2.1.1	Óleo	4
2.1.2	Fase aquosa	4
2.2	Métodos.....	4
2.2.1	Preparo das emulsões	4
2.2.2	Determinação do pH.....	5
2.2.3	Índice de Acidez.....	5
2.2.4	Microscopia.....	5
2.2.5	Estabilidade da emulsão	6
2.2.6	Análise estatística	6
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	7
3.1	Determinação do pH e Percentual de Acidez.....	7
3.2	Microscopia	8
3.2.1	Influência das variáveis na distribuição e tamanho da gota ...	8
3.3	Estabilidade da emulsão	10
3.3.1	Estática	10
3.3.2	Centrífuga	13
4	CONCLUSÃO.....	15
5	REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acronomia acuelata*) é o fruto das palmeiras do gênero *Acronomia*, família *Palmae*. São cerca de 25 espécies entre a Argentina e o México, sendo mais encontrada nas Antilhas, Costa Rica, Paraguai e Brasil. No Brasil, a macaúba é encontrada em quase todas as regiões, destacando-se as regiões em Mato Grosso, Goiás e nas seguintes regiões de Minas Gerais: Alto do Paraíba, norte de Minas (Montes Claros) e na Zona Metalúrgica, próximo a Belo Horizonte (RETTORE; MARTINS, 1983).

Os frutos da palmeira da macaúba são oleaginosas com teor de óleo de 50-60% quando secos. Os óleos extraídos da polpa e da amêndoa da macaúba diferem em suas características físicas e químicas, em decorrência da variação de umidade e maturação dos frutos. A umidade tem relação direta com o percentual de óleo de cada parte do fruto, sendo menor na amêndoa e maior na polpa, tendo a amêndoa maior percentual de óleo em relação à polpa (RETTORE; MARTINS, 1983).

A polpa e a amêndoa da macaúba possuem compostos de interesse, como carotenoides, fibra alimentar, proteínas e óleo, destacando-se ácidos graxos como o ácido oleico, linoleico e linolênico (óleo da polpa) e, ácido láurico (óleo da amêndoa) (PIMENTA *et al.*, 2012). A amêndoa da macaúba pode ser consumida pura ou como ingrediente na elaboração de doces como paçoca e cocada, e utilizada para a extração de óleo de ótima qualidade, rico em ácido láurico (COIMBRA; JORGE, 2011).

O óleo da polpa de macaúba tem cor amarelo alaranjado devido à presença de carotenoides, é composto predominantemente por ácidos graxos insaturados, sendo o principal o ácido oleico, ômega 9 (53,4% em frutos frescos), seguido do ácido palmítico (18,7%). O ácido oleico é um ácido graxo essencial, desempenhando papel fundamental na síntese de hormônios e promovendo o aumento de secreções biliares (PIMENTA *et al.*, 2012). Sua composição em ácidos graxos o torna um excelente óleo para fins alimentícios sendo comparado com o azeite de oliva (ANDRADE *et al.*, 2009).

Uma forma de incorporar compostos lipo e hidrossolúveis em um mesmo produto é pelo uso de emulsões. Emulsão é um sistema disperso constituído por um ou mais líquidos imiscíveis, como água e óleo, com um dos líquidos disperso no outro (fase contínua) em pequenas gotículas. As emulsões são classificadas de acordo com

sua distribuição no sistema: emulsões óleo em água (O/A), caracterizadas por gotículas de óleo dispersas na fase aquosa (contínua), emulsões água em óleo (A/O), formadas por gotículas de água dispersas em fase oleosa (COSTA, 2011).

A estabilidade de uma emulsão relaciona-se com a capacidade que a emulsão terá em resistir às alterações intrínsecas e extrínsecas ao longo do tempo. Fatores como, tamanho da gota, composição química das fases do sistema, processo de produção da emulsão, condições de armazenamento, dentre outros, podem causar a desestabilização da emulsão resultando na quebra do sistema (separação das fases). Inversão de fases (ocorre a troca entre a fase dispersa e o meio), cremeação ou sedimentação (causada por ação da gravidade), coalescência (motivada pelo estreitamento e ruptura da película líquida entre as gotículas), maturação de Ostwald (provocada pela diferença na solubilidade entre as gotículas de maior e menor tamanho) e agregação (induzida pela atração das forças de van der Waals), são mecanismos de instabilidade que podem ocorrer em emulsões (TEIXEIRA, 2014).

A fim de se obter emulsões cineticamente estáveis, ou seja, que permaneçam estáveis por um dado período de tempo, emulsificantes e estabilizantes são empregados na formulação de emulsões. Estabilizantes atuam na modificação da viscosidade da fase contínua enquanto o agente emulsificante proporciona estabilização por meio de ação interfacial da emulsão (COSTA, 2011).

Os emulsificantes são moléculas anfífilas contendo grupamentos polares e apolares. Devido a sua atividade superficial, os emulsificantes são capazes de se adsorver em uma interface com líquidos imiscíveis (óleo-água), possibilitando a formação e estabilização pela ação interfacial da emulsão. Emulsificantes macromoleculares como as proteínas do leite e do ovo, são muito usados no processamento de alimentos. Suas propriedades funcionais dependem de características como conformação, massa molecular, polaridade, hidrofobicidade e flexibilidade (COSTA, 2011).

Este trabalho visa à obtenção e a caracterização de emulsões com o óleo da polpa de macaúba estabilizadas pelo isolado proteico de soja. Objetivou-se:

- Produção de emulsões O/A usando óleo da polpa de macaúba estabilizadas por isolado proteico de soja;

- Caracterização da emulsão quanto ao pH, acidez e microscopia;
- Avaliação da estabilidade da emulsão: por meio dos índices de cremeação estático e acelerado em centrífuga.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.1.1 Óleo

Os frutos de macaúba foram colhidos no município de Piranga-MG. A polpa e a amêndoa foram separadas e secas em estufa com circulação e renovação do ar por 16 h a 65 °C. A extração do óleo foi realizada por meio de prensa e centrifugação a 4000 rpm por 20 min. O sobrenadante foi armazenado em freezer a -20 °C até o momento da análise, conforme descrito por GOULART (2018).

2.1.2 Fase aquosa

O isolado proteico de soja foi utilizado como emulsificante. As soluções com o emulsificante foram preparadas no dia anterior ao preparo das emulsões, para garantir completa solubilização e hidratação da proteína. A água destilada utilizada para o preparo da solução, teve o pH ajustado com HCl e NaOH 0,1 mol.l⁻¹, quando necessário, para pH 3,0. A solubilização da proteína foi feita em pH 3,0 considerando que o ponto isoelétrico do isolado proteico de soja está entre pH 4,0 e 5,0. Em valores de pH menores ou maiores que o pH do ponto isoelétrico, as proteínas têm carga e a solubilização ocorre devido a repulsão eletrostática e hidratação iônica (OLIVEIRA, 2010). As soluções de isolado proteico de soja foram preparadas com as concentrações de 1,00, 1,75 e 2,50% m/v, homogeneizadas e armazenadas sob refrigeração.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparo das emulsões

Para obtenção das emulsões, 100 g da solução de isolado proteico de soja com óleo da polpa de macaúba foram pesados, com variação na concentração de óleo (5,0; 12,5 e 20,0% m/m) para cada variação da solução de isolado proteico. A amostra foi homogeneizada em agitador Ultra Turrax (modelo T10 Basic - IKA) usando o elemento de dispersão S10N-10 G variando a velocidade de rotação (16800 rpm; 21200 rpm e 25600 rpm), por 5 min.

2.2.2 Determinação do pH

O pH das emulsões foi determinado a partir do preparo e homogeneização de uma dispersão 10,0% v/v (emulsão: água destilada). O pH da solução também foi medido, antes do preparo das emulsões. A determinação foi feita em pHmetro de bancada (Digimed, modelo DM20), devidamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 em temperatura ambiente com a inserção direta do eletrodo nas amostras. A análise de pH foi feita em duplicata (CALLEGARI; ANDRADE, 2015; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.2.3 Índice de Acidez

A acidez das emulsões e do óleo da polpa de macaúba, dada em porcentagem de acidez, foi determinada por titulação de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para a análise, aproximadamente 2 g de amostra foram pesados em Erlenmeyer e dissolvidos em 25 mL de solução éter:álcool neutra (2:1 v/v). Duas gotas de fenolftaleína foram adicionadas como indicador para a titulação com a solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ até o aparecimento da cor alaranjada/avermelhada (junção da cor rosa do indicador com a cor amarelada do óleo da polpa de macaúba). Os resultados foram obtidos a partir do cálculo da equação 1.

$$\% \text{ Acidez} = \left(\frac{V \cdot F \cdot 5,61}{P} \right) \div 1,99 \quad (1)$$

Onde:

V: é o volume de NaOH gasto na titulação;

F: fator de correção da solução de NaOH utilizada;

P: peso em gramas da amostra;

2.2.4 Microscopia

Uma gota de cada amostra foi dispersa em lâmina, coberta com lamínula e visualizada em microscópio óptico Carl Zeiss com aumento óptico de 40x. As imagens foram obtidas por câmera de celular (Zenfone ZC553KL).

2.2.5 Estabilidade da emulsão

Estabilidade estática

A avaliação da estabilidade da emulsão foi feita medindo-se o índice de cremeação estático e o índice de cremeação acelerado em centrífuga, ambas determinadas a partir do cálculo do índice de cremeação, descrito na equação 2. O índice de cremeação estático (feito sem perturbação do sistema), foi determinado após 3 dias. As amostras com peso de 50 g foram armazenadas em tubos de vidro tampados.

O índice de cremeação estático foi dado medindo-se a altura da cremeação e a altura total das emulsões (COUTO, 2014; FRANGE; GARCIA, 2009).

$$\text{Índice de Cremeação} = 100. (H_C/H_T) \quad (2)$$

Estabilidade em centrífuga

A avaliação da estabilidade em centrífuga foi feita colocando-se a amostra devidamente pesada em tubos de ensaio para centrífuga e submetendo-as à centrifugação.

Todas as análises quantitativas foram realizadas em duplicata e os dados, apresentados como média e desvio padrão.

2.2.6 Análise estatística

O efeito do teor de óleo, de emulsificante e da velocidade nas características e estabilidade das emulsões foi avaliado por meio de superfície de resposta, obtido com um design do tipo Box-Behnken, com 3 repetições no ponto central e 3 fatores, a saber: teor de óleo (5,0; 12,5 e 20,0% m/m), concentração do emulsificante (1,00; 1,75 e 2,50% m/v) e velocidade de agitação (16800, 21200 e 25600 rpm). O módulo utilizado para a construção da matriz com as condições experimentais testadas no delineamento foi o SAS 9.2 / ADX® (Interface for Design of Experiments).

A partir dos resultados do delineamento de Box-Behnken, constatou-se que o ajuste não foi significativo. Logo, a avaliação dos dados foi feita em pares de tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Determinação do pH e Percentual de Acidez

O pH das emulsões não ultrapassou a faixa do pH 7. Valores na faixa da neutralidade também foram encontrados em emulsões O/A à base de óleo de canola e goma xantana. PUTRA; SYARIFUDDIN; DIRPAN, 2020, concluíram que a concentração do óleo de canola utilizado no preparo das emulsões, influenciou no valor de pH. As emulsões preparadas com maior teor de óleo, apresentaram menor valor de pH. Não foi observado relação entre o teor de óleo da polpa de macaúba das emulsões e os valores de pH encontrados.

A acidez do óleo utilizado nas formulações foi de $0,42 \pm 0,14\%$. Segundo a Instrução Normativa (IN) nº 87, de 15 de março de 2021, o valor máximo de acidez para óleos prensados a frio e não refinados é de 2,00% (BRASIL, 2021). Com base nos dados de acidez da TAB. 1, tem-se que os dois maiores índices de acidez das emulsões, foram para os tratamentos 2 e 4, agitados na velocidade mais alta testada (25600 rpm). Os tratamentos mencionados diferem apenas no teor de óleo da formulação, um tratamento foi preparado com o menor teor de óleo testado (5,0% m/m) e o outro com o maior teor de óleo testado (20,0% m/m). Mendes *et al.*, (2016) observou diferença significativa na acidez de amostras de maionese temperada de coco e coco/azeite. A maionese com óleo de coco apresentou acidez maior (0,25%) que a maionese preparada com óleo de coco/azeite ($0,19 \pm 0,01\%$). Izidoro *et al.* (2008) encontrou valores entre 0,78% e 0,84% de acidez para emulsão tipo maionese com polpa de banana verde, utilizando como agente acidificante, o vinagre. A acidez do molho cremoso à base de extrato de soja de José (2018), foi de 0,53%. A autora atribuiu esse valor à quantidade de ácido total presente na formulação (0,8%).

Tabela 1 - Índices de acidez das emulsões e do óleo da polpa de macaúba, e valores de pH das emulsões com óleo da polpa de macaúba e isolado proteico de soja.

Tratamento	Óleo (%)	Velocidade	Emulsificante (%)	Acidez (%)	pH
1	5,0	16800	1,75	0,26±0,19	7,59±0,66
2	5,0	25600	1,75	0,32±0,09	7,26±0,68
3	20,0	16800	1,75	0,20±0,09	7,50±0,65
4	20,0	25600	1,75	0,33±0,09	7,30±0,86
5	12,5	16800	1,00	0,20±0,00	7,45±0,30
6	12,5	16800	2,50	0,23±0,04	7,18±0,15
7	12,5	25600	1,00	0,22±0,04	7,38±0,09
8	12,5	25600	2,50	0,23±0,04	7,37±0,30
9	5,0	21200	1,00	0,20±0,00	7,17±0,11
10	20,0	21200	1,00	0,23±0,02	7,00±0,81
11	5,0	21200	2,50	0,26±0,00	7,38±0,22
12	20,0	21200	2,50	0,19±0,09	7,06±0,81
13	12,5	21200	1,75	0,26±0,00	7,28±0,70
14	12,5	21200	1,75	0,16±0,02	7,48±0,21
15	12,5	21200	1,75	0,16±0,02	7,46±0,20

A fase contínua das emulsões (solução de isolado proteico de soja) teve pH médio de 6,81. A solubilidade da proteína é diretamente influenciada pelo pH do meio. Quando o pH do meio é maior ou menor que o pH da proteína em seu ponto isoelétrico, a solubilidade e a capacidade de emulsificação aumentam (GARCÍA; TORRE; MARINA, 1997). FREITAS; ALBANO; TELIS (2017) avaliaram a solubilidade do isolado proteico de soja em pHs variando do 3,0 ao 11,0 ($\pm 0,05$). Os resultados mostraram baixa solubilidade do isolado em pHs entre 4,0 e 5,0 (ponto isoelétrico). Foi observado um aumento da solubilidade com o aumento do pH para valores acima da faixa do ponto isoelétrico, sendo a máxima solubilidade relatada para pH 11,0.

3.2 Microscopia

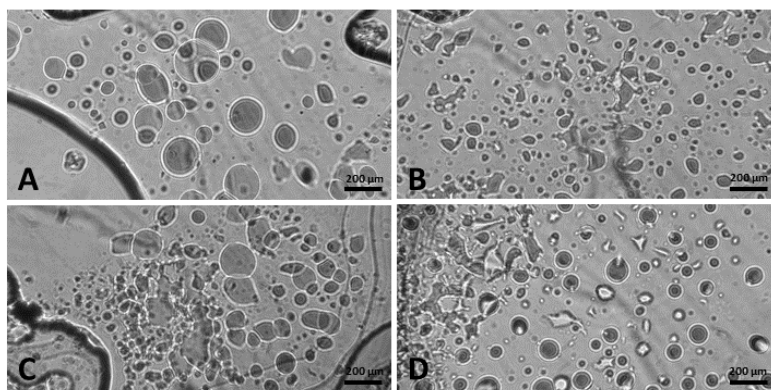
3.2.1 Influência das variáveis na distribuição e tamanho da gota

Teor de óleo

Na FIG. 1 estão as micrografias dos tratamentos em que o teor de óleo variou entre 5,0 e 20,0%. As microfotografias A e C, correspondem aos tratamentos com teor de óleo de 5%, B e D correspondem aos tratamentos com teor de óleo de 20,0%. Analisando as imagens, as emulsões preparadas com 20% de óleo resultaram em gotas menores e mais distribuídas. As emulsões preparadas com 5% de óleo

apresentaram comportamento contrário, formando gotas maiores e agrupadas. Andrade, R. Q. *et al.* (2018) analisaram a microestrutura de emulsões tipo maionese com óleo de pequi, e encontraram resultados que relacionam a concentração da fase oleosa e a quantidade de gotículas de óleo formadas. Os autores concluíram que quanto maior o teor da fase oleosa, maior o número de gotículas formadas.

Figura 1 - Microestrutura de emulsões preparadas com: 5% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 1% m/v de IPS (A); 20% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 1% m/v de IPS (B); 5% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 2,50% m/v de IPS (C); 20% m/m de óleo de macaúba, agitação a 21200 rpm e 2,50% m/v de IPS (D).

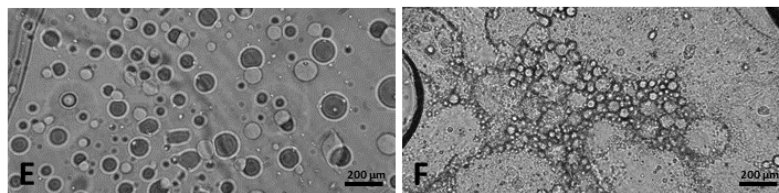


Fonte: Elaborado pela autora.

Concentração da proteína

Para avaliar a microestrutura das emulsões preparadas, foram utilizadas microfotografias dos tratamentos com o menor teor de proteína testado (1,00%) e maior teor de proteína (2,50%). O tratamento E, preparado com 1,00% de isolado proteico de soja, apresenta gotas maiores, quando comparado com o tratamento F. Apesar de apresentar gotas menores, o tratamento F exibe um agrupamento dessas gotas, comprometendo a estabilidade. Brewer, Franco, Garcia-Zapateiro (2016), relataram melhora na distribuição do tamanho de gota à medida que a concentração proteica da emulsão aumentava.

Figura 2 - Microestrutura de emulsões preparadas com: 12,5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 1% de IPS (E); 12,5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 2,50% de IPS (F).

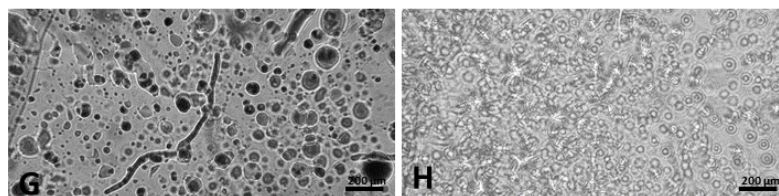


Fonte: Elaborado pela autora.

Velocidade

O aumento na velocidade de 16800 para 25600 rpm gerou gotículas menores e mais bem distribuídas, como é possível perceber na FIG. 3. Coutinho *et al.* (2018) obtiveram com o aumento da velocidade de agitação, diminuição do tamanho médio de gota das emulsões.

Figura 3 - Microestrutura de emulsão preparada com: 5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 16800 rpm e 1,75% m/v de IPS (G); 5% de óleo de macaúba m/m, agitação a 25600 rpm e 1,75% m/v de IPS (H).



Fonte: Elaborado pela autora.



3.3 Estabilidade da emulsão

3.3.1 Estática

No teste de estabilidade estática, foi possível perceber a separação de fases das emulsões com a presença de precipitado branco em maior quantidade nas emulsões preparadas com uma concentração maior de isolado proteico de soja, formação de uma camada de óleo e creme, tendo sua altura relacionada ao teor de óleo e turvação na camada aquosa, como mostra a FIG. 4. As amostras começaram o processo de separação de fases poucas horas após a emulsificação, indicando

baixa estabilidade. Ribeiro (2003) avaliou o índice de separação de fases de emulsões O/A com 10% m/m de azeite de oliva e 2% m/v de isolado proteico de soja, com ajuste do pH da solução de isolado proteico de soja para 3 e 7. Os resultados mostram uma quebra da estabilidade logo no segundo dia de teste, resultando em separação de duas fases, uma oleosa e a outra aquosa, apresentando turvação. O autor relaciona a turvação da fase aquosa, à presença de proteínas que migraram da interface O/A.

Figura 4 - Índices de cremeação das emulsões após teste de estabilidade estática.

Dia 0																
Dia 3																
Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T13	T6	T8	T11	T14	T15	T12	T5	T7	T9	T10	
Óleo	5,0	5,0	20,0	20,0	12,5	12,5	12,5	5,0	12,5	12,5	20,0	12,5	12,5	5,0	20	
Proteína	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	2,50	2,50	2,50	1,75	1,75	2,50	1,0	1,0	1,0	1,0	
Agitação	168000	25600	168000	25600	21200	168000	25600	21200	21200	21200	21200	168000	25600	21200	21200	
Índice de Cremeação	5,56	10,91	14,55	8,93	14,55	14,29	16,36	9,26	18,52	17,86	23,64	14,55	25,00	5,56	23,64	

Fonte: Elaborado pela autora.

O tratamento que apresentou melhor estabilidade foi o tratamento preparado com 12,5% m/m de óleo da polpa de macaúba, 1,75% m/v de isolado proteico de soja e velocidade 5. Em geral, maiores teores de óleo apresentaram os melhores resultados para estabilidade do creme. Em seu estudo sobre emulsões O/A de azeite de oliva com proteínas como emulsificantes, NIKOVSKA (2012) também percebeu esse comportamento nas medições de estabilidade de emulsões com isolado proteico de soja (IPS). O aumento na fração de volume da fase dispersa aumentou conseqüentemente a viscosidade do sistema, correlacionando-se bem com a estabilidade do creme. Para volumes baixos da fase dispersa, os resultados de NIKOVSKA (2012) exibiram emulsões com menor estabilidade do creme durante o armazenamento. Análogo aos resultados obtidos no trabalho citado, os menores teores de óleo testados resultaram em emulsões com menores valores de estabilidade devido a menor viscosidade dos sistemas.

3.3.2 Centrífuga

O mesmo comportamento observado para o teste de estabilidade estática, foi percebido no teste de estabilidade em centrífuga. Houve separação de fases em camada de precipitado do isolado proteico de soja, camada aquosa com turvação em alguns tratamentos, camada de creme e camada de óleo (FIG. 5). As variações nas concentrações de óleo e proteína, se relacionaram diretamente com a altura das camadas que se separaram. Lima *et al.* (2008) submeteram as emulsões macroscopicamente estáveis, após 24h, a testes preliminares de estabilidade. Das formulações testadas no teste de centrifugação, sete se mantiveram estáveis após o teste, não apresentaram separação de fases.

Figura 5 - Índices de cremeação das emulsões após teste de estabilidade em centrífuga.

Tratamentos em duplicata																
	Óleo	5,0	5,0	20,0	20,0	12,5	12,5	12,5	5,0	12,5	12,5	20,0	12,5	12,5	5,0	20,0
Proteína	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	2,50	2,50	2,50	1,75	1,75	2,50	1,00	1,00	1,00	1,00	
Agitação	168000	25600	168000	25600	21200	168000	25600	21200	21200	21200	21200	168000	25600	21200	21200	
Índice de Cremeação	0	2,29 ± 0,89	3,86 ± 1,56	7,09 ± 0,46	3,45 ± 0,90	1,83 ± 0,25	3,98 ± 0,90	1,61 ± 0,70	2,85 ± 0,09	5,37 ± 0,57	5,61 ± 4,03	2,12 ± 0,58	5,55 ± 0,04	1,42 ± 0,44	5,88 ± 0,26	

Fonte: Elaborado pela autora.

Os melhores resultados para o teste de estabilidade em centrífuga, foram obtidos dos tratamentos preparados com maior teor de óleo (20% m/m). Percebeu-se que as emulsões com maior teor de óleo, após a centrifugação, exibiram maior camada de creme, bem como as emulsões com maior concentração de isolado proteico de soja, apresentaram maior camada de precipitado.

4 CONCLUSÃO

A partir da formulação testada, foi possível elaborar e caracterizar emulsões com óleo da polpa de macaúba estabilizadas com isolado proteico de soja. Por ser uma formulação simples, fazendo uso apenas do isolado proteico de soja como estabilizante, as emulsões testadas apresentaram instabilidade (separação de fases). A formulação testada que obteve melhor desempenho, foi a formulação com o teor de óleo de 12,5% m/m e 1% m/m de isolado proteico de soja. Na avaliação da estabilidade, evidenciou-se o aumento da estabilidade com o aumento do teor da fase dispersa.

Diversos autores citados neste trabalho fizeram uso da adição de agentes que contribuíram para estabilidade de emulsões. Pôde-se concluir que, a formulação de uma emulsão O/A estabilizada apenas pelo isolado proteico de soja, com variação na concentração das fases dispersa e contínua, não foi suficiente para garantir a estabilidade das emulsões.

O óleo da polpa de macaúba tem grande potencial nutricional e para a indústria, além de ser fonte de renda em diversas regiões para agricultores familiares. Destinar o óleo da polpa na incorporação de um produto alimentício se torna vantajoso para a indústria e para agricultores locais.

5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria H C *et al.* Óleo do fruto da palmeira macaúba - Parte I: Uma aplicação potencial para a indústria de alimentos, fármacos e cosméticos. **I Seminário sobre Tecnologia na Indústria Química**, [s. l.], n. 1, 2009.

ANDRADE, Raíssa Queiroz *et al.* DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE EMULSÕES ALIMENTÍCIAS CONTENDO ÓLEO DE PEQUI. "**NOSSAS AÇÕES SÃO O NOSSO FUTURO.**", [s. l.], v. 32, n. 284/285, p. 128, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa - IN nº 87, de 15 de março de 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos

e gorduras vegetais.

BREWER, David Ramirez; FRANCO, José Maria; GARCIA-ZAPATEIRO, Luis Alberto. Rheological properties of oil-in-water emulsions prepared with oil and protein isolates from sesame (*Sesamum indicum*). **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 64–69, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6761>

CALLEGARI, Fabricio Costa; ANDRADE, Maria Helena Cano. Desenvolvimento e avaliação físico-química e microbiológica de cosméticos para a pele humana contendo óleos de Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.). **Departamento de Engenharia Química**, [s. l.], v. Master, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AHGQAK/1/dissertacao_fabr_ciocallegari.pdf

COIMBRA, Michelle Cardoso; JORGE, Neuza. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, [s. l.], v. 44, n. 7, p. 2139–2142, 2011.

COSTA, Aline Álvares da Silva. Emulsões estabilizadas com caseinato de sódio= efeito do ph e a reticulação com lacase. [s. l.], 2011.

COUTINHO, Victor Pereira *et al.* Efeito da velocidade de homogeneização nas propriedades de emulsões cosméticas. [s. l.], 2018.

COUTO, MIPB. **Avaliação Estrutural e Reológica de Emulsões Preparadas com Óleo de *Dipterix alata* Vog.(Baru), Estabilizadas com Goma Arábica e Quitosana. 2014.** [S. l.]: Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola de ..., 2014.

FRANGE, R. C.C.; GARCIA, Maria Teresa Junqueira. Desenvolvimento de emulsões óleo de oliva/água: Avaliação da estabilidade física. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 263–271, 2009.

FREITAS, Mírian Luisa Faria; ALBANO, Kivia Mislaine; TELIS, Vânia Regina Nicoletti. Characterization of biopolymers and soy protein isolate-high-methoxyl pectin complex. **Polímeros**, [s. l.], v. 27, p. 62–67, 2017.

GARCÍA, M C; TORRE, M; MARINA, M L. Critical Reviews in Food Science and Nutrition Composition and characterization of soyabean and related products Composition and Characterization of Soyabean and Related Products. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 361–391, 1997.

GOULART, Samuel D E Melo. Samuel de melo goulart. [s. l.], 2018.

GRANDE, Campo; DO SUL, Mato Grosso. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.** [S. l.]: Dissertação, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, Brasil, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1ª Edição Digital. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**, [s. l.], 2008.

IZIDORO, Dayane Rosalyn *et al.* Avaliação físico-química , colorimétrica e aceitação sensorial de emulsão estabilizada com polpa de banana verde Physical-chemical , colorimetric and sensorial characteristics of the emulsion formulation stabilized with green (unripe) banana pulp. [s. l.], v. 67, n. 3, p. 167–176, 2008.

JOSÉ, Ana Carolina da Silva. **Desenvolvimento de molho cremoso a base de extrato de soja.** [S. l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

LIMA, Cleide G. *et al.* Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O / A contendo óleo de babaçu. **Rev. Bras. Farm**, [s. l.], v. 89, n. 3, p. 239–245, 2008.

MENDES, Maiara Pereira *et al.* Determinação da qualidade físico-química e instrumental de maionese desenvolvida à base de óleo de coco. **São Paulo: Rev Higiene Alimentar**, [s. l.], v. 30, n. 260/261, 2016.

NIKOVSKA, Kremena. Study of olive oil-in-water emulsions with protein emulsifiers. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 17–24, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v24i1.10594>

PUTRA, A. M.; SYARIFUDDIN, A.; DIRPAN, A. Characterization pH, stability of emulsion, and viscosity canola oil (*Brassicca napus L.*) emulsion (O/W). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 575, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012007>

RETTORE, R P; MARTINS, H. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais. **Projeto da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais–CETEC, Belo Horizonte**, [s. l.], v. 1, 1983.

RIBEIRO, E P. INFLUENCIA DA GOMA XANTANA E DO pH EM EMULSÕES ÓLEO EM ÁGUA COMPOSTAS POR ISOLADO. [s. l.], p. 1–6, 2003.

TEIXEIRA, Gerson Lopes. Estudo da estabilidade e do comportamento reológico de emulsões de gordura de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) com diferentes tensoativos. [s. l.], 2014.