



## ESTABILIDADE DE EMULSÕES ALIMENTÍCIAS: UMA REVISÃO SOB A PERSPECTIVA DA “QUÍMICA VERDE”

FELIPE KELMER MÜLLER; FRANCISCO DE ASSIS SANTANA DIAS; FABIANO FREIRE COSTA

### RESUMO

A definição de emulsões compreende a mistura cineticamente estável de líquidos imiscíveis, onde se observa a presença de uma fase contínua e outra dispersa, sendo a categorização de tais sistemas feita mediante a diferentes fatores, tais como aos tipos de líquidos observados nas fases, ao tamanho de gotícula da fase dispersa e ao tipo de surfactante empregado. Pelo fato de emulsões serem termodinamicamente instáveis, mesmo após conferida estabilidade cinética a elas, eventualmente surgem as instabilidades físicas (floculação, coalescência, Ostwald *ripening*, inversão de fase, *creaming* e sedimentação). Para adiar o surgimento de tais instabilidades, o emprego dos tensoativos e polímeros deve ser feito de maneira correta. Entretanto, observa-se a necessidade de que a obtenção de uma maior estabilidade física deva ser atingida em harmonia com a sustentabilidade, dado o contexto ambiental e social atual. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica narrativa sobre o alcance de uma maior estabilidade física de emulsões alimentícias através de recursos sustentáveis. Para a realização do trabalho foram utilizados artigos científicos, capítulos de revistas científicas e livros. Estipulou-se que os artigos devem ser publicados em revistas indexadas, e que no mínimo oitenta por cento tenham sido publicados a partir de 2016. A obtenção dos biopolímeros e tensoativos naturais pode ser feita tanto através do aproveitamento de matérias-primas vegetais, quanto através da cultura de microrganismos. Sendo que os produtos obtidos através de tais métodos apresentam menor toxicidade e maior biodegradabilidade quando comparados aos constituintes sintéticos utilizados para o mesmo fim. Conclui-se que os componentes obtidos através de matérias-primas vegetais e da síntese provenientes de microrganismos, são capazes de fornecer estabilidade às emulsões alimentícias de forma satisfatória, ao mesmo passo que, por caracterizarem benefício frente à proposta da fome zero e a diminuição no impacto ambiental, fomentam positivamente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas.

**Palavras-chave:** Biopolímeros; Tensoativos naturais; Sustentabilidade; Instabilidades; Fome zero.

### 1 INTRODUÇÃO

As emulsões, definidas como a mistura cineticamente estável de dois ou mais líquidos imiscíveis, a formar fases contínuas e dispersas, são amplamente utilizadas na indústria de alimentos, e consequentemente diversos produtos alimentícios compartilham de tal disposição, a exemplo de cremes, doces, laticínios e molhos. Entretanto, a existência de tais sistemas está intrinsecamente atrelada à instabilidade termodinâmica, dado o baixo grau de

entropia observado na tentativa de dispersão entre os líquidos (PIRSA; HAFEZI, 2023; ESPOSITO, *et al.*, 2021). Logo, é necessário que através do emprego de diversos recursos, forneça-se adequada estabilidade cinética para a formação da emulsão, tanto para que haja a dispersão dos líquidos quanto para se postergar a eventual ocorrência de instabilidades físicas, sendo a aplicação dos recursos necessários preferencialmente vinculados à redução dos impactos ambientais negativos (LIU; PEI; HEINONEN, 2022; JOHNSON, P. *et al.*, 2021).

Dado esse contexto, infere-se no fato de que a consciente utilização de materiais de origem natural está em consonância com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) formulados pela Organização das Nações Unidas (ONU), de forma a mitigar a nocividade ao meio ambiente, e ao mesmo passo, aumentar a disponibilidade de alimentos. Este cenário é de extrema importância, dada a proposta de erradicação da fome em um contexto de aumento da demanda por alimentos em função do crescimento populacional. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão bibliográfica ancorada na elucidação do fomento a tais diretrizes através de formulações específicas, com objetivo de aumento da estabilidade em emulsões alimentícias (BABU *et al.*, 2022; JAHAN *et al.*, 2020).

## 2 METODOLOGIA

Para a realização da atual revisão bibliográfica, a qual possui o objetivo de discorrer sobre a estabilidade física de emulsões alimentícias articuladas à sustentabilidade, utilizou-se a metodologia narrativa, dada a ampla abrangência do tema. A construção textual foi feita a partir de, principalmente, artigos científicos, além de capítulos de revistas científicas e livros, sendo a seleção dos artigos feita a partir de dois parâmetros pré-definidos: as produções necessitam de ser publicadas em revistas indexadas e que no mínimo oitenta por cento tenham sido publicadas a partir de 2016.

A coleta do material foi feita em banco de dados virtuais, tais como ACS Publications, MDPI, ResearchGate e ScienceDirect. Para a localização primária dos artigos, foram utilizadas palavras-chave, como: emulsion, food, physical instabilities, sustainability e stability.

## 3 DISCUSSÃO

Existem diversos tipos de emulsões, e elas podem ser classificadas mediante a três parâmetros distintos: à disposição morfológica de sua composição; ao tamanho de gotícula da fase dispersa e ao tipo de surfactante utilizado. Em relação à disposição, tais dispersões podem ser classificadas em óleo em água (O/W), água em óleo (W/O), óleo em água em óleo (O/W/O) e água em óleo em água (W/O/W) (SARKAR; DICKINSON, 2020). Caso as gotículas da fase dispersa apresentem tamanho entre 1-100 µm elas são consideradas macroemulsões, se forem 20-500 nm nanoemulsões, e 10-100 nm microemulsões, sendo essa última não considerada uma emulsão verdadeira, pois se comporta como solução real (GÖKÇE, 2016; GUPTA, 2016). E por fim, se a estabilização for feita por surfactantes anfifílicos, são consideradas emulsões clássicas, e se for feita por partículas sólidas, são consideradas emulsões Pickering.

Em função da instabilidade termodinâmica atrelada às emulsões, mesmo após conferir estabilidade cinética ao sistema coloidal em questão, surgem em função do tempo as instabilidades físicas, sendo elas: floculação, coalescência, Ostwald *ripening*, inversão de fase e as separações gravitacionais, divididas em *creaming* e sedimentação (LOW *et al.*, 2020). A floculação, muitas vezes considerada como mecanismo precursor à coalescência, é caracterizada pela formação de flocos pelas gotículas da fase dispersa. O resultado final da coalescência e Ostwald *ripening* é essencialmente o mesmo: há o aumento irreversível das

gotículas da fase dispersa. Entretanto, essas duas instabilidades físicas diferem em seus mecanismos, nos quais, respectivamente, há a agregação de gotículas por rompimento do filme líquido entre as gotículas, e a difusão de gotículas de menor tamanho às de maior. A inversão de fase é caracterizada pela alternância de disposição entre os líquidos, na qual o líquido originalmente pertencente à fase dispersa se torna o da fase contínua e vice-versa. E, por fim, as separações gravitacionais dizem respeito ao aumento de organização das gotículas da fase dispersa, se estruturando ou na parte superior da fase contínua (*creaming*) ou inferior (sedimentação).

A gênese das instabilidades físicas abordadas, embora inevitável, quando prematura, é prejudicial à indústria de alimentos caso seu objetivo esteja alicerçado na durabilidade. Essas instabilidades são protagonistas mediante à grande parte dos motivos que levam à redução da vida de prateleira do produto, mesmo que os componentes ali presentes não estejam biologicamente ou quimicamente deteriorados, pois nesses casos, a alteração do alimento é sensorial (WANG *et al.*, 2021; KONG; SINGH, 2016). Esta adversidade, entretanto, estende-se também à sociedade, pois resulta no desperdício de alimentos não nocivos à saúde, principalmente quando, a exemplo do Reino Unido, classificados por “*best-before*” (alimentos próprios para consumos após a data estipulada, porém com alteração organoléptica presente), o que é particularmente preocupante dado o atual crescimento populacional global e a relação deste com o aumento de demanda por comida (PRINCIPATO *et al.*, 2020; DANIEL *et al.*, 2022).

O fornecimento de estabilidade cinética a emulsões é um processo que se dá através do emprego de polímeros e surfactantes, sejam essas moléculas anfifílicas ou partículas sólidas, todos muitas vezes de natureza sintética sendo que os surfactantes são responsáveis por diminuir a tensão interfacial entre os líquidos, destacando-se que as partículas sólidas utilizadas nas emulsões Pickering usualmente são mais eficientes, enquanto os polímeros aumentam a viscosidade da fase contínua e conferem estabilidade eletrostática e estérica ao sistema em diálogo com os surfactantes (DUPONT *et al.*, 2021)..

Quando analisados os subprodutos de diversas matérias-primas naturais, pode-se constatar que há potencialidade de presença das substâncias supracitadas, a exemplo do soro do leite, o qual é altamente prejudicial quando despejado no meio ambiente, entretanto deixou de ser considerado um resíduo e hoje é tratado como coproduto, com aplicabilidade nas emulsões em função da existência de proteínas ali presentes que atuam como surfactantes em função de suas propriedades anfifílicas (POPPI *et al.*, 2010).

Microrganismos também são promissores defronte à erradicação da fome no mundo, principalmente quando articulados às técnicas biotecnológicas, e no contexto das emulsões alimentícias, surfactantes naturais e biopolímeros podem ser obtidos através de bactérias, fungos e leveduras, sendo estes compostos obtidos biodegradáveis e de baixa toxicidade (PHULPOTO *et al.*, 2020; RAO; BHARATHI; ANKISEMOLU, 2018; AKILA, 2014). A produção de surfactantes através de fungos filamentosos, entretanto, é ainda pouco explorada e relatada na literatura. Porém, a síntese de tais substâncias por estes organismos apresenta grande potencial (SILVA *et al.*, 2018). Pode-se conferir na tabela 1 alguns biopolímeros e estabilizantes naturais de diferentes origens.

Tabela 1. Exemplos de biopolímeros, surfactantes naturais e suas respectivas origens.

Biopolímero	Origem	Referências	Surfactante	Origem	Referências
Celulose	Plantas	AGGARWAL <i>et al.</i> , 2020	Saponinas	Plantas	RAI <i>et al.</i> , 2021
Goma de guar	Plantas	KRSTONOŠI	Proteínas do	Soro do leite	MCCLEME N

		Ć <i>et al.</i> , 2021	Whey		TS; GUMUS, 2016.
Caseína	Leite	MCCLEMEN TS, 2015	Ramnolipídeos	Bactérias	ROCHA E SILVA <i>et al.</i> , 2018 (1)
Goma xantana	Bactérias	MORADALL I; REHM, 2020	Surfactina	Bactérias	ROCHA E SILVA <i>et al.</i> , 2018
Dextrano	Bactérias	MORADALL I; REHM, 2020	Soforolipídios	Leveduras	SILVA <i>et al.</i> , 2018
Lentinano	Leveduras	GIAVASIS, 2014	Lipopeptídeos	Fungos filamentosos	SILVA <i>et al.</i> , 2018

Além das vantagens já mencionadas na utilização de estabilizantes naturais em detrimento aos sintéticos, muitas vezes se pode inclusive obter maior estabilidade química no emprego destes. Há evidências de que emulsões estabilizadas por surfactantes naturais apresentam maior potencial antioxidante do que aqueles estabilizados pelos sintéticos pela capacidade de tais moléculas em eliminar, através da doação de prótons, os radicais livres. Este fenômeno pode ser observado ao se comparar as propriedades antioxidantes de emulsões estabilizadas por Quilaia (uma saponina) em detrimento ao Tween 80 e SDS (surfactantes sintéticos). Em contrapartida, tal capacidade nem sempre é observada. Ainda perante a oxidação lipídica, a utilização de Tween 80 se apresenta melhor quando comparada à de proteínas do Whey (MCCLEMENTS; DECKER, 2017). Em outro estudo comparativo entre Tween 80 e lecitina de soja, os resultados de oxidação lipídica estão em concordância com o anteriormente apresentado, ou seja, a emulsão feita com o surfactante sintético se mostrou mais estável. Entretanto, a emulsão em questão não é própria para consumo humano, pois a concentração do agente tensoativo sintético utilizado excede a dose diária máxima de consumo, ao contrário da feita por lecitina de soja (ARANCIBIA *et al.*, 2017).

#### 4 CONCLUSÃO

Em emulsões, o surgimento das instabilidades físicas são inevitáveis, porém podem ser retardadas. Tal retardo é feito mediante ao fornecimento de estabilidade cinética ao sistema. A estabilidade cinética é obtida através da alteração das características reológicas das emulsões, através do emprego de polímeros e estabilizantes. Tais substâncias podem ser sintéticas ou naturais, entretanto, nota-se a necessidade do emprego dos produtos de origem natural, dada a problemática da poluição e agravamento mundial da fome. Infere-se que a utilização de biopolímeros e surfactantes de origem natural, além de potencialmente oferecerem boa estabilidade física a uma emulsão para fins alimentícios, impactam positivamente o cenário da erradicação da fome e podem suavizar a problemática da poluição, dada a possibilidade de aproveitamento de matérias-primas vegetais e utilização da biotecnologia para a produção de constituintes a partir de microorganismos. Os produtos obtidos a partir de tais fontes são, ainda, biodegradáveis e apresentam baixa toxicidade, corroborando-se a efetividade de tais métodos perante aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, J. *et al.* The Realm of Biopolymers and Their Usage: An Overview. **Journal of Environmental Treatment Techniques**, v. 2020, n. 2, p. 1005–1016, 2020.
- AKINSEMOLU, A. A. The role of microorganisms in achieving the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 139–155, mai. 2018.
- ARANCIBIA, C. *et al.* Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 44, p. 159–166, dez. 2017.
- BABU, S. *et al.* Exploring agricultural waste biomass for energy, food and feed production and pollution mitigation: A review. **Bioresource Technology**, v. 360, p. 127566, set. 2022.
- DANIEL, A. I. *et al.* Biofertilizer: The Future of Food Security and Food Safety. **Microorganisms**, v. 10, n. 6, p. 1220, 14 jun. 2022.
- DUPONT, H. *et al.* New Insights into the Formulation and Polymerization of Pickering Emulsions Stabilized by Natural Organic Particles. **Macromolecules**, v. 54, n. 11, p. 4945–4970, 31 mar. 2021.
- ESPOSITO, R. *et al.* Phase Inversion and Interfacial Layer Microstructure in Emulsions Stabilized by Glycosurfactant Mixtures. **Nanomaterials**, v. 11, n. 2, p. 331, 27 jan. 2021.
- GIAVASIS, I. Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 26, p. 162–173, abr. 2014.
- GÖKÇE, E.H.; Nanocarriers in cosmetology. **Nanobiomaterials in Galenic Formulations and Cosmetics**, p. 363–393, 1 jan. 2016.
- GUPTA, A. *et al.* Nanoemulsions: formation, properties and applications. **Soft Matter**, 2016
- JAHAN, R. *et al.* Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: Physicochemical properties and applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 275, p. 102061, jan. 2020.
- JOHNSON, P. *et al.* Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 288, p. 102340, fev. 2021.
- KONG, F.; SINGH, R. P. Chemical Deterioration and Physical Instability of Foods and Beverages. **The Stability and Shelf Life of Food**, p. 43–76, 2016.
- KRSTONOŠIĆ, V. *et al.* Chapter 2 - **Rheology, structure, and sensory perception of hydrocolloids**. Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128214534000053?via%3Dihub>>.  
Acesso em: 1 fev. 2023.

LIU, C.; PEI, R.; HEINONEN, M. Faba bean protein: A promising plant-based emulsifier for improving physical and oxidative stabilities of oil-in-water emulsions. **Food Chemistry**, v. 369, p. 130879, 1 fev. 2022.

LOW, L. E. *et al.* Recent advances of characterization techniques for the formation, physical properties and stability of Pickering emulsion. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 277, p. 102117, mar. 2020.

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. Interfacial Antioxidants: A Review of Natural and Synthetic Emulsifiers and Coemulsifiers That Can Inhibit Lipid Oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 1, p. 20–35, 27 dez. 2017.

MCCLEMENTS, D. J.; GUMUS, C. E. Natural emulsifiers — Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 234, p. 3–26, ago. 2016.

MCCLEMENTS, D. J. Principles, practices, and techniques. **Food Emulsions** 3. ed. [S.l.]: CRC Press. 690 p. ISBN 13: 978-1-4987-2669-6, 2015.

MORADALI, M. F.; REHM, B. H. A. Bacterial biopolymers: from pathogenesis to advanced materials. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 4, p. 195–210, 28 jan. 2020.

PHULPOTO, I. A. *et al.* Production and characterization of surfactin-like biosurfactant produced by novel strain *Bacillus nealsonii* S2MT and it's potential for oil contaminated soil remediation. **Microbial Cell Factories**, v. 19, n. 1, 20 jul. 2020.

PIRSA, S.; HAFEZI, K. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. **Food Chemistry**, v. 399, p. 133967, jan. 2023.

POPPI, F.A. Soro de Leite e Suas Proteínas: Composição e Atividade Funcional. **UNOPAR CIENTÍFICA CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**, v. 12, n. 2, 2010.

PRINCIPATO, L. *et al.* The Household Wasteful Behaviour framework: a Systematic Review of Consumer Food Waste. **Industrial Marketing Management**, v. 93, jul. 2020.

RAI, S. *et al.* Plant-Derived Saponins: A Review of Their Surfactant Properties and Applications. **Sci**, v. 3, n. 4, p. 44, 16 nov. 2021.

RAO, M.; BHARATHI, P.; AKILA, R. A COMPREHENSIVE REVIEW ON BIOPOLYMERS. **Sci**, v. 4, n. 2, p. 61–68, 2014.

ROCHA E SILVA, N. M. P. *et al.* Natural Surfactants and Their Applications for Heavy Oil Removal in Industry. **Separation & Purification Reviews**, v. 48, n. 4, p. 267–281, 22 mai. 2018.

SARKAR, A.; DICKINSON, E. Sustainable food-grade Pickering emulsions stabilized by plant-based particles. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 49, p. 69–81, out. 2020.

SILVA, A. C. S. DA *et al.* Biosurfactant production by fungi as a sustainable alternative.

**Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, n. 0, 21 set. 2018.

WANG, X. *et al.* Emulsion delivery of sodium chloride: A promising approach for modulating saltiness perception and sodium reduction. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 525–538, abr. 2021.