

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área Tecnologia de Alimentos

ESTRUTURAÇÃO DE EMULSÃO TIPO MAIONESE COM
CARACTERÍSTICA FUNCIONAL E PRODUZIDA COM DERIVADO
PROTEICO

Tiago Colombo Soares

Dissertação para obtenção do Título de Mestre
Orientadora: Profa. Assoc. III Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área Tecnologia de Alimentos

ESTRUTURAÇÃO DE EMULSÃO TIPO MAIONESE COM
CARACTERÍSTICA FUNCIONAL E PRODUZIDA COM DERIVADO
PROTEICO

Tiago Colombo Soares

Versão Corrigida

Dissertação para obtenção do Título de Mestre
Orientadora: Profa. Assoc. III Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da publicação:
Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

Soares, Tiago Colombo
S676e Estruturação de emulsão tipo maionese com característica funcional e
produzida com derivado proteico / Tiago Colombo Soares – São Paulo,
2019.
88p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia
Bioquímico-Farmacêutica.

Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Maionese : Reologia : Tecnologia de alimentos 2. Maionese :
Emulsão : Tecnologia de alimentos. I. T. II. Lannes, Suzana Caetano
da Silva, orientador.

664.37 CDD

Tiago Colombo Soares

ESTRUTURAÇÃO DE EMULSÃO TIPO MAIONESE COM
CARACTERÍSTICA FUNCIONAL PRODUZIDA COM DERIVADO PROTEICO

Comissão Julgadora

da

Dissertação para obtenção do Título de Mestre

Profa. Assoc. III Suzana Caetano da Silva Lannes

1° examinador

2° examinador

3° examinador

4° examinador

São Paulo, ____ de _____ 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu condições para concluir essa jornada, assim como para minha esposa Fabiana Cristina de Arruda Cueva Soares e minha filha Ellen de Arruda Cueva Soares pelo carinho, compreensão e amor.

A minha orientadora Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes pela paciência, ensinamentos e dedicação.

Ao Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

Aos professores, funcionários e amigos da Universidade de São Paulo pela amizade.

E a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram e me incentivaram nesse período de estudo.

RESUMO

SOARES, T. C. **Estruturação de emulsão tipo maionese com característica funcional produzida com derivado proteico**. 2019. 88 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

O soro de leite é considerado um subproduto das indústrias de laticínios, uma parte de sua produção é destinada como matéria-prima de produtos alimentícios, mas parte é direcionada para alimentação animal. Objetivou-se com o presente estudo elaborar formulas de emulsões do tipo maionese utilizando ingrediente proteico o soro de leite em pó, leite desnatado em pó e a mistura entre soro e leite, ambos em pó, bem como investigar a influência destes ingredientes na textura, reologia, análise térmica, índice de estabilidade, análise colorimétrica e a vida útil das formulações. Justifica-se a utilização de soro de leite devido a seu menor preço de mercado do que ovos em pó ou líquido pasteurizado normalmente utilizados, evidenciando a necessidade de dar espaço a matérias-primas consideradas como subprodutos dentro da indústria. Os produtos emulsionados foram formulados com mistura de óleo, água, soro de leite em pó, leite desnatado em pó, alho e mostarda em pó, contendo aproximadamente 70% de gordura, com variação no teor proteico. Foram estabelecidas três formulações cada uma com um tipo ou mistura de emulsificantes. As análises efetuadas no desenvolvimento do trabalho foram textura, reologia, atividade de água, pH, colorimetria, análise térmica, índice de estabilidade da emulsão e cálculo de proteínas e lipídeos das formulações. Foi possível verificar que tanto o soro de leite em pó como o leite desnatado em pó apresentaram características de agente emulsificante. A formulação F1 (soro de leite em pó) não atingiram os padrões estruturais de maioneses comerciais, todavia os resultados obtidos pela formulação F2 (leite desnatado em pó) atingiram padrões equivalentes a produtos comercializados, bem como a formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó) com padrão das maioneses *light* em textura e reologia. Os resultados das análises de atividade de água apresentaram pequenas variações (0,934-0,941) ao longo dos 30 dias de avaliação. Os conservantes em pó (alho e mostarda) favoreceram a coloração das formulações, pH na faixa da neutralidade, assegurando aos produtos vida útil de 30 dias em temperatura de refrigeração. É possível utilizar o

soro de leite e leite em pó como agente emulsificante para emulsões do tipo maionese, bem como alho e mostarda em pó como ingredientes que aumentem a maior vida útil desses produtos.

Palavras chave: coproduto, reologia, estabilidade, análise térmica, emulsão

ABSTRACT

SOARES, T. C. **Mayonnaise emulsion with functional characteristic and produced with protein derivative**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Whey is considered a by-product of the dairy industry, part of its production is used as raw material for food products, but part is used for animal feed. The objective of this study was to prepare mayonnaise emulsion formulas using protein whey powder, skimmed milk powder and the mixture between whey and milk, both in powder, as well as investigating the influence of these ingredients on texture, rheology, thermal analysis, stability index, colorimetric analysis and the useful life of the formulations. The use of whey is justified due to its lower market price than powdered eggs or pasteurized liquid normally used, highlighting the need to make room for raw materials considered as by-products within the industry. The emulsified products were formulated with a mixture of oil, water, whey powder, skimmed milk powder, garlic and mustard powder, containing approximately 70% fat, with variation in protein content. Three formulations were established each with a type or mixture of emulsifiers. The analyzes carried out in the development of the work were texture, rheology, water activity, pH, colorimetry, thermal analysis, emulsion stability index and calculation of proteins and lipids in the formulations. It was possible to verify that both whey powder and skimmed milk powder showed characteristics of emulsifying agent. Formulation F1 (whey powder) did not reach the structural standards of commercial mayonnaise, however the results obtained by formulation F2 (skimmed milk powder) reached standards equivalent to commercialized products, as well as the formulation F3 (whey powder + skimmed milk powder) with light mayonnaise pattern in texture and rheology. The results of the water activity analysis showed slight variations (0.934-0.941) over the 30 days of evaluation. The preservatives in powder (garlic and mustard) favored the color of the formulations, pH in the neutrality range, ensuring the products' useful life of 30 days in refrigeration temperature. It is possible to use whey and powdered milk as an emulsifying agent for emulsions of the mayonnaise type, as well as garlic and mustard powder as ingredients that increase the longer useful life of these products.

 **Keyword:** co-product, rheology, stability, thermal analysis, emulsion

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1	Informação nutricional da formulação F1 (soro de leite em pó)	69
Quadro 2	Informação nutricional da formulação F2 (leite desnatado em pó)	70
Quadro 3	Informação nutricional da formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Formulações de emulsão (maionese) com vinagre como agente de conservação.....	33
Tabela 2	Formulações de emulsão (maionese) com alho e mostarda em pó como agente de conservação.....	33
Tabela 3	Parâmetros de análise de textura de maionese do equipamento TA-XT2.....	37
Tabela 4	Relação entre conservantes e visualização de microrganismos.....	42
Tabela 5	Força média de extrusão nos testes de textura.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Micrografia óptica de emulsão do tipo O/A.....	15
Figura 2	Estrutura da molécula de goma tara (a), K-carragena (b) e a goma xantana (c).....	21
Figura 3	Classificação dos fluidos de acordo com o comportamento reológico.....	23
Figura 4	Exemplos de emulsões dos tipos O/A e A/O.....	28
Figura 5	Diferentes tipos de impulsores utilizados na agitação de emulsões.....	29
Figura 6	Homogeneizador de emulsões industrial.....	30
Figura 7	Agitador mecânico Fisatom com impulsor modelo hélice naval para laboratório.....	35
Figura 8	Fluxograma de preparo da emulsão (maionese) no laboratório.....	36
Figura 9	<i>Probe back extrusion</i> utilizado no teste de textura.....	38
Figura 10	Análise de curva de força versus tempo em ensaios obtidos com o <i>probe back extrusion</i> para amostras de emulsão do tipo maionese (F1) a 10°C ± 2°C.....	44
Figura 11	Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F1 (soro de leite em pó) nas datas da análise 18/07/2018, 01/08/2018 e 15/08/2018 respectivamente.....	46
Figura 12	Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F2 (leite em pó) nas datas da análise 18/07/2018, 01/08/2018 e 15/08/2018 respectivamente.....	47
Figura 13	Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó) nas datas da análise 18/07/2018,	

	respectivamente.....	48
Figura 14	Força versus tempo de armazenamento da análise de textura das maioneses formuladas – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite e pó + leite desnatado em pó).....	50
Figura 15	Sistema de coordenadas de cores a^* e b^*	52
Figura 16	Curvas de difusão da luz (L^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó, F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)	54
Figura 17	Curvas dos valores em módulo da cromátide vermelho e verde (a^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)	55
Figura 18	Curvas dos valores da cromátide amarelo e azul (b^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)	56
Figura 19	Curva dos valores da Atividade de Água durante armazenamento de 30 dias – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó).....	59
Figura 20	Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F1 (soro de leite em pó)	63
Figura 21	Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F2 (leite desnatado em pó)	64
Figura 22	Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F3 (soro de leite em pó e leite desnatado em pó)	65

Figura 23	Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da maionese comercial <i>Light</i>	Liza 66
Figura 24	Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da maionese comercial <i>Mesa</i>	67
Figura 25	Curva da análise térmica por DSC (<i>Diferencial scanning calorimeter</i>) para a formulação F1 (soro de leite em pó)	73
Figura 26	Curva da análise térmica por DSC (<i>Diferencial scanning calorimeter</i>) para a formulação F2 (leite desnatado em pó)	73
Figura 27	Curva da análise térmica por DSC (<i>Diferencial scanning calorimeter</i>) para a formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Emulsões alimentícias do tipo maionese.....	14
1.2 Emulsificantes.....	17
1.2.1 Soro de leite em pó.....	17
1.2.2 Leite em pó.....	19
1.2.3 Goma Xantana.....	20
1.3 Vida Útil.....	21
1.4 Reologia.....	22
1.5 Textura.....	25
1.6 Conservantes.....	27
1.7 Produção de maionese.....	27
2. OBJETIVOS.....	31
2.1 JUSTIFICATIVA.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 MATERIAIS.....	32
3.2 MÉTODOS.....	32
3.2.1 Formulação de maionese.....	32
3.2.2 Produção das formulações de emulsão do tipo maionese.....	34
3.2.3 Textura.....	37

3.2.4	Reologia.....	38
3.2.5	Análise térmica - Calorimetria diferencial de varredura (DSC - <i>Diferencial Scanning Calorimetry</i>)	38
3.2.6	Índice de estabilidade da emulsão.....	39
3.2.7	Atividade de Água.....	39
3.2.8	Análise Colorimétrica.....	40
3.2.9	pH.....	40
3.2.10	Cálculo do valor nutricional das maioneses.....	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Análises dos Testes-Piloto.....	41
4.2	Análise de textura.....	43
4.3	Colorimetria.....	51
4.4	Atividade de Água.....	57
4.5	Análise de pH.....	59
4.6	Análise Reológica.....	60
4.7	Informação nutricional calculada.....	68
4.8	Resultados do Índice de Estabilidade.....	71
4.9	Análise térmica.....	72
5.	CONCLUSÃO.....	76
6.	REFERÊNCIAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

1.1. Emulsões alimentícias do tipo maionese

A maionese apresenta em sua consistência uma textura agradável, macia, que se comporta de maneira adequada para o uso juntamente com diversos outros alimentos, sendo a mais de 100 anos um dos molhos preferidos usados no mundo (MORLEY, 2016). Historicamente a maionese é uma emulsão alimentícia do tipo óleo em água, tradicionalmente preparada por meio da mistura de ovo, vinagre, óleo e sal, sendo amplamente utilizado como um molho comum nas refeições e que contém aproximadamente 70 a 80% de gordura (LIU; XU; GUO, 2007). Sendo um produto categorizado como líquido a temperatura ambiente (MARTEN; PFEUFFER; SCHREZENMEIR, 2006).

Segundo Walker et al. (2012), maioneses podem ter em sua formulação a adição de suplementos que podem aumentar o valor nutricional dos ovos. Ademais, a maionese é um dos alimentos mais comuns que são feitos à base de emulsão e que ao longo do tempo esforços são realizados para que esse produto tenha um melhor valor nutricional e reduzido valor calórico (ALVAREZ-SABATEL; MARANÓN; ARBOLEYA, 2014; CHIVERO et al., 2016). Parte da gordura presente na maionese pode ser substituídas pela utilização de proteínas do soro do leite (SUN et al., 2018).

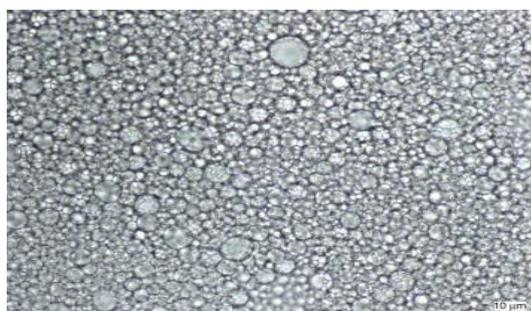
Há um número crescente de consumidores que estão seguindo a tendência de alimentos com características mais saudáveis, dessa forma exercendo uma pressão nas indústrias de alimentos a desenvolver produtos alimentícios mais saudáveis ou alimentos que contenham propriedades funcionais (MIELE et al., 2010). Além disso, sabe-se que alimentos com níveis elevados de colesterol podem favorecer um aumento dessa substância ser humano aumentando o risco de desenvolver doenças cardíacas, alguns tipos de câncer e obesidade (UTPOTT, 2012).

Um estudo da USP (Universidade São Paulo) modificou uma das principais proteínas do leite a fim de aumentar a digestão em idosos. Para transformar a proteína, foi utilizada luz ultravioleta (UVC). O método utilizado na pesquisa foi aplicado para avaliar como seria o processo digestivo em adultos e crianças. Em ambos os casos, o aumento na digestão foi de 25%, aumenta a absorção de proteína do leite em até 50% para idosos (TEIXEIRA, 2019)

De acordo com Morley (2016), a maionese é caracterizada como uma emulsão de gotículas de óleo dispersas na água, conhecido como emulsão óleo em água (O/A), a característica fundamental desse sistema é o óleo disperso em uma fase contínua de água sendo emulsificado por um agente emulsificante como por exemplo as proteínas do ovo, ademais, a preparação de emulsões do tipo O/A são realizadas pela mistura de uma fase oleosa em uma fase aquosa na presença de um proteínas de ovo. As propriedades dessa colóide, assim como a sua estabilidade termodinâmica, têm dependência direta com os constituintes do sistema (Di MATTIA et al., 2015).

Normalmente a maionese é produzida em um processo descontínuo, no qual é adicionado o óleo de maneira lenta na fase aquosa sob agitação vigorosa (DEPREE; SAVAGE, 2001). Após a agitação, o sistema recebe energia ocorrendo a dispersão do óleo na água, o alto teor desse agente disperso confere uma textura espessa a emulsão, tendo as gotículas de óleo aproximadamente 5 μ m de diâmetro como pode ser observado na Figura 1 (MORLEY, 2016).

Figura 1 – Micrografia óptica de emulsão do tipo O/A



Fonte: Morley (2016).

Há muitos produtos emulsionados na indústria alimentícia como, por exemplo, margarina, manteiga, maionese, cremes para salada, sorvetes etc. A emulsão do tipo maionese é emulsificada com os agentes emulsificantes presentes na gema e na clara do ovo (RAHMATI; TEHRANI; DANESHVAR, 2014). Ela é um produto que possui baixo valor de pH e alto teor de lipídios em sua constituição (Di MATTIA et al., 2015). Apesar da propriedade como agente tensoativo, o ovo contém uma elevada quantidade de colesterol, dessa forma, quando o mesmo é ingerido em excesso pode acarretar em problemas para saúde, logo a substituição dessa matéria-prima por outras que possam promover a mesma função de agente emulsificante torna-se um estudo interessante para a fabricação de maioneses na indústria de alimentos (UTPOTT, 2012).

É importante destacar que a cor de uma maionese é muito importante para atrair o consumidor, uma vez que esse produto tem uma característica padrão. Porém tal característica pode ser diferente devido aos pigmentos encontrados em diferentes tipos de óleo (KUPONGSAK; SATHITVORAPOJJANA, 2017)

De acordo com os padrões estabelecidos nos Estados Unidos pela agência *Food and Drug Administration* (FDA, 2019), maionese é descrita como um alimento semi-sólido emulsionado preparado a partir de óleo vegetal, contendo no mínimo 65% desse óleo, o qual contém agente acidificante como o vinagre, além de apresentar em sua formulação gema de ovo como agente emulsificante, permitindo o uso de outros componentes como sal, adoçantes a base de carboidrato, glutamato monossódico, qualquer tempero, com exceção do açafrão, ou aroma natural que não transmita a maionese uma cor que simule a cor conferida pela gema do ovo, sequestrantes, ácido málico ou cítrico e inibidores de cristalização.

A RDC n° 276 (BRASIL, 2005) que estabelece o regulamento técnico para especiarias, temperos e molhos, não informa sobre a concentração dos ingredientes, apenas define que a maionese é um produto cremoso em forma de emulsão estável, óleo em água, preparado a partir de óleo vegetal, água, ovos, além do produto apresentar característica ácida, podendo adicionar outros ingredientes a formulação desde que não descaracterize o produto.

Com a finalidade de evitar problemas de saúde, como a obesidade, as pesquisas científicas têm procurado desenvolver formulações de emulsões do tipo maionese com menores quantidades de gordura, tais pesquisas revelam êxito com a introdução de hidrocoloides na formulação, como a goma xantana, melhorando a estabilidade e a viscosidade das maioneses *light* (MUN et al., 2009). Além disso, as pesquisas apontam que agentes emulsificantes com alto teor de gordura, como o ovo o qual é rico em colesterol, podem ser substituídos por agregados de proteínas, sendo que tais substâncias são encontradas no soro de leite, e apresentarem resultados semelhantes em relação ao efeito emulsificante (CHANG et al., 2017).

Segundo levantamento estatístico feito pelo IBGE (2017), a produção de maionese no Brasil foi de aproximadamente 283 toneladas e a comercialização de 260 toneladas, indicando um aumento de 30% no volume de produção desse produto no mercado nacional quando comparado com o ano de 2015. Ademais, vale ressaltar dados estatísticos do IBGE (2011), fazendo um comparativo com anos anteriores, a produção de alimentos para uso doméstico, no qual a maionese se enquadra, houve um aumento de 4,4% de crescimento anual.

1.2. Emulsificantes

1.2.1. Soro de leite em pó

O soro de leite é considerado um subproduto de elevado valor nutricional. Atualmente, vem sendo utilizado como suplemento alimentar por atletas e pessoas que visam um aumento de massa muscular devido a rápida digestão e absorção intestinal, o que proporciona uma elevada concentração de aminoácidos no plasma, auxiliando o crescimento do tecido muscular (TERADA et al., 2009). Além dessa utilização, o soro de leite pode ser utilizado no preparo de bebidas com a finalidade de reduzir os desperdícios desse subproduto proveniente das indústrias de laticínio (PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2008). Nas indústrias de laticínio, o principal

resíduo gerado na fabricação de queijo é o soro do queijo ou soro de leite. Este corresponde nas queijarias a cerca de 80 a 90% do volume de leite processado, utilizado na produção de queijo, é o soro, o qual contém 55% da quantidade nutricional (proteínas, sais minerais e carboidratos) do leite (ALVES et al., 2014). Vale ressaltar que a produção brasileira de queijo obteve um acréscimo no crescimento nos últimos anos (MAPA, 2017).

De acordo com Pires (2010), o soro de leite é um resíduo industrial muito importante na indústria de alimentos para não ser utilizado na formulação de produtos, uma vez que o volume produzido é alto e a sua composição nutricional é de qualidade devido a presença de proteínas de aminoácidos. O destino desse subproduto foi por muito tempo para a complementação da ração animal e até mesmo descarte direto em efluentes (YORGUN; BALCIOGLU; SAYGIN, 2008).

Mesmo com um mercado cada vez mais competitivo, o soro de leite vem sendo pouco aproveitado no setor tecnológico alimentício, representando ainda um grande desperdício nutricional e financeiro, sendo que grandes volumes dessa matéria-prima são enviados para fazer parte da alimentação de suínos, ou até mesmo direcionados a sistemas de tratamento de efluentes com baixa eficiência ou altos custos.

Contudo, a indústria de alimentos, sendo um setor que vive em constante expansão e desenvolvimento, necessita de novos produtos e tecnologias, sobretudo devido às exigências do consumidor aliadas a utilização de novos processos, equipamentos e tecnologias (GUEDES, 2012).

De acordo com Pitan e Silva e Bueno (2017), a produção de soro de leite no Brasil estima-se no volume de 2,7 milhões de toneladas, porém está abaixo da necessidade da demanda industrial devido ao aumento da produção de lácteos que utilizam o soro de leite como componente das suas formulações, sendo necessário que o mercado externo seja fornecedor dessa matéria-prima. Tal demanda pode ser corroborada pela implantação por parte do governo brasileiro da Instrução Normativa n° 16 (MAPA, 2005) que regulamentou a elaboração de bebida láctea utilizando como matéria-prima o soro de leite.

O soro de leite contém em sua composição proteínas de cadeias curtas e aminoácidos com elevado valor nutritivo, além de possuir propriedades funcionais relacionadas ao sistema imunológico importantes para a saúde do ser humano (ZIEGLER; SGARBIERI, 2009). Esses compostos proteicos têm a capacidade de solubilidade em uma grande variação de pH, propriedades de retenção de água, ação gelificante e emulsionante, as quais abrem caminho na aplicação dessas proteínas do soro de leite em diversos setores das indústrias de alimentos, fármacos e biotecnologia (PEREIRA, 2009).

De acordo com Hamarsland et al. (2017), a leucina é o aminoácido encontrado com maior quantidade no soro de leite, sendo que essa substância é de extrema importância na síntese de construção das proteínas musculares, evidenciando a importância dessa matéria-prima como base dos compostos construtores do corpo humano. Outro componente do soro de leite são as proteínas, principalmente as pertencentes da família das proteínas globulares, as quais são de cadeias curtas apresentando diversos tipos de estruturas secundárias, como a β -lactoglobulina (60%) (SUN; WANG; GUO, 2018). A composição do soro de leite faz com que ele seja usado na indústria de alimentos para diversas finalidades tais como agente emulsificante, modificador de textura e espessante (JIANG et al., 2018).

1.2.2. Leite em pó

O leite, caracterizado por ser um composto fluido formado por água, minerais na sua forma iônica, albuminas, lactose, caseínas, fosfatos e gorduras, é uma emulsão, uma vez que a água e a gordura estão estáveis em um ambiente no qual pode ser encontrado também sais, vitaminas, peptídeos e outros componentes menores (GUEDES, 2012).

A obtenção do leite em pó ocorre por meio de um processo industrial que tem como objetivo realizar a desidratação do leite natural. A água que corresponde a 87,5% do leite *in natura* é eliminada no processo de evaporação e secagem, restando

apenas uma pequena quantidade de água, aproximadamente 2,5% a 4,0% (MEDEIROS et al., 2014).

O uso do leite em pó como ingrediente em produtos alimentícios possui benefícios funcionais, como por exemplo a função de emulsificante, trazendo vantagens como evitar que os glóbulos gordurosos formem grumos, melhorando a aparência do produto, dessa forma, é possível aplicar essa matéria-prima desde a confecção de pães até a fabricação de molhos (SHARMA; JANA; CHAVAN, 2012). O isolado proteico proveniente do leite de vaca consiste em cerca de 80% de caseína, 20% de proteínas do soro, além desse conjunto ser rico em minerais como o cálcio e fosfato os quais apresentam uma importante função na manutenção das micelas (SILVA et al., 2019). A caseína presente no leite compreende as formas α -s1, α -s2, β e K, enquanto as proteínas do soro de leite contêm múltiplas proteínas globulares como a β -lactoglobulina, α -lactalbumina, lactoferrina, imunoglobulinas, albumina sérica, glicomacropéptido (GMP), enzimas e fatores de crescimento (MCGREGOR; POPPITT, 2013).

1.2.3. Goma Xantana

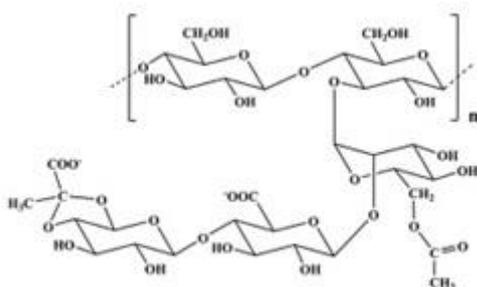
Segundo Luvielmo e Scamparini (2009) a goma xantana é um polissacarídeo importante para as áreas industriais de alimentos, farmacêuticas de petróleo, a qual é produzido pela fermentação de *Xanthomonas campestris*, estável em uma ampla faixa de pH e temperatura, destacando propriedades importantes dessa matéria-prima como a estabilização com variações de pH e um excelente produto a ser utilizado como substituinte de agentes emulsificantes na estabilização de emulsões.

As gomas são importantes no processo de fabricação de alimentos, uma vez que o processo de geleificação de polissacarídeos como as gomas xantana, carragena e tara impondo melhorias ao produto em desenvolvimento devido a melhoria na sua textura (WU; DING; HE, 2018). De acordo com a RDC n° 4 (BRASIL, 2007), os molhos emulsionados, incluindo maioneses, podem conter em sua

formulação a goma xantana, como agente estabilizante, em uma concentração máxima de 0,1 g/100 g ou g/100 mL.

A goma xantana quando misturada em uma solução aquosa contribui para as propriedades reológicas do sistema devido às ligações de hidrogênio entre as cadeias laterais da molécula e redes de ligação por entrelaçamento molecular (LANEUVILLE; TURGEON, 2013). A estrutura primária da molécula de goma xantana é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura da molécula da goma xantana



Fonte: Wu, Ding e He (2018).

1.3. Vida Útil

A vida útil de um produto, também conhecido como *shelf life*, é o tempo em que um alimento preparado pode permanecer apto ao consumo, mantendo sua estabilidade, características sensoriais, assim como os padrões dos indicadores microbiológicos, químicos e físicos, antes que esse produto seja considerado como inadequado ao consumo. As empresas realizam testes para determinar a vida útil dos alimentos com base nas propriedades microbiológicas, físico-químicas e sensoriais. Esses testes são baseados em controle do ambiente, como umidade e temperatura, e em intervalos de tempo programadas, realizar análises que apontem se o alimento permanece com padrões de qualidade aceitáveis (MARTINS et al., 2016).

Existem dois tipos de fatores que podem influenciar a vida útil do produto como os fatores intrínsecos e os extrínsecos. As propriedades do produto final devem ser avaliadas, dentro dos fatores intrínsecos, como a variação da atividade de água, valor de pH e até a bioquímica natural da formulação, como por exemplo as moléculas de lipídios.

De acordo com Endo et al. (2007), por outro lado, os fatores extrínsecos levam em consideração o perfil de parâmetros como temperatura e umidade durante o processo de fabricação, armazenamento e distribuição. A água tem um papel importante no quesito estabilidade de um produto alimentício, pois a interação dessa molécula com outras presentes no produto pode alterar a funcionalidade, aplicação e conformação do produto (ORIQUI; MORI; WONGSCHOWSKI, 2016). Além disso, há uma diferença entre a quantidade de água total em um alimento e a atividade desenvolvida por ela no alimento, pois o fator determinante para o desenvolvimento de microrganismos está relacionado a disponibilidade de água, contudo há relatos de que bactérias patogênicas podem sobreviver em alimentos que apresentem baixa atividade de água (JIN; TANG; SABLANI, 2019).

O pH, sigla utilizada para descrever o potencial hidrogeniônico de uma solução, é um fator intrínseco que afeta diretamente o desenvolvimento de microrganismo em um produto alimentício, sendo que a maioria dos deterioradores tem a sua multiplicação de uma forma em um pH próximo ao neutro (6,6 a 7,5) (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

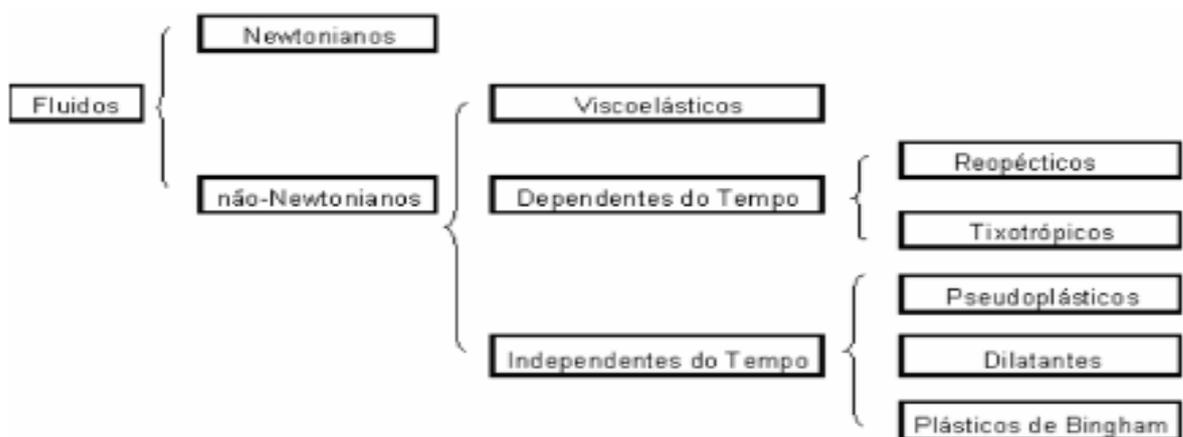
1.4. Reologia

A reologia é a ciência que analisa o comportamento reológico dos fluidos em relação a fatores como o grau de estabilidade da suspensão, distribuição do tamanho das partículas, viscosidade da fase contínua, entre outros (MEWIS; WAGNER, 2012). As propriedades reológicas de da matéria podem ser apresentadas como a viscosidade, plasticidade e elasticidade (HONEY; PRETORIUS, 1999). A viscosidade é traduzida como a medida da resistência interna de uma substância ao fluxo quando submetido a uma tensão, ademais, a viscoelasticidade define líquido viscoso como

aquele que escoam irreversivelmente quando submetidos a forças externas (HONEY; PRETORIUS, 1999). A deformação de um fluido ocorre ao aplicar uma determinada força a qual promoverá um movimento no fluido que se movimentará de acordo com a direção dessa força, porém em sentido contrário a força ou tensão de cisalhamento surge devido às forças de coesão do fluido (BRETAS; D'ÁVILA, 2000).

A classificação reológica pode ser analisada segundo o grau de deformidade, ou seja, de acordo com a reversibilidade ou não de sua deformação, sendo que os fluidos reversíveis ou elásticos seguem à Lei de Hooke e são sistemas que não escoam, por outro lado temos os fluidos irreversíveis ou viscosos que seguem à Lei de Newton e são sistemas que escoam (HONEY; PRETORIUS, 1999). Complementando, os fluidos também são classificados quanto à relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento para uma determinada condição de temperatura e pressão. De maneira mais abrangente os fluidos podem ser classificados reologicamente como Newtonianos e não-Newtonianos conforme ilustrado na Figura 3 (STEFFE, 1996).

Figura 3 – Classificação dos fluidos de acordo com o comportamento reológico



Fonte: Steffe (1996).

Os fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo são aqueles que possuem propriedades que variam no tempo quando submetidos a uma mesma tensão de cisalhamento, sendo tais fluidos classificados como reotrópicos e tixotrópicos (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Já os fluidos não-Newtonianos independentes do tempo, podem ser classificados como sem tensão inicial de cisalhamento, haja vista os dilatantes que apresentam um aumento de viscosidade aparente com a tensão de cisalhamento e os pseudoplásticos que quando submetidos a uma tensão de cisalhamento as suas moléculas tem a tendência de se orientar na direção da força que foi aplicada (HONEY; PRETORIUS, 1999).

Os fluidos tixotrópicos tem como exemplos as emulsões, soluções proteicas, tintas, molhos, e tem sua viscosidade diminuída com o tempo quando aplicado uma força de deformação constante, sendo seu valor retornado ao início quando a deformação for interrompida (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000). Esses fluidos têm como características a presença de pequenas partículas que são mantidas juntas por forças químicas fracas. Quando aplicado uma força de cisalhamento ocorre uma separação dessas partículas resultando em uma menor resistência ao escoamento e conseqüentemente a viscosidade decrescem com o tempo até retornar a um valor constante a ser alcançado (MCCLEMENTS, 1999).

Em referência as emulsões, as suas propriedades reológicas estão relacionadas à temperatura, pressão, tensão, teor de sólidos e taxa de cisalhamento. O conteúdo sólido presente em uma emulsão é capaz de variar as propriedades reológicas da mesma e conseqüentemente alterar a estabilidade da emulsão (BENGOECHEA et al., 2008). O estudo reológico dos alimentos identifica de que maneira o produto se comporta estruturalmente frente aos possíveis processamentos durante o processo de produção (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008).

Ao conhecer as propriedades reológicas dos alimentos será possível estabelecer projetos e cálculos de equipamentos. Outras aplicações que devem ser levadas em consideração no estudo reológico é o controle de qualidade nos aspectos de análise sensorial e a avaliação da vida útil do produto (DRAKE, 2007). Tais conhecimentos das propriedades reológicas podem ser obtidos através de ensaios

reológicos denominado dinâmico ou oscilatório que submete as amostras a tensões ou deformações oscilatórias obtendo resultados de uma série de módulos de medidas de viscosidade (η), armazenamento (G') e perda (G''). A diferenciação entre as respostas viscosa e elástica do material, sendo expressas pelo módulo de armazenamento (G'), que indica quanto da tensão aplicada pode ser temporariamente armazenada e recuperada instantaneamente; e pela perda ou módulo viscoso (G''). Conhecendo as propriedades reológicas dos alimentos, será possível estabelecer projetos e cálculos de equipamentos. Outras aplicações que devem ser levadas em consideração no estudo reológico são o controle de qualidade nos aspectos da análise sensorial e avaliação do prazo de validade do produto (DRAKE, 2007). Em virtude desse conceito, o estudo reológico dos alimentos pretende compreender como o produto se comporta estruturalmente diante de um possível processamento durante o processo de produção (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008).

1.5. Textura

Em conformidade com a ABNT (1993), a textura de um alimento concerne às propriedades reológicas e estruturais, como a superfície e geometria. E a qualidade percebida nos produtos emulsionados, como a maionese, está intimamente relacionado com a microestrutura da emulsão e até mesmo pelos constituintes da emulsão alimentar que promovem interações entre si (COUPLAND; MCCLEMENTS, 1996). Além disso, as propriedades reológicas de uma emulsão também estão relacionadas a temperatura, pressão, tensão e taxa de cisalhamento. O conteúdo sólido presente em uma emulsão é capaz de variar as propriedades reológicas da mesma e conseqüentemente alterar a estabilidade da emulsão (BENGOECHEA et al., 2008). A textura dos alimentos pode ser medida por equipamentos que irão evidenciar as propriedades sensoriais desses, tais instrumentos de leitura podem confirmar a relação dos parâmetros sensoriais com qualidades de textura (SOZER; KOKINI, 2008).

Estudar as propriedades físicas e da textura é imprescindível para analisar como se comporta o produto ao longo da cadeia de produção, armazenamento e

distribuição até o momento do consumo. Ainda dentro do âmbito de propriedades de textura, o consumidor avalia esse quesito referente a qualidade do produto, além de verificar a aparência e o sabor (AFOAKWA et al., 2009).

É importante ressaltar que as emulsões do tipo óleo em água quando estão fora do padrão de qualidade, conseqüentemente é possível observar manifestações na estrutura como um anel esbranquiçado ou até mesmo uma mancha de óleo brilhante ao redor da parte superior do recipiente onde está armazenada a emulsão, sendo que essas manifestações são defeitos ocorridos na estrutura os quais ocorrem devido a mecanismos físico-químicos como a floculação, desnatação e coalescência (MCCLEMENTS, 1999). Vale ressaltar que a perda da estruturação de uma emulsão está relacionada a processos que variam o tamanho das gotículas de óleo da emulsão (MCCLEMENTS, 1999).

Há diversas maneiras de analisar a textura de um alimento, haja vista a análise por *back extrusion* que necessita de um equipamento de compressão composto por um *probe* e copo de teste que irá analisar a tensão aplicada na amostra pelo tempo e a velocidade e saída do *probe* com a finalidade de avaliar a consistência da amostra.

A textura da emulsão do tipo maionese pode ser medida por equipamento chamado texturômetro o qual é capaz de medir as forças de tensão, compressão, penetração, flexão e extrusão e amplamente utilizado em laboratórios de controle de qualidade de alimentos. E além de medir essa variável, é importante analisar também a estabilidade de uma emulsão. É sabido que a estabilidade das gotículas de óleo é proveniente de forças de interações moleculares como Van Der Waals, assim como forças de repulsão (MIRHOSSEINI et al., 2008), logo a desestabilização de uma emulsão medida através do seu índice de estabilidade nos fornece informações importantes de como os agentes emulsificantes, como proteínas e polissacarídeos, atuam na manutenção do sistema emulsificado (MIRHOSSEINI et al., 2008).

Hashino (2020) desenvolveu e estudo ou método de *short back extrusion* (SBE) do viscosímetro de cilindro concêntrico translacional que melhora o método *back extrusion* (BE), iniciando a partir de uma posição imersa e agindo a curta distância, podendo medir a viscosidade dos fluidos Herschel – Bulkley.

1.6. Conservantes

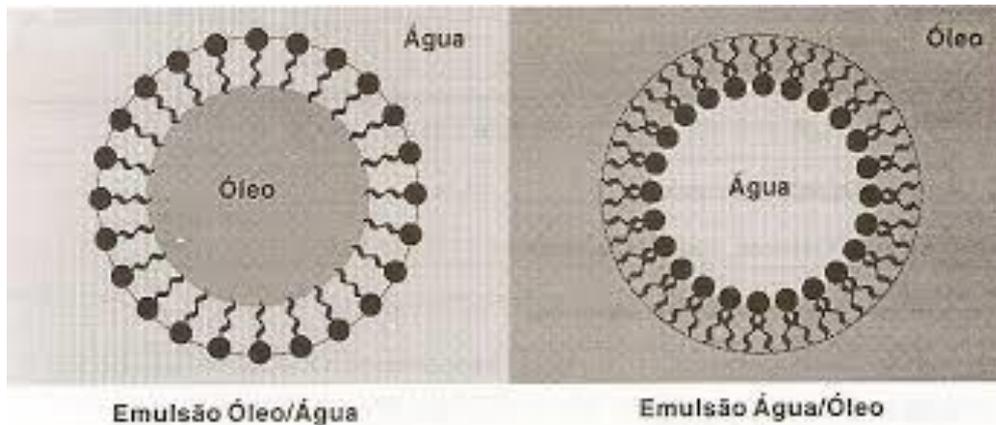
O ácido acético, mundialmente conhecido como vinagre, é um condimento tradicional ácido que pode ser produzido por meio de várias matérias-primas como arroz, malte, maçã e entre outras matérias-primas (SAHA; BANERJEE, 2013).

Segundo Moura (2011), ácidos orgânicos são utilizados como agentes antimicrobianos pois suas ações como acidulante promove o abaixamento do valor do pH inibindo o crescimento de microrganismos. O combate a atividade microbiana realizada por esses ácidos, haja vista o acético, se dá por mecanismos como liberação de prótons reduzindo o pH e a forma não dissociada do ácido que pode se difundir para o interior da célula do microrganismo alterando seu metabolismo (JANSSEN et al., 2007). De acordo com Heras-Mozos et al. (2018), óleos essenciais de mostarda e extrato de alho tem demonstrado um efeito letal ou até mesmo inibitório contra microrganismos, no alho esse efeito pode ser observado devido a presença de compostos sulfurosos. Além disso, Reyes-Jurado et al. (2019) alega que a mostarda apesar de ser utilizada para o comércio de especiarias, ela possui compostos ativos, como o isotiocianato de alilo, capaz de inibir o desenvolvimento de microrganismos patogênicos devido ao rompimento das membranas bacterianas.

1.7. Produção de maionese

A maionese é uma emulsão cremosa que pode ser obtida por meio de óleo e água sob agitação mecânica. As suas características são coloração levemente pálida decorrente do uso das gemas do ovo e uma emulsão composta por dois líquidos imiscíveis do tipo água em óleo (Figura 4) obtida após a ação do agente emulsificante.

Figura 4 – Exemplos de emulsões dos tipos O/A e A/O



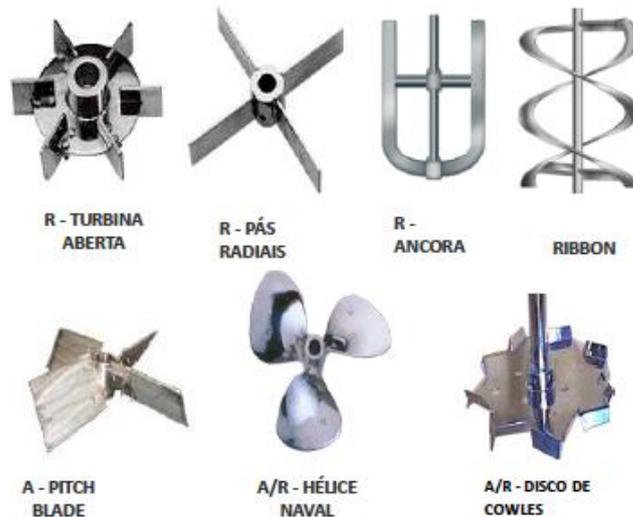
Fonte: Araújo (1995).

As emulsões podem ser feitas tanto em um grau industrial quanto doméstico. Geralmente a emulsão é obtida pelo fornecimento de energia mecânica de agitação para que ocorra a homogeneização das fases imiscíveis utilizando equipamentos como agitadores, sistemas de rotor e homogeneizadores de alta pressão (WALSTRA, 1993). A emulsão do tipo maionese, assim como qualquer outro tipo de emulsão, é produzida utilizando equipamentos dotados de agitadores capazes de homogeneizar toda a área do recipiente com a finalidade de promover o tamanho adequado da gota de óleo assim como a sua distribuição de tamanho dentro da emulsão, pois elas irão determinar as propriedades do produto, uma vez que uma variação nas escalas do recipiente homogeneizador e os agitadores pode alterar o resultado final do produto (MAY-MASNOU et al., 2014).

A agitação de líquidos é uma operação unitária utilizada, nesse estudo, para dispersar um líquido imiscível com outro, para formar uma emulsão. Geralmente a agitação é efetuada num tanque cilíndrico, rotor e impulsor. Os impulsores, também conhecidos como agitadores, tem como função circular o líquido no tanque, dessa forma, para atender diferentes tipos de aplicações existe uma variedade de agitadores

os quais se classificam entre agitadores desenhados para líquidos de baixa a moderada viscosidade (hélices e turbinas) e agitadores para líquidos viscosos (extrusor, ancoras, pás) (Figura 5) (TADINI et al., 2016).

Figura 5 – Diferentes tipos de impulsores utilizados na agitação de emulsões



Fonte: Tadini et al. (2016)

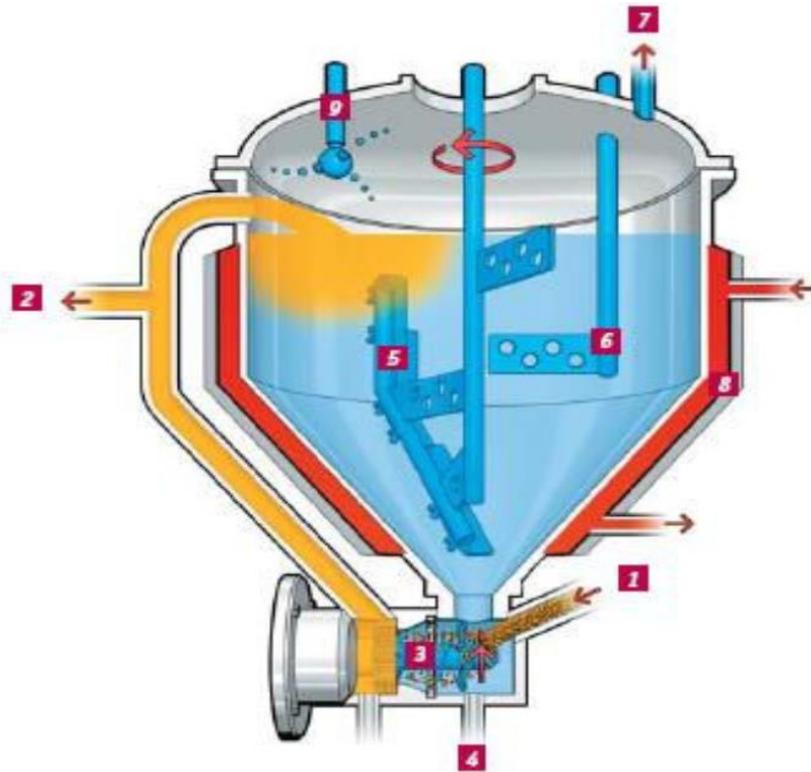
Para projetar um agitador de emulsões é necessário analisar dimensionamento das estruturas que irão produzir a emulsão, com o intuito de obter critérios de mudança de escala, o tipo de impulsor, a frequência rotacional do impulsor, cálculo das dimensões geométricas e da potência necessária (TADINI et al., 2016). A Figura 6 ilustra o agitador de emulsões em escala industrial, no entanto esse tipo de agitador é baseado na agitação de fluidos não-Newtonianos, uma vez que as propriedades reológicas desse tipo de líquido dependem da taxa de cisalhamento a qual varia ao longo do tanque, dessa forma a viscosidade aparente também apresenta variações (MCCABE; SMITH; HARRIOT, 2005). Sendo assim, variáveis envolvidas no processo de agitação dos líquidos, como por exemplo a potência fornecida pelo motor, não segue o mesmo padrão de cálculo de um líquido Newtoniano o qual considera parâmetros como a viscosidade e densidade do líquido, frequência rotacional do impulsor e as variáveis geométricas do tanque, haja vista o diâmetro do agitador e do

tanque, o tipo de agitador com suas medidas, inclusive da posição no mesmo dentro do tanque (TADINI et al., 2016).

Segundo McCabe, Smith e Harriot (2005), há diferentes metodologias para se calcular a potência requerida para agitação de um fluido, tal constatação deve-se ao fato de que no fluido newtoniano a propriedade reológica questionada é a viscosidade que é independente da taxa de cisalhamento, todavia os fluidos não newtonianos apresentam propriedade reológica dependente da taxa de cisalhamento a qual varia ao longo do tanque.

Um dos empecilhos encontrados nos projetos de agitadores é a mudança de escala, ou seja, o projeto laboratorial sendo escalonado para a produção industrial. Logo, para a ampliação da escala, deve-se levar em consideração de projetos por semelhança, ampliando da escala laboratorial para a planta piloto de dessa realizando a migração para a escala industrial (TADINI et al., 2016).

Figura 6 – Homogeneizador de emulsões industrial



(1)- Entrada da mistura (óleo, água, amido e condimentos); (2)- Saída da Maionese pronta; (3)- Emulsificador (moinho coloidal); (4)- Saída da sobra de limpeza; (5)-Agitador; (6)- Defletor de quebra do vortice; (7)- Bomba de vácuo; (8)- Vapor de aquecimento (quando for processo térmico); (9)- Higienização CIP.

2. OBJETIVOS

Elaborar emulsões do tipo maionese utilizando matéria-prima com baixo valor de mercado, com elevado teor nutricional, que mantenha as características de produtos tradicionais de mercado.

Objetivos em tópicos:

- Formular emulsões do tipo maionese com soro de leite em pó, leite desnatado em pó e uma mistura entre os dois, comparando a influência das proteínas na formação e estabilidade da emulsão, por meio do estudo de estruturação com reologia e textura;
- Elaborar formulações com adição de três conservantes (ácido acético, alho em pó e mostarda em pó);

- Verificar a estruturação das maionese formuladas pelas avaliações: estabilidade, reologia, textura e análise térmica;
- Comparar o comportamento reológico com maionese comerciais;
- Avaliar a vida útil dos produtos formulados comparando as formulações desenvolvidas.

2.1. JUSTIFICATIVA

Devido o soro de leite em pó, e o leite desnatado em pó poderem atuar como agentes emulsificante, além disso, o soro de leite em pó e o leite desnatado em pó apresentam um valor de mercado aproximadamente 80% e 50%, respectivamente, menor em relação ao ovo em pó pasteurizado, estudar o comportamento reológico e as condições de textura de emulsionados formulados com essas matérias-primas traz informações adicionais sobre o poder emulsificante das proteínas presentes no soro de leite em pó e leite em pó desnatado..

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

- Leite desnatado em pó – Elegê (Rio Grande do Sul, Brasil)
- Soro de leite em pó – La Sereníssima (Bragança Paulista, Brasil)
- Alho em pó – zona cerealista (São Paulo, Brasil)
- Mostarda em pó – zona cerealista (São Paulo, Brasil)
- Vinagre – Castelo (São Paulo, Brasil)
- Óleo de Soja – Liza – Bunge (Brasil)
- Goma xantana – zona cerealista (São Paulo, Brasil)
- Água destilada

- Maioneses comerciais das marcas Liza *Light* e Mesa – Bunge (Brasil)

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Formulação da maionese

No preparo da emulsão, a formulação orientativa utilizada nos primeiros testes-piloto de produção teve como base as fórmulas (% pela base do peso) da Tabela 1.

Tabela 1 – Formulações de emulsão (maionese) com vinagre como agente de conservação

Formulação	Óleo (%)	Soro de Leite em pó (%) (m/v de água)	Leite desnatado em pó (%) (m/v de água)	Água (%)	Goma Xantana (%) (m/v da formulação)	Vinagre (%)
F1v	71,0	23,0	-	28,5	0,1	0,50
F2v	71,0	-	13,0	28,5	0,1	0,50

F1v (soro de leite em pó), F2v (leite desnatado em pó).

As formulações da Tabela 2 apresentam matérias-primas adicionadas em relação à Tabela 1, como o alho em pó e a mostarda em pó. Tais ingredientes foram

utilizados com o objetivo de obter maior vida útil das emulsões e alcançar colorações próximas à cor de maioneses comerciais.

Tabela 2 – Formulações de emulsão (maionese) com alho e mostarda em pó como agente de conservação

Formulação	Óleo (%)	Soro de Leite em pó (%) (m/v de água)	Leite desnatado em pó (%) (m/v de água)	Água (%)	Alho em pó (%)	Mostarda em pó (%)	Goma Xantana (%) (m/v da formulação)
F1	71,0	23,0	-	28,0	0,50	0,50	0,1
F2	71,0	-	13,0	28,0	0,50	0,50	0,1
F3	71,5	6,5	8,5	28,0	0,50	0,50	0,1

F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó).

Vale ressaltar que a produção da maionese e as análises foram feitas a partir das formulações demonstradas na Tabela 2, sendo que formulação F3 a mistura entre leite desnatado em pó e soro de leite em pó foi de 40% e 60% respectivamente de massa em relação ao volume de água da formulação.

3.2.2. Produção das formulações de emulsão do tipo maionese

A produção de maionese no laboratório foi baseada apenas na utilização de ingredientes secos, óleo e água.

Os ingredientes secos utilizados na formulação básica foram o leite desnatado em pó, soro de leite em pó, alho e mostarda em pó, os quais foram estocados em geladeira com temperatura de $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, ao passo que os ingredientes líquidos como

o óleo e a água foram armazenados em temperatura do ambiente de laboratório de aproximadamente 20°C.

O preparo da emulsão seguiu primeiramente um fluxo de pesagem dos ingredientes secos de acordo com a formulação, além da medição do volume de água e óleo. Após essa etapa, os produtos secos foram misturados à água e homogeneizados.

Os próximos passos foram a incorporação do volume de óleo de acordo com a formulação na solução de água que já continha os ingredientes secos.

A incorporação foi realizada sob agitação mecânica de 3000 rpm por 1 minuto na solução de água com ingredientes secos, após essa etapa foi adicionado o óleo durante 3 minutos sob agitação de 3000 rpm.

Ao final da adição do óleo, a emulsão foi agitada a 5000 rpm por 1 minuto com alterações manuais da posição no rotor no béquer com a finalidade de obter o melhor tamanho e distribuição da gota de óleo possível na emulsão.

O tempo total de processo foi de 5 minutos. E para cada formulação foram repetidos 3 vezes para o processo para garantir reprodutibilidade do processo.

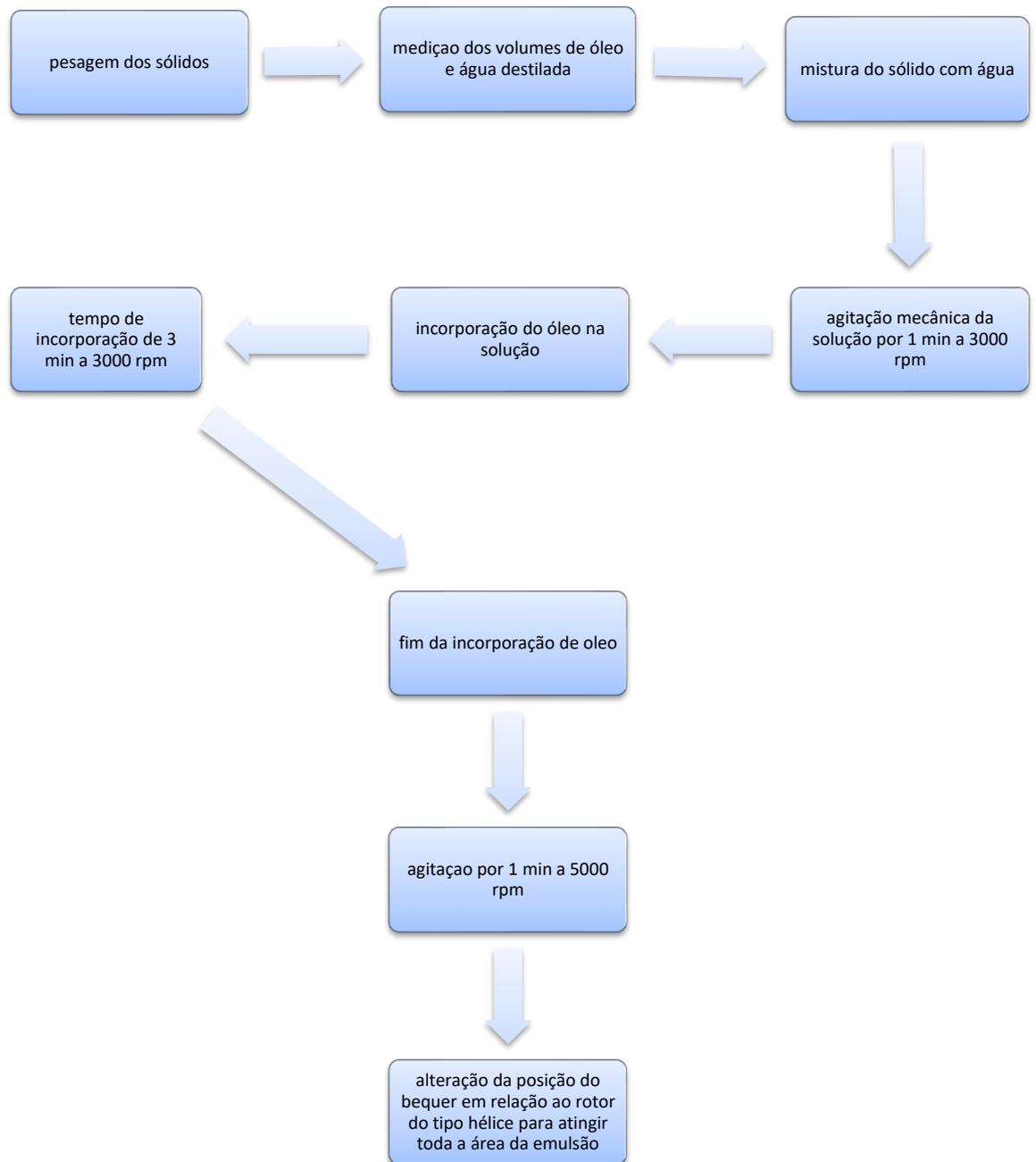
O fluxograma da Figura 8 ilustra os passos do preparo da maionese em laboratório.

No laboratório de Tecnologia de Alimentos III, localizado na FCF/USP, foi utilizado o agitador mecânico Fisatom modelo 713D com potência de 70 a 130W, 115V/230V e 50/60HZ, sendo sua rotação ajustada entre 90 a 5000 rpm, com impulsor modelo hélice naval (Figura 7).

Figura 7 – Agitador mecânico Fisatom com impulsor modelo hélice naval para laboratório



Figura 8 – Fluxograma de preparo da emulsão (maionese) no laboratório



3.2.3. Textura

Para análise de textura, foi utilizado o teste com *probe A/BE back extrusion* (Figura 9) em analisador de textura TA-XT2 (*Stable Micro Systems*, Reino Unido), sendo as amostras condicionadas à 10°C durante 30 dias. Os parâmetros de análise estão na Tabela 3 (IGNÁCIO, 2005). As dimensões do *probe back extrusion* são: diâmetro interno do copo, 55 mm; altura do copo, 70 mm e diâmetro da placa de compressão, 45 mm.

Tabela 3 – Parâmetros de análise de textura de maionese do equipamento TA-XT2

Modo de Teste e Opção (<i>Test Mode and Option</i>)	Medir Força em Compressão (<i>Measure Force in Compression</i>)	
	Retornar ao Começo (<i>Return to Start</i>)	
Parâmetros (<i>Parameters</i>)	Velocidade de Pré Teste (<i>Pre Test Speed</i>)	1 mm/s
	Velocidade de Teste (<i>Test Speed</i>)	1 mm/s
	Velocidade Pós Teste (<i>Post Test Speed</i>)	1 mm/s
	Distância (<i>Distance</i>)	25 mms
Disparador (<i>Trigger</i>)	Tipo (<i>Type</i>)	Auto
	Força (<i>Force</i>)	10 g
Taxa de aquisição de dados (<i>Data Acquisition Rate</i>)	200 pps	

Figura 9 – *Probe back extrusion* utilizado no teste de textura



3.2.4. Reologia

As formulações de maioneses foram analisadas em triplicata por ensaios oscilatórios e rotacional com o reômetro modelo Haake Mars II com módulo Rheoscope (Haake, Alemanha) sob temperatura controlada de 15°C e sensor cone-placa Ø 35 mm / 2°. Os resultados são apresentados pelo *software* Haake Rheowin 6.0 (Haake, Alemanha) em computador acoplado ao equipamento.

Os parâmetros utilizados nos testes de reologia são: oscilatório (CS): frequência 1 Hz, tensão 1 Pa, tempo 180 s; Rotacional (CR): taxa de cisalhamento 0-200 1/s, tempo 120 s; Rotacional (CR): taxa de cisalhamento 200-0 1/s, tempo 120 s; Oscilatório (CS): tensão 1 Pa, frequência 1 Hz, tempo 180 s. Conforme estabelecido pelo grupo de pesquisa.

3.2.5. Análise térmica – Calorimetria diferencial de varredura (DSC – *Diferencial Scanning Calorimetry*)

As análises das três formulações (F1, F2 e F3) foram conduzidas em equipamento para a Análise Calorimétrica Diferencial (DSC - *Diferencial Scanning Colorimeter*), DSC 7020 (HITACHI, Tóquio, Japão, em atmosfera de nitrogênio. Uma amostra com peso entre 6 a 10 mg foi introduzida no calorímetro. A amostra foram

equilibradas a 5°C durante 5 min na célula DSC. Após atingido o equilíbrio a amostra foi aquecida a uma taxa de 2,5°C / min.

3.2.6. Índice de estabilidade da emulsão

O índice de estabilidade da emulsão (*emulsion stability index* - ESI) foi avaliado usando o método relatado por Mirhosseini et al. (2008) e Kupongsak e Sathitvorapojjana (2017) utilizando 20 ml de maionese para cada formulação que foi acondicionado em uma proveta graduada. A emulsão foi armazenada à 20 ± 2°C por 4 semanas, sendo analisada semanalmente quanto ao índice. Os resultados do índice de estabilidade da emulsão foram obtidos a partir da equação 1, sendo calculado medidas de altura inicial da maionese (HE), a altura da maionese camada de creme (HC) e a altura da maionese fase sérica empobrecida com gotícula (HS). O ESI foi calculado usando a equação (1):

$$ESI(\%) = \frac{[HE - (HS + HC)]}{HE} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

3.2.7. Atividade de Água

A determinação da atividade de água das amostras foi feita analisando 3 amostras por formulação em temperatura controlada de 25°C, sendo conduzida em equipamento Novasina modelo LabMaster (Novasina, Suíça).

Os produtos formulados ficaram armazenados por um período de 30 dias sob refrigeração à 10°C ± 2°C.

3.2.8. Análise Colorimétrica

A análise de cor dos produtos foi determinada em equipamento Colorquest XE, geometria 0/45°, e os dados analisados pelo software LEQ7 (Hunter Lab, Brasil). Foram analisadas 3 amostras por formulação durante 30 dias, armazenadas à 10°C ± 2°C, sendo feita uma leitura inicial (tempo 0), na sequência outra análise após 15 dias (tempo 1) e a última sendo realizada ao final dos 30 dias (tempo 2). Vale ressaltar que as amostras foram armazenadas em recipientes fechados, porém não de forma hermética. As variáveis L*, a*, b* indicando, luminosidade, vermelho/verde e amarelo/azul, respectivamente. A diferença total na cor (ΔE^*) a foi calculada usando a Equação (2).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{(Equação 2)}$$

3.2.9. pH

A análise de pH do produto foi determinada por um pHmetro de Bancada para Soluções Aquosas Mpa-210, através da calibração utilizando soluções tampão e a diluição de 1g do produto em 10 ml de água destilada. Foi analisada uma amostra por formulação.

3.2.10. Cálculo do valor nutricional das maioneses

O cálculo da tabela nutricional das amostras, com o propósito de evidenciar a quantidade de proteínas e lipídeos, foi baseado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2011), utilizando um valor padrão de 200 g para cada formulação com a finalidade de estabelecer, principalmente, as concentrações de carboidratos, proteínas, gorduras e sais minerais. Vale ressaltar que para o soro de leite em pó foi utilizado o rótulo nutricional fornecidos pelo produtor. O modelo de rótulo construído seguiu a RDC N° 360 (BRASIL, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises dos Testes-Piloto

Os testes piloto foram elaborados com a finalidade de comparar diferentes tipos de conservantes nas formulações propostas pelo projeto, além de verificar se haveria diferença nos resultados das análises, como por exemplo a textura, ao formular os produtos com diferentes tipos de agentes conservadores. Tais agentes foram inseridos na formulação dos produtos com a finalidade de garantir um tempo de vida útil adequado, como por exemplo o ácido acético com acidez de 4,0% (vinagre), alho e mostarda em pó.

Foi observado que nos testes piloto a vida útil das formulações contendo como conservante o ácido acético (F1v e F2v) era menor quando comparada com a das formulações com alho em pó e mostarda em pó (F1, F2, F3), aproximadamente a vida útil foi a metade do tempo de armazenamento, uma vez que nesse período foi observado, apenas visualmente, o aparecimento de microrganismos. A análise foi feita pela observação do desenvolvimento aparente ou não de microrganismos; vale ressaltar que essa análise não teve o intuito de verificar a presença prévia ou não de microrganismo nas emulsões formuladas.

A Tabela 4 evidencia os resultados obtidos nos testes-piloto, sendo realizado um comparativo do comportamento dos produtos mantidos em uma temperatura constante de armazenamento, $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Também é apresentado, o resultado da visualização do microrganismo e o tipo de conservante utilizado na formulação.

Por meio de visualização nas amostras, foi constatado que as formulações no teste piloto armazenadas em *Biological Oxygen Demand* (BOD) a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, tanto as que continham vinagre quanto as que continham alho em pó e mostarda em pó como agentes conservantes, apresentaram vida útil de aproximadamente 7 dias, uma vez que após esse tempo de armazenamento foi observada no aspecto visual a

presença de microrganismos nas formulações, impossibilitando a realização de análises que demandavam uma sequência de testes como por exemplo as análises de coloração e textura do produto. As emulsões estavam acondicionadas em recipiente com tampa, porém não estavam hermeticamente fechadas.

Provavelmente o aparecimento visual de microrganismos nas formulações armazenadas a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ deve-se ao fato de que a matéria-prima utilizada, como o soro de leite em pó, alho em pó e mostarda em pó já continham microrganismos, uma vez que essas matérias-primas foram adquiridas diretamente de gondolas abertas (venda a granel) na loja. Portanto, a parametrização a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para realização de testes como por exemplo textura e análise colorimétrica foi fundamental para poder estabelecer uma temperatura padrão de armazenamento com a finalidade de garantir um tempo de vida útil adequado, sem que houvesse o desenvolvimento de microrganismos.

Tabela 4 – Relação entre conservantes e visualização de microrganismos

Conservante	Ácido Acético (vinagre)	Alho em pó e Mostarda em pó
Temperatura de armazenamento	$10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
Visualização de microrganismos	Após 15 dias	Após 30 dias

Vale ressaltar que não houve alterações nos resultados obtidos nas análises de textura e de atividade de água nas formulações contendo os diferentes tipos de agentes conservantes (vinagre, alho em pó e mostarda em pó).

4.2. Análise de textura

A textura é o conjunto de propriedades físicas que define a estrutura dos elementos de um alimento, que estão relacionados à deformação, à desintegração e que podem ser mensuradas em função da massa, tempo e distância.

Os dados reológicos de um produto emulsionado do tipo maionese estão diretamente relacionados aos componentes presentes na formulação desse produto, assim como os quesitos temperatura e tempo de armazenamento que influenciam no grau de estabilidade de uma emulsão (IGNÁCIO; LANNES, 2013).

Pela Figura 10, pode se observar nitidamente que uma emulsão do tipo maionese apresenta um comportamento reológico complexo. Nessa análise de curva de força versus o tempo da amostra F1 (soro de leite em pó), pode-se observar uma variedade de situações como:

Ponto 1: o pistão do texturômetro começa a descer, se aprofundando na amostra.

Entre pontos 1 e 2: ocorre o aumento da tensão, comprimindo a maionese sem haver uma deformação elástica

Ponto 2: foi alcançado a tensão inicial, ocorrendo a deformação elástica

Entre pontos 3 e 4: ocorre o início da extrusão, a emulsão sobe através do espaço anular concêntrica. Região de mudança de comportamento, tixotropia.

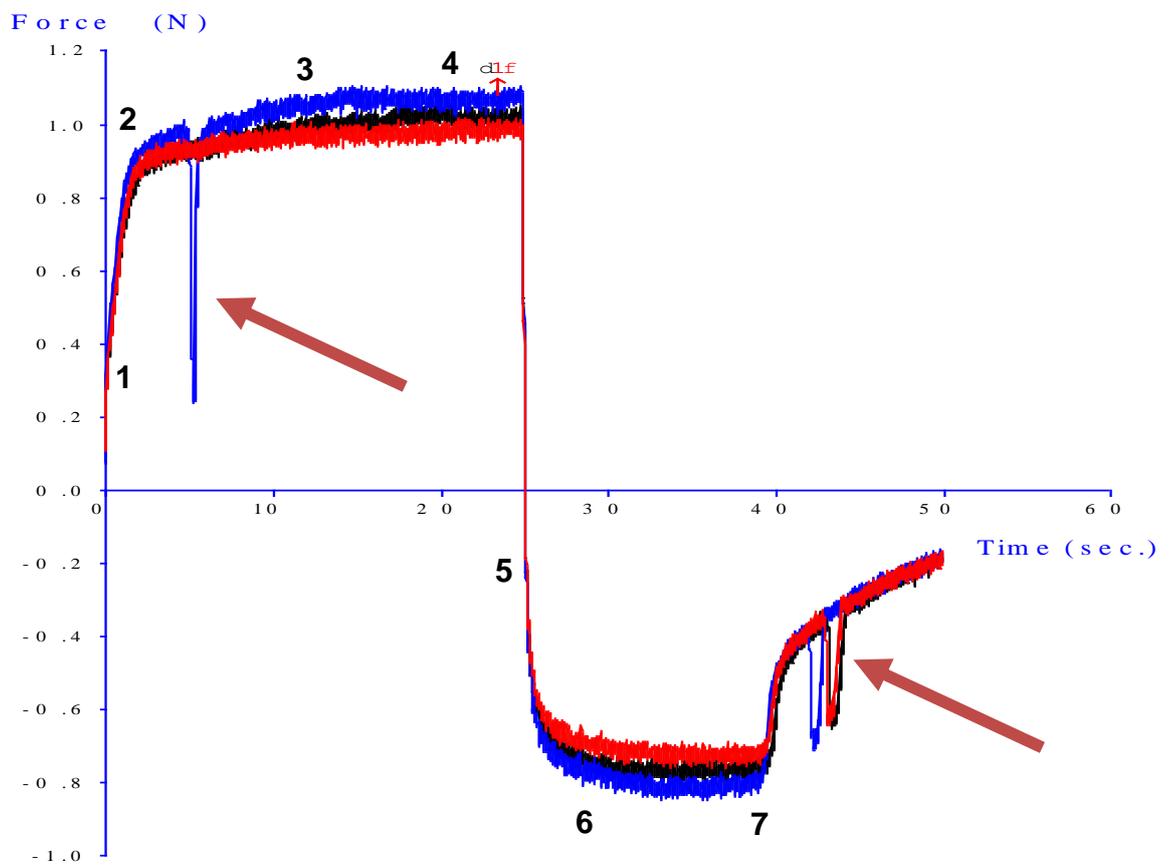
Ponto 4: ponto onde ocorre a tensão máxima, inicia-se a região com tensão constante, deformação viscosa.

Entre 4 e 5: região Newtoniana, a tensão de cisalhamento é independente da taxa de cisalhamento, evidenciando uma viscosidade constante, situação onde o pistão começa a subir.

Ponto 5, 6 e 7: esses pontos possuem respectivamente os mesmos significados que os pontos 1, 2 e 3. Porém, em módulo, os valores obtidos nos pontos 6, 7 e 8 são menores quando comparados com os valores nos pontos 1, 2 e 3, evidenciando um efeito pseudoplástico.

É possível notar as variações como a indicada pelas setas vermelhas. Tais variações podem ser entendidas como a presença de ar na amostra durante a aplicação da força de tensão.

Figura 10 – Análise de curva de força versus tempo em ensaios obtidos com o *probe back extrusion* para amostras de emulsão do tipo maionese (F1) a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$



Segundo Liu, Xu e Guo (2007), os valores positivos do gráfico condizem com a firmeza da emulsão, quanto maiores os valores mais firmes serão as amostras, ao passo que os valores negativos de força podem ser tomados com um indicativo de viscosidade das amostras, ou seja, quanto mais negativo for o valor, mais coesa será a amostra. Propõe-se que os resultados de força estão relacionados à maneira que o agente emulsificante atua na emulsão.

De acordo com Ignácio (2005), há diferentes curvas de textura, relacionando força de tensão pelo tempo, de acordo com os diferentes tipos de maioneses comerciais, uma vez que as diferenças observadas nos padrões das curvas estão relacionadas a fatores como quantidade de gordura presente na formulação e ao tipo de proteína emulsificante utilizada no produto. É possível constatar que maioneses caracterizadas comercialmente como *light*, como a maionese Siolle *Light*, apresentavam valores de tensão de 2 N tanto na parte positiva (firmeza) quanto na negativa do gráfico de textura, ao passo que as maioneses classificadas como tradicionais, como a maionese Vigor, chegaram a valores aproximados de 10 N na parte positiva do gráfico e 6 N na parte negativa do gráfico. Isso significa que maioneses que apresentam um grau de dureza maior podem conter em sua formulação amido que interfere no comportamento da emulsão.

As análises de textura (Figuras 11, 12 e 13) foram realizadas nas formulações F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó) e F3 (soro de leite em pó e leite desnatado em pó), com frequência de realização dos testes foi a cada 15 dias, pois conforme esclarecido no item 4.1, as formulações que contêm como conservantes alho em pó e mostarda em pó obtiveram maior vida útil sem a presença aparente de microrganismos, favorecendo maior quantidade de ensaios sobre a textura da emulsão.

Outro ponto importante a ressaltar é a temperatura de armazenamento que se manteve constante a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante o período de 30 dias.

Figura 11 – Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F1 (soro de leite em pó) nas datas da análise 18/07/2018, 01/08/2018 e 15/08/2018 respectivamente

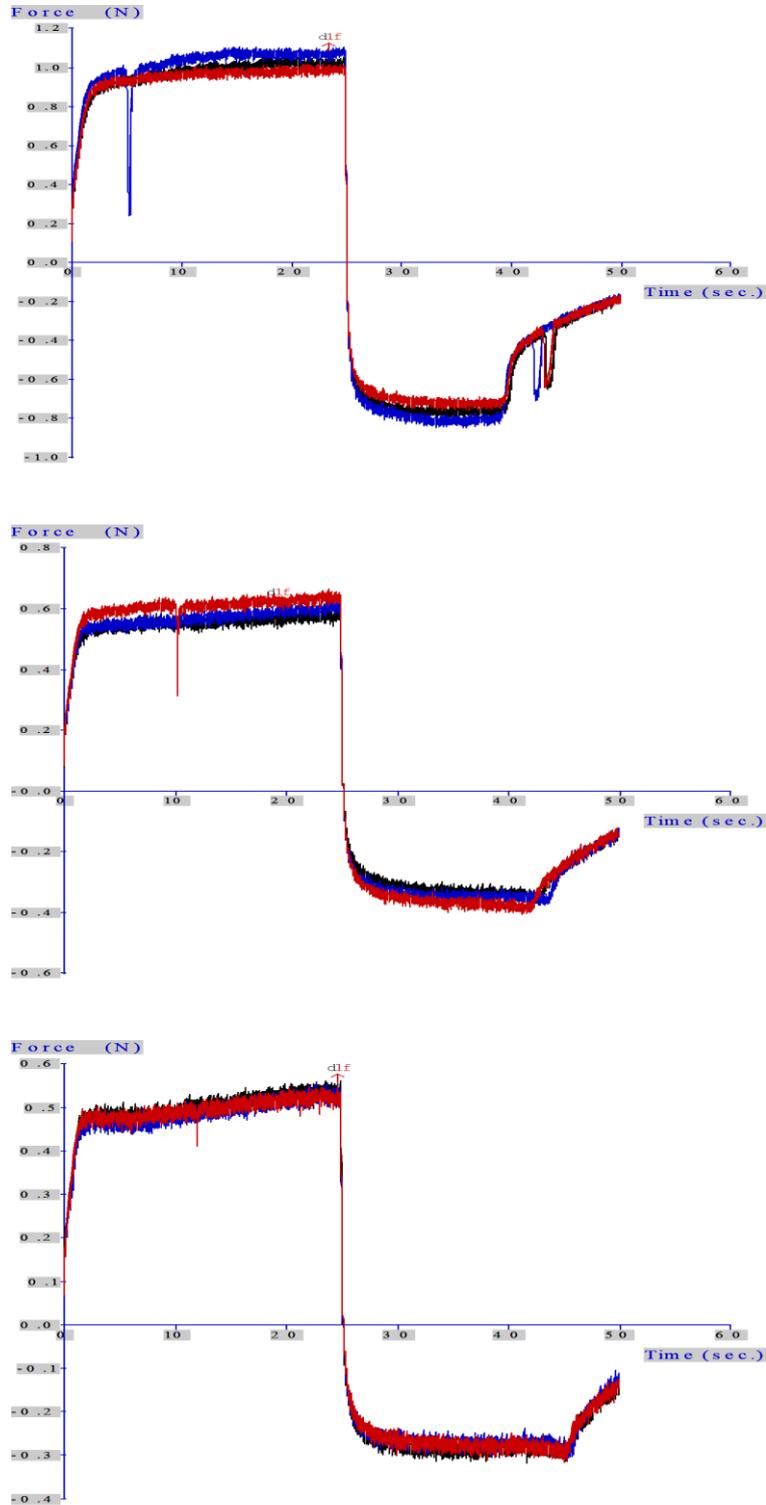


Figura 12 – Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F2 (leite desnatado em pó) nas datas da análise 18/07/2018, 01/08/2018 e 15/08/2018 respectivamente

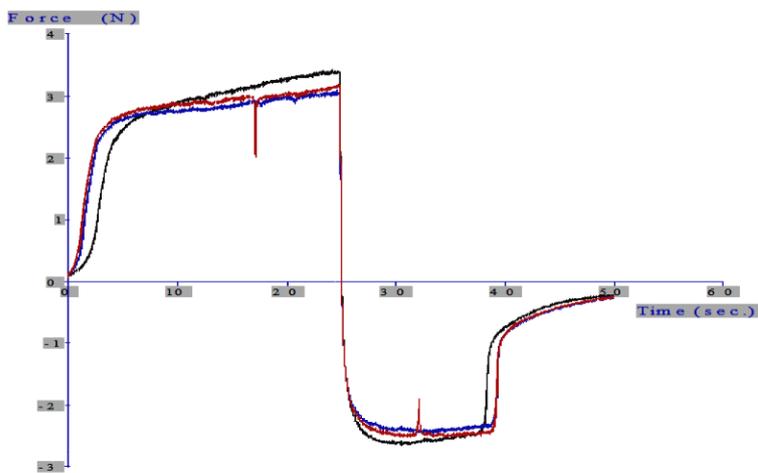
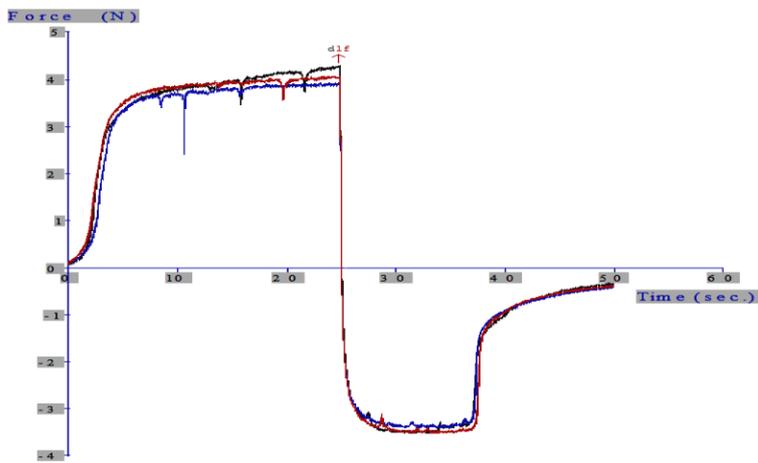
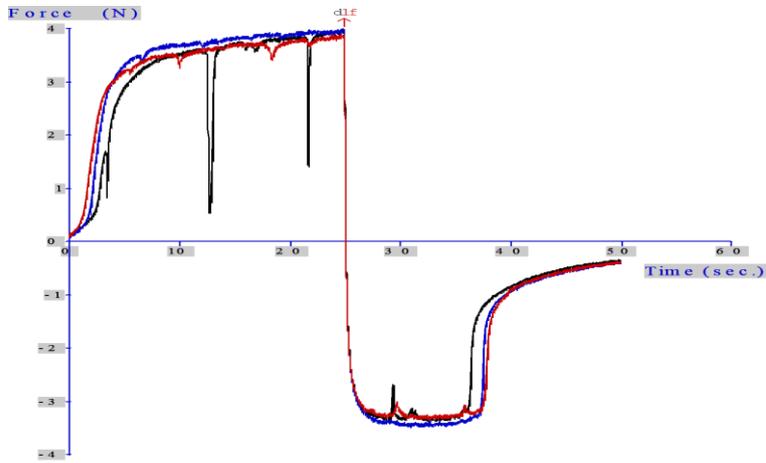
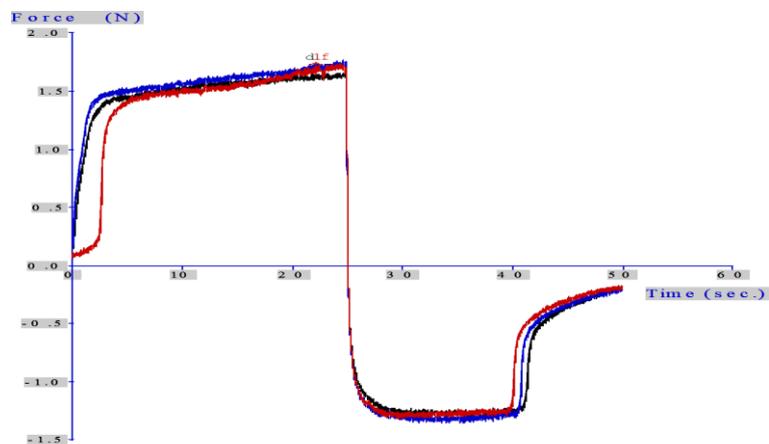
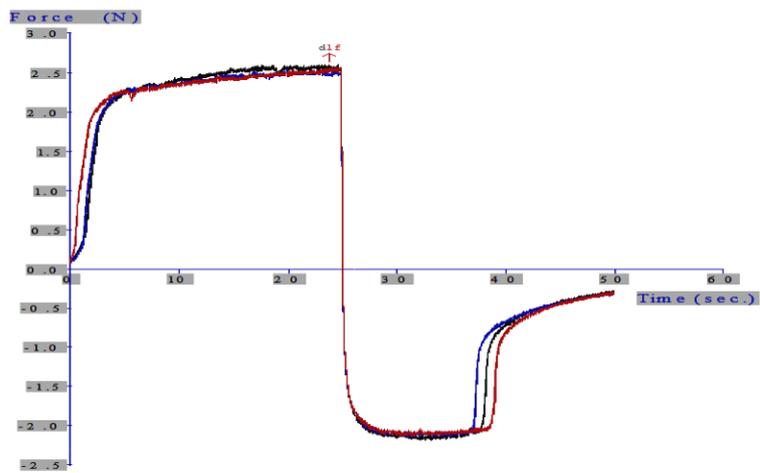
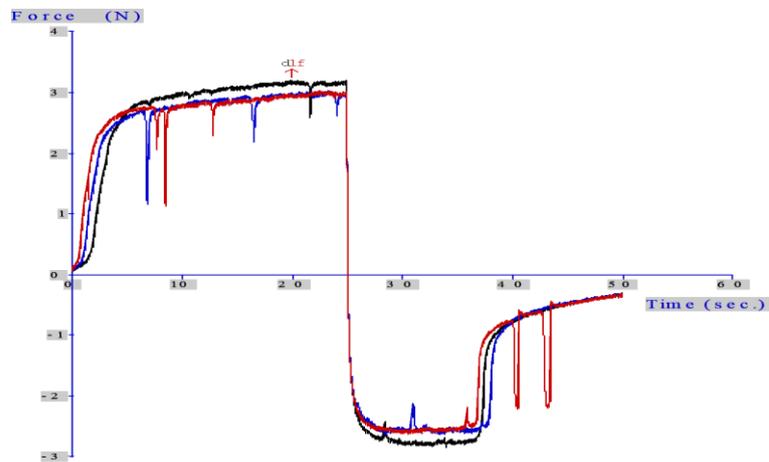


Figura 13 – Curvas obtidas na análise de textura da Formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó) nas datas da análise 18/07/2018, 01/08/2018 e 15/08/2018 respectivamente



Com base nos gráficos de textura apresentados nas Figuras 11 a 13 é possível analisar também, conforme Tabela 5, a relação entre forças de dureza das formulações com o tempo.

Tabela 5 – Força média de extrusão nos testes de textura

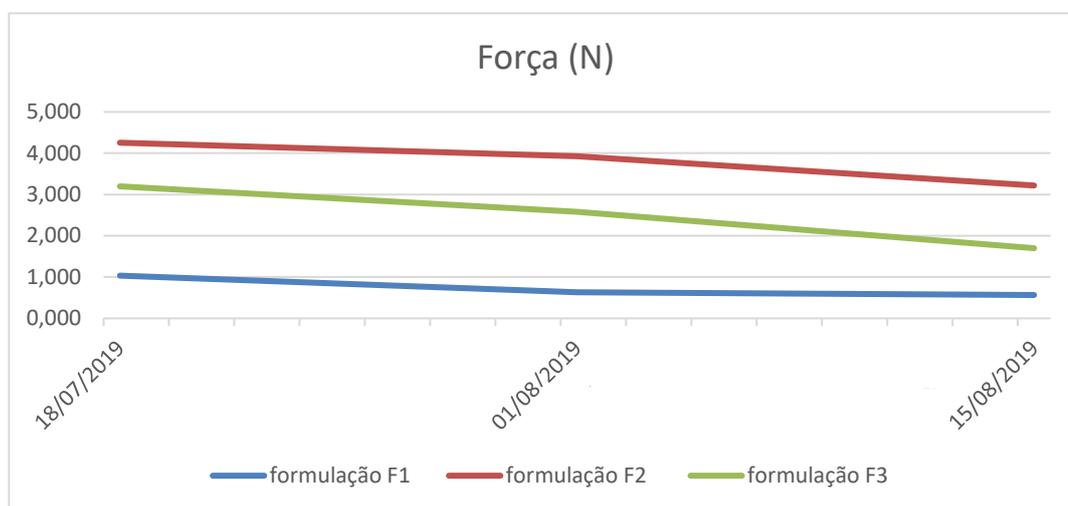
FORMULAÇÃO	18/7/2018	01/08/2018	15/08/2018
Análise de textura – Força* (N)			
F1	1,035 N \pm 0,026	0,633 N \pm 0,035	0,566 N \pm 0,024
F2	4,255 N \pm 0,160	3,928 N \pm 0,048	3,218 N \pm 0,060
F3	3,198 N \pm 0,086	2,582 N \pm 0,017	1,700 N \pm 0,044

* n=3 F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

Na Figura 14 é possível visualizar a diminuição da força da textura ao longo do tempo de armazenamento, principalmente na amostra da formulação F1.

Dessa forma, é possível inferir o fato de que as proteínas do soro de leite em pó presentes na formulação F1 não conseguem transmitir para a formulação emulsificação semelhante das maioneses de mercado, e até mesmo das formulações feitas com soro de leite em pó em pó e a mistura de soro de leite em pó com leite desnatado em pó. Além disso, a força de textura decai mais rapidamente ao longo do tempo de armazenamento nas formulações que contém soro de leite em pó como agente emulsificante.

Figura 14 – Força versus tempo de armazenamento da análise de textura das maioneses formuladas – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)



Ignácio (2005) obteve resultados de textura para maionese *light* semelhantes as formulações F2 e F3 verificados no presente trabalho. Na Tabela 5 é possível observar a diminuição da força da parte positiva do gráfico, indicando uma diminuição da tensão na amostra.

A análise dos resultados de textura obtidos nesse trabalho reforça a hipótese de que a textura de um produto emulsionado está relacionado ao tipo de agente emulsificante utilizado na formulação, sendo possível inferir que proteínas com cadeias curtas e com estruturas secundárias são menos eficazes na formação e manutenção ao longo do tempo de uma emulsão, conforme os resultados da formulação F1. É possível averiguar que proteínas com características anfipáticas, que no caso da caseína é característica a presença de um grupo fosfato e uma cadeia proteica, apresentam resultados comparativos melhores para formação e manutenção da emulsão como evidencia os resultados da formulação F2. Por outro lado, a formulação F3 apresenta resultados de textura semelhantes aos de maioneses comerciais classificadas como *light*, sendo possível considerar que uma formulação contendo uma mistura de soro de leite em pó e leite desnatado em pó como agentes emulsificantes além de garantir um resultado de textura já conhecido pelo mercado

consumidor, pode fornecer um produto contendo aminoácidos essenciais ao desenvolvimento humano assim como sais minerais do soro de leite em pó importantes na alimentação.

4.3. Colorimetria

A medição da cor nos alimentos serve como ponto de análise de qualidade, uma vez alimentos naturais tem uma tendência em alterar sua cor e a aparência com o passar do tempo, por outro lado os alimentos processados são formulados para manter suas características físico químicas, além da cor, durante o prazo de validade do produto (SPENCE, 2019).

A análise colorimétrica de um alimento tem como propósito compreender o comportamento das partículas, dispersão de gotículas e reações de oxidação (PATIL; BENJAKUL, 2019).

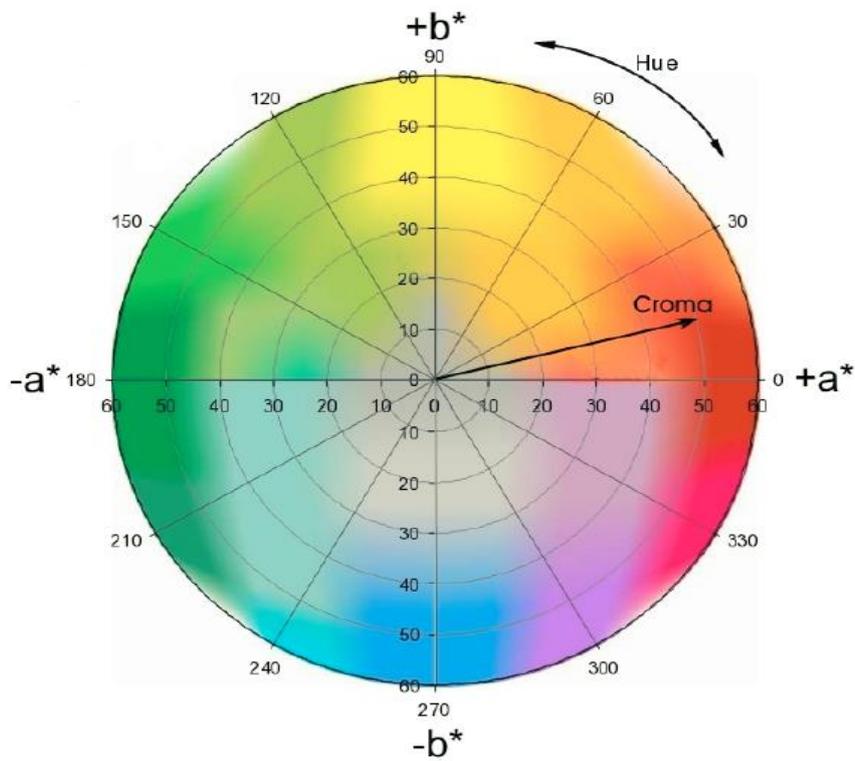
Segundo Amaral et al. (2012), o sistema de medição de cor L^* , a^* , b^* , que mede a difusão de luz (L) e as cromáticas (a = vermelho e verde, b= amarelo e azul), resultam em um valor numérico dentro de um modelo de cor CIE (Figura 15), sendo que diferentes parâmetros observados podem ser o resultado de variações de pH, atividade de água e oxidação das gorduras.

De acordo com McClements (2002), as diferenças nas luminosidades das amostras podem ocorrer devido à variação da dispersão da luz, sendo que tanto a absorção quando a dispersão da luz dependerá do índice de refração, concentração e tamanho das partículas de óleo dispersas, além, da presença de materiais cromofóricos. É possível inferir que a absorção está relacionada com a cromaticidade (vermelho, verde, azul, amarelo etc.), enquanto a dispersão tem a responsabilidade de demonstrar o grau de turbidez da amostra, ou leveza e até mesmo a opacidade da emulsão.

Patil e Benjakul (2019) levantaram a hipótese de que a variação da luminosidade entre amostras que tiveram um intervalo de dias entre os ensaios de

colorimetria, de maneira semelhante como executado neste trabalho, foi devido ao tamanho das partículas e à dispersão das gotículas, as quais alteraram a segregação da luz.

Figura 15 - Sistema de coordenadas de cores a^* e b^*



Fonte: Minolta (1998)

Ao utilizar essa sistemática de medição da coloração obteve-se os dados da Tabela 7 quanto aos parâmetros L^* , a^* , b^* .

Tabela 7 – Coloração da maionese contendo diferentes tipos de proteínas durante 30 dias de armazenamento

DATAS DAS ANÁLISES		18/7/18			1/8/18			15/8/18		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
FORMULAÇÕES	F1	79,83 ±0,04	-7,16 ±0,02	37,16 ±0,13	74,66 ±0,06	-6,29 ±0,02	41,17 ±0,04	70,40 ±0,02	-6,18 ±0,03	43,32 ±0,03
	F2	82,19 ±0,16	-7,52 ±0,01	30,24 ±0,03	81,37 ±0,24	-7,48 ±0,09	31,41 ±0,28	81,16 ±0,02	-7,37 ±0,05	32,68 ±0,03
	F3	81,87 ±0,22	-7,60 ±0,06	31,19 ±0,13	81,27 ±0,19	-7,32 ±0,04	32,16 ±0,15	81,04 ±0,03	-7,11 ±0,02	32,53 ±0,02

* n=3

De acordo com a Equação (2), os resultados da diferença de cor (ΔE^*) estão ilustrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Diferença das cores utilizando o espaço L*, a*, b* durante 30 dias de armazenamento das maioneses contendo variação nos tipos de proteínas

DATAS DAS ANÁLISES		Entre 18/7/18 a 15/08/2018
		ΔE^*
FORMULAÇÕES	F1	11,31 ±0,04
	F2	2,65 ±0,14
	F3	1,65 ±0,22

* n=3 F1(soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

Em relação aos resultados, quanto mais perto do valor 0, ou seja, quanto menor a diferença, mas próximo do padrão selecionado.

É possível observar com o resultado da diferença de cor (ΔE^*) que a formulação contendo apenas as proteínas do soro de leite em pó (F1) apresenta maiores resultados de variação, evidenciando mudança da estrutura da emulsão.

A visualização gráfica dos resultados obtidos no sistema de coordenadas de cores evidencia as variações ocorridas em L^* , a^* e b^* . A Figura 16 ilustra o impacto da difusão de luz ao longo do tempo, confirmando uma diminuição dessa difusão na formulação contendo apenas proteínas do soro de leite em pó (F1), sugerindo que nessa formulação pode ter ocorrido uma oxidação do óleo presente na formulação, assim como alteração em relação ao tamanho das gotículas dispersas.

Figura 16 – Curvas de difusão da luz (L^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó, F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

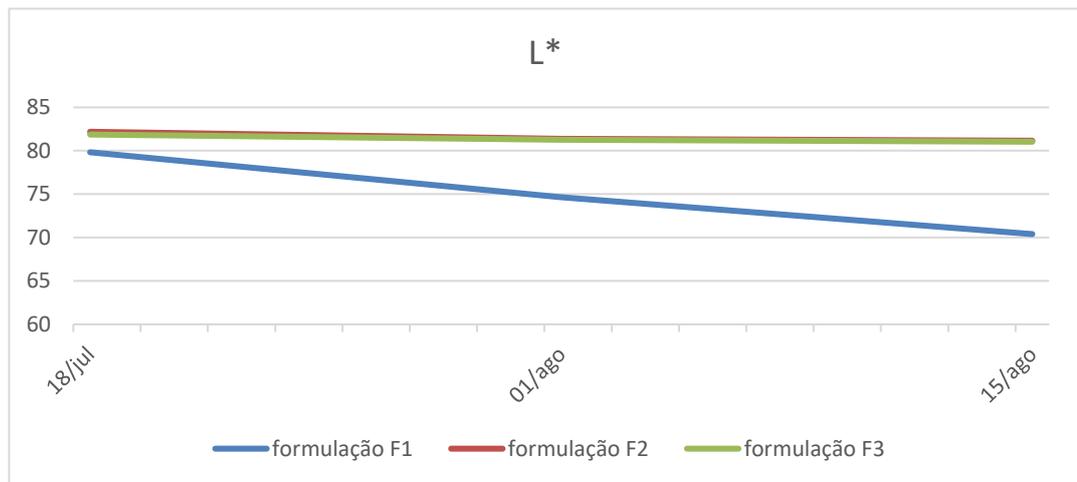
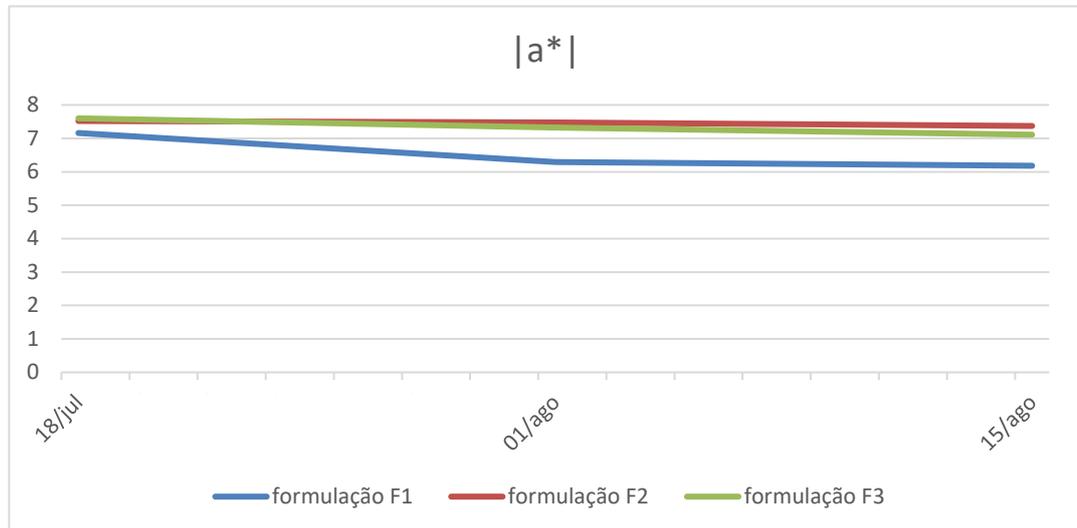


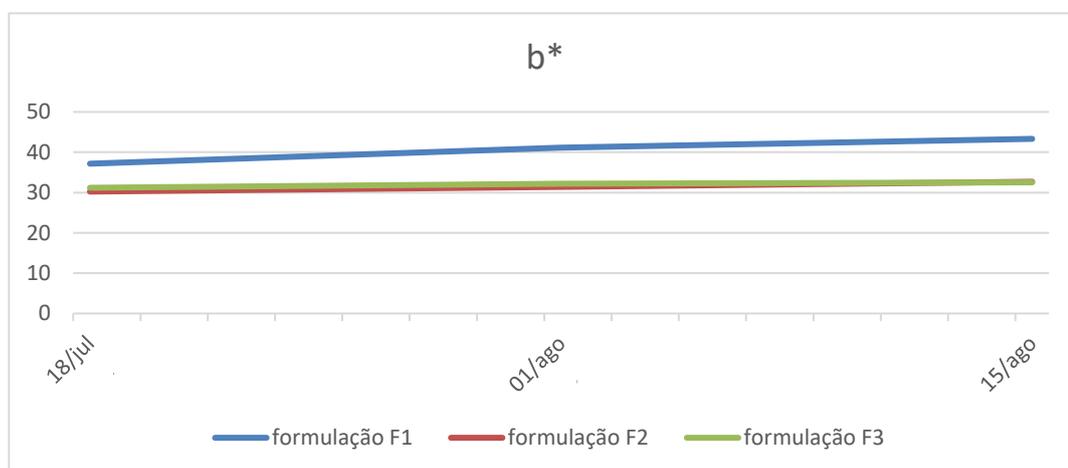
Figura 17 – Curvas dos valores em módulo da cromátide vermelho e verde (a^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)



A Figura 17 evidencia o resultado, em módulo, do valor das cromátides vermelho em verde (a^*), mais uma vez demonstrando que a variação do valor de a^* deve-se ao fato da formulação F1 apresentar apenas proteínas do soro de leite em pó, além disso, é possível visualizar nas curvas pequena variação na formulação F3 que também contém proteínas do soro de leite em pó.

A Figura 18 evidencia que a formulação F1 obteve uma maior variação em relação as formulações F2 e F3 em relação ao resultado da cromátide amarelo e azul (b^*). Tal resultado indica que pode ter ocorrido oxidação da fase lipídica.

Figura 18 – Curvas dos valores da cromátide amarelo e azul (b^*) – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)



Com base nos resultados, foi possível observar variação da difusão da luz (L^*) na amostra F1, sendo que as amostras F2 e F3 mostraram pouca variação.

Nas três formulações os padrões a^* (vermelho) e b^* (amarelo) indicaram cor amarela característica de uma maionese comercial, provavelmente essa característica foi evidenciada no produto devido à presença de mostarda em pó. Por outro lado, o aumento de b^* e a^* pode indicar oxidação lipídica devido ao tempo de armazenamento da amostra. Além disso, a diminuição dos valores para L^* provavelmente deve-se ao fato do aumento do tamanho das gotas de óleo nas amostras emulsionadas, dessa forma, a capacidade de espalhamento das partículas diminuiu, o raio de luz possivelmente penetrou na emulsão e foi absorvido em maior quantidade.

Os agentes emulsificantes desempenham um papel fundamental na estabilidade da emulsão e manutenção do tamanho da gota de óleo dispersa, indicando que o soro de leite em pó quando presente isoladamente na amostra (F1) como agente emulsificante apresenta um resultado abaixo do esperado no quesito de manutenção da estrutura da emulsão ao ser comparado com as demais formulações.

4.4. Atividade de Água

Desde a descoberta do conceito da atividade de água, este tem sido usado amplamente para o monitoramento da preservação de alimentos, uma vez que está relacionado diretamente com a multiplicação de microrganismo, principalmente aqueles de caráter patogênico (TAVARES et al., 2019)

As análises de Atividade de água (Aa) foram realizadas nas formulações F1, F2 e F3 a cada 15 dias em média durante um período de 30 dias de armazenamento. Os resultados estão descritos na Tabela 9.

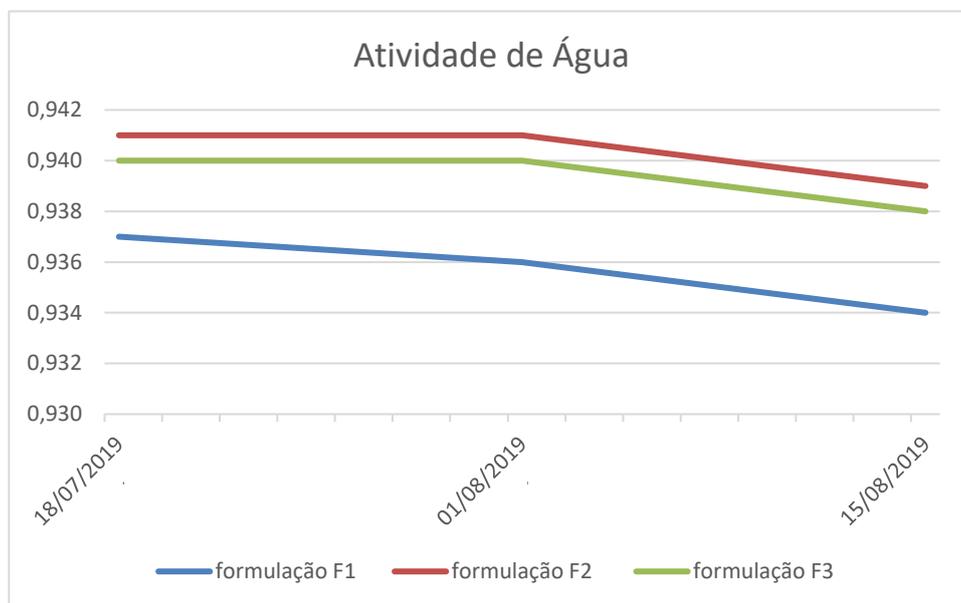
Tabela 9 – Atividade de água de maioneses contendo diferentes tipos de proteínas, durante 30 dias de armazenamento

DATAS DAS ANÁLISES		18/7/18	01/8/18	15/8/18
FORMULAÇÕES	F1	0,937±0,001	Aa* 0,936±0,001	0,934±0,001
	F2	0,941±0,001	0,941±0,001	0,939±0,001
	F3	0,940±0,001	0,940±0,001	0,938±0,001

* n=3 F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

As curvas dos resultados obtidos para Atividade de água (Aa), conforme Figura 19, demonstram a diferença da amostra F1 que possui em sua formulação proteínas do soro de leite em pó, com resultados inferiores aquelas que possuem proteína de leite em sua composição.

Figura 19 – Curva dos valores da Atividade de Água durante armazenamento de 30 dias – F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)



Analisando os resultados obtidos, não houve variações na Aa das três formulações ao longo do período de análise. Também não foi observado crescimento de bactérias, bolores e leveduras apesar da faixa de resultado obtido para atividade de água ser propícia para o desenvolvimento microbiano. A composição da emulsão é uma boa fonte de nutrientes para o desenvolvimento de microrganismo, a maionese apresenta sais e açúcares dissolvidos na fase aquosa limitando o número de microrganismos que podem se desenvolver. Em comparação aos estudos realizados por Silva (2007), com a ação de antimicrobianos, cujo trabalho tem como objeto avaliar o efeito antimicrobiano de óleo essencial de orégano, ETDA e nisina no controle e multiplicação de microrganismos em saladas de legumes com maionese, os valores de Aa obtidos nesse trabalho são semelhantes aos valores de outras maioneses, com valores entre 0,955 e 0,970.

4.5. Análise de pH

A determinação do pH é importante para relacionar a estabilidade microbiológica do produto com o fator físico-químico. Segundo Reis (2013), a maioria dos microrganismos crescem em um valor de pH no produto ao redor de 7,0, mais especificamente entre 6,6 e 7,5, portanto para valores de pH menor do que 4,0 haverá menor probabilidade de desenvolvimento de microrganismos como bactérias e fungos.

Com a finalidade de conferir um pH baixo, consequentemente auxiliando no combate do desenvolvimento de microrganismos, tradicionalmente é utilizado o vinagre em emulsões do tipo maionese juntamente com outros ácidos como por exemplo o láctico e o cítrico (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

A Tabela 10 apresenta os valores de pH das maioneses desenvolvidas.

Tabela 10 – Análise de pH das formulações de maionese

FORMULAÇÕES	pH*
	Resultado
F1	6,60 ±0,01
F2	6,89 ±0,01
F3	6,75 ±0,01

*n = 3 F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

O ácido acético (vinagre) é o ácido mais comum utilizado na conservação da maionese, assim como o ácido láctico, ajudando na prevenção contra a deterioração,

mantendo um pH baixo (entre 3,3 e 3,8) (JAY, 2000; JAEGER, 2012). Todavia ao utilizar as especiarias os resultados ficaram pouco maiores, porém com maior eficácia no combate ao desenvolvimento de microrganismos quando comparados com formulações a base de ácido acético. O alho apresenta características importantes quanto a conservação de alimentos e combate a doenças, possuindo propriedades que inibem o crescimento de bactérias patogênicas (FILOCAMO et al., 2012). O uso de alho em formulações alimentícias favorece o combate na proliferação de microrganismos, principalmente fungos e bactérias patógenas, devido as suas propriedades antimicrobianas, além de prevenir as oxidações lipídicas e não causar perdas sensoriais ao produto (HORITA et al., 2016).

A mostarda, que possui características semelhantes ao alho em relação ao combate microbiano, pode ser utilizada em formulações alimentícias na forma de pó ou farinha a qual ao ser hidratada é capaz de produzir compostos orgânicos, como flavonoides, liberando na formulação moléculas que são capazes de coibir o crescimento microbiano pela inibição de enzimas e proteínas liberadas por microrganismos (LEE; OH; MIN, 2015).

4.6. Análise Reológica

O estudo da reologia pode ser realizado por meio de testes rotacionais onde uma força ou tensão de cisalhamento é aplicada sobre a amostra, podendo caracterizar a mesma em relação a sua viscosidade bem como sobre o comportamento de fluxo (RAO, 1999).

Por outro lado, os testes oscilatórios têm a vantagem de não destruir a amostra, simulando um estado estacionário. Com essa característica é possível verificar o comportamento e avaliar a estabilidade do produto em relação aos seus ingredientes, fazendo um estudo de vida útil das formulações (RAO, 1999; STEFFE, 1996; CHO et al., 2005).

Os estudos reológicos, principalmente os ensaios oscilatórios, são amplamente utilizados na área de alimentos para compreensão do seu comportamento. Uma vez

que os resultados obtidos nesses estudos servem como uma ferramenta importante para o desenvolvimento e estudo de vida útil de novos produtos alimentícios (RAO, 1999).

Os ensaios podem ser conduzidos por meio de variações de amplitude com deformação e frequência constantes, variando a tensão; varredura de frequência sob tensão constante e com a informação da região de comportamento viscoelástico realizado em função do tempo (STEFFE, 1996; RAO, 1999). Podem ser conduzidos a uma frequência de 1 Hz com a finalidade de determinar a região viscoelástica, além de obter o valor de tensão limite (*yield stress*), sendo que esse parâmetro é importante para verificar a tensão máxima aplicada na amostra antes de sua desestruturação.

Neste trabalho foram executadas quatro etapas no ensaio reológico, sendo a primeira oscilatória, segunda e terceira rotacional e a quarta etapa foi oscilatória. Esta rotina de análise permite a verificação mais precisa da destruição e recuperação da amostra. Foi verificada existência ou não de tixotropia, que é observada pelo desnível dos platôs inicial e final representados nas Figuras 20 a 24.

O uso de ensaio oscilatório traz a vantagem de caracterizar a tixotropia do produto, pois pode observar graficamente a recuperação do produto em relação ao seu estado inicial, além de observar o tempo necessário para que essa ação ocorra, comparando a viscosidade final com a viscosidade inicial (MUJUMDAR; BERIS; METZNER, 2002).

Assim como nos ensaios rotacionais, os ensaios oscilatórios não são possíveis de analisar de maneira absoluta a tixotropia, no entanto é possível mensurar o quanto o produto analisado apresenta essa propriedade em função das condições aplicadas nos testes reológicos (MAO; CHEN, 2006).

Pode-se verificar nas Figuras 20 a 24 os valores da recuperação do produto em relação ao seu módulo elástico ou de armazenamento (G'). Esses valores correspondem ao quanto o produto absorve da energia transmitida. Por outro lado, o módulo viscoso ou de dissipação (G'') relaciona o quanto o produto libera dessa energia fornecida pela oscilação aplicada ao produto. Esse fenômeno está

fundamentado nos processos cinéticos que alteram a estrutura de materiais tixotrópicos (MUJUMDAR; BERIS; METZNER, 2002).

A recuperação do produto está relacionada a quanto ele consegue retornar para as suas características de viscosidade e elasticidades iniciais e o quanto ele recupera da sua estrutura anterior a aplicação da força (LI; LIUNJIN; KHALIL, 2007).

Segundo Labanda, Pilar e Llorens (2004), a viscosidade da amostra depende da forma, tamanho e orientação dos hidrocoloides, como a goma xantana utilizada para emulsificar a amostra, sendo que alterações na taxa de cisalhamento causam alterações tanto na forma quanto na orientação das partículas presentes na formulação. É possível observar graficamente que as amostras apresentaram um valor elástico, pois a viscosidade inicial é diferente do valor final evidenciando um comportamento típico para amostras com grande quantidade de proteínas. As características reológicas das amostras F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó) e F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó) foram comparadas com duas maioneses comerciais (marcas Liza Light e Mesa) e os resultados estão nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24.

Figura 20 – Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F1 (soro de leite em pó)

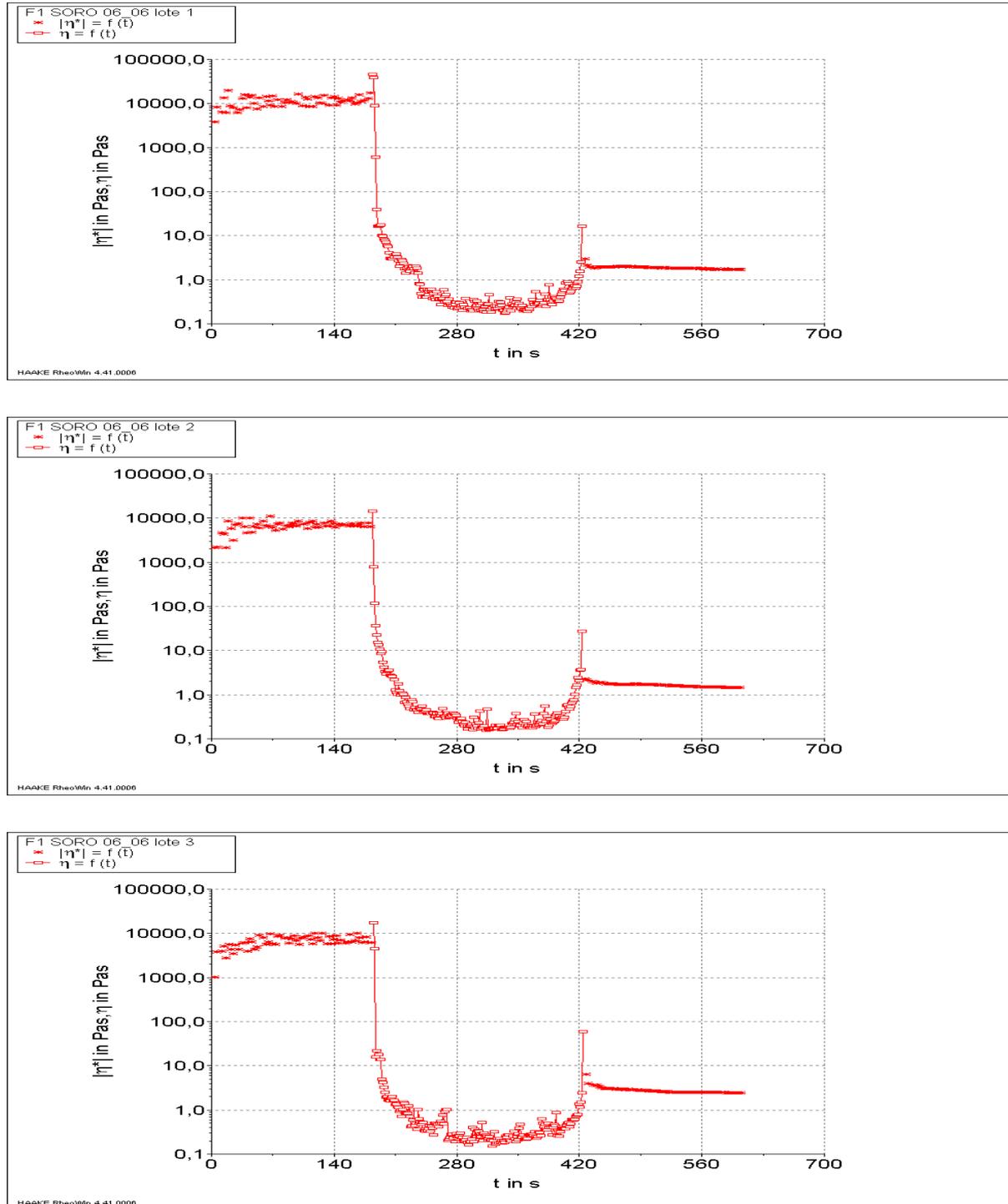


Figura 21 – Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F2 (leite desnatado em pó)

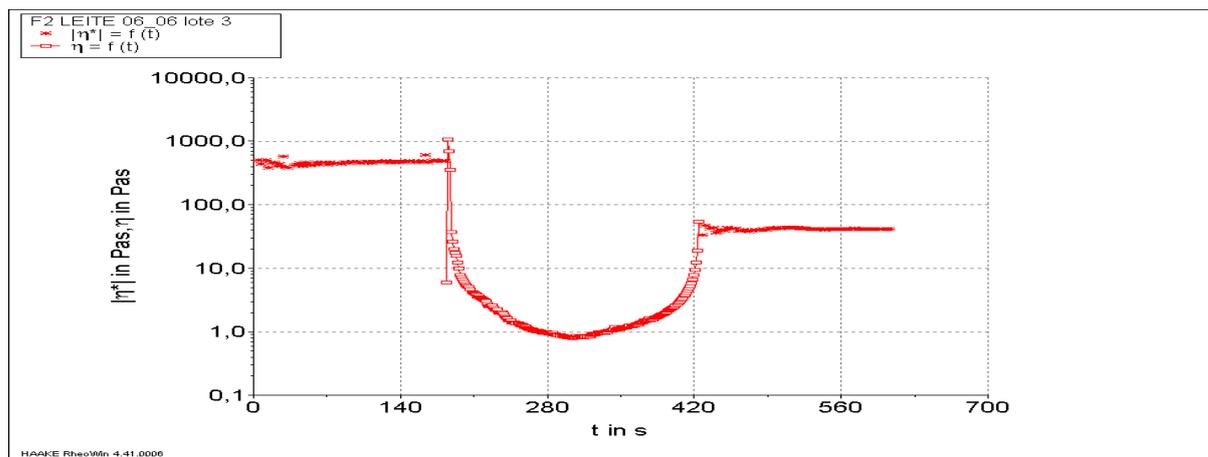
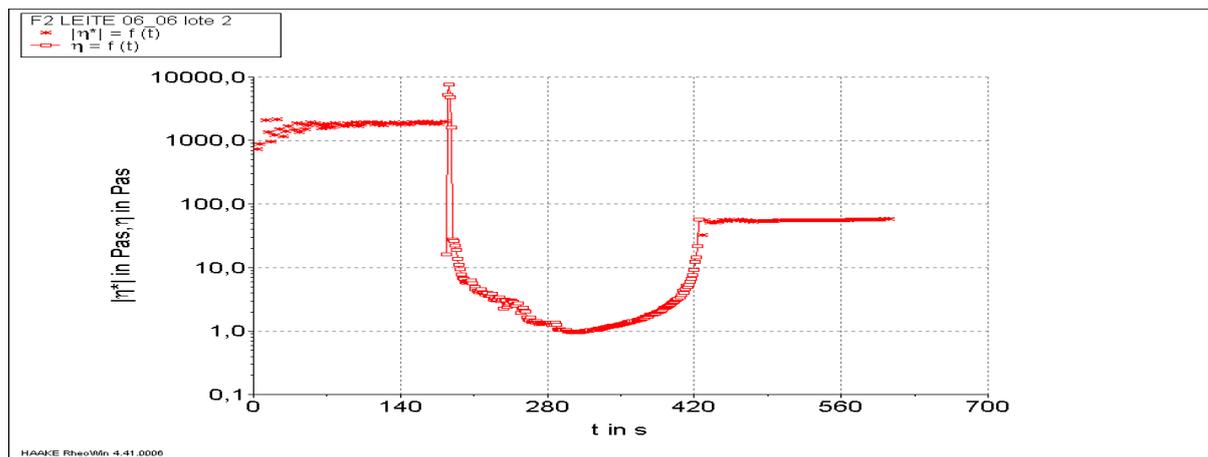
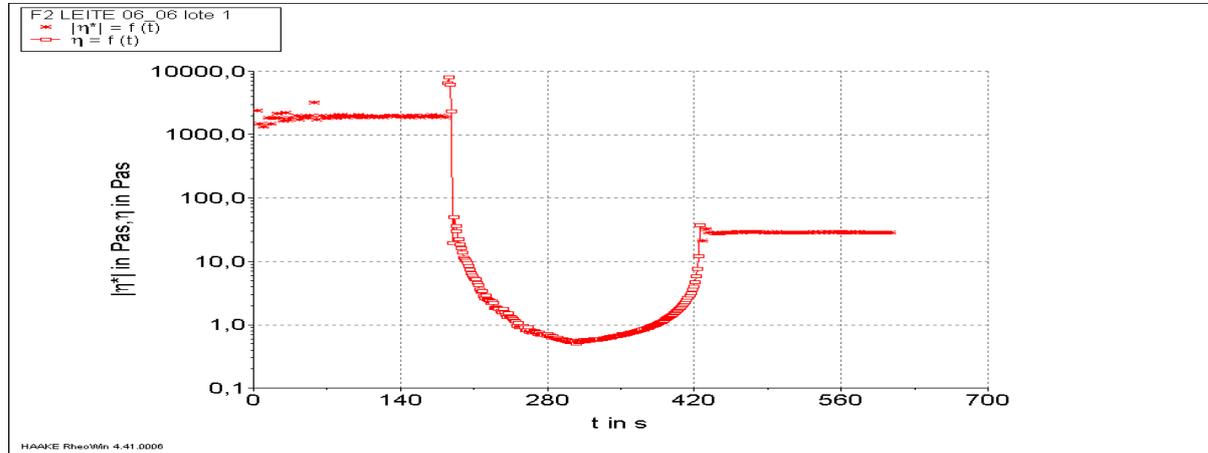


Figura 22 – Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

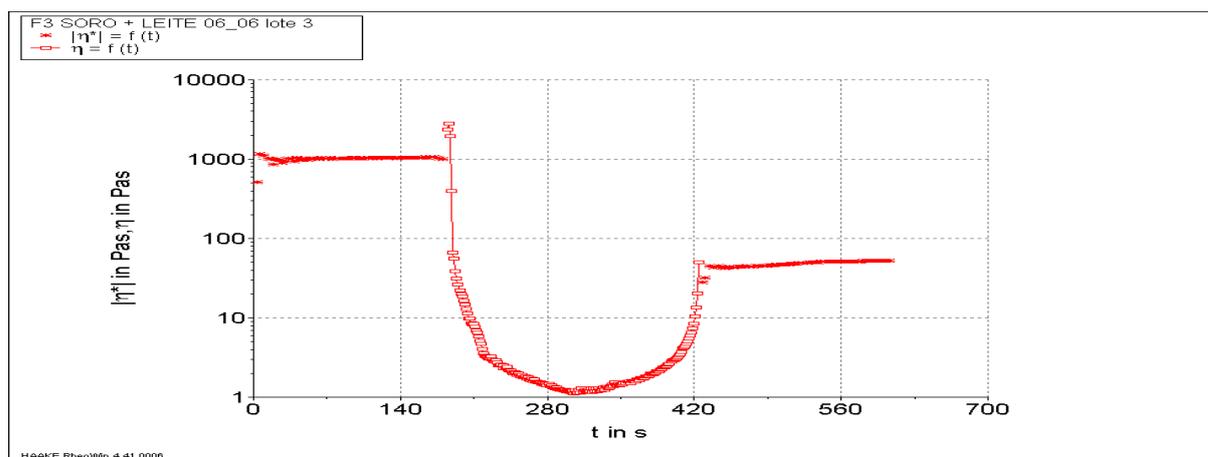
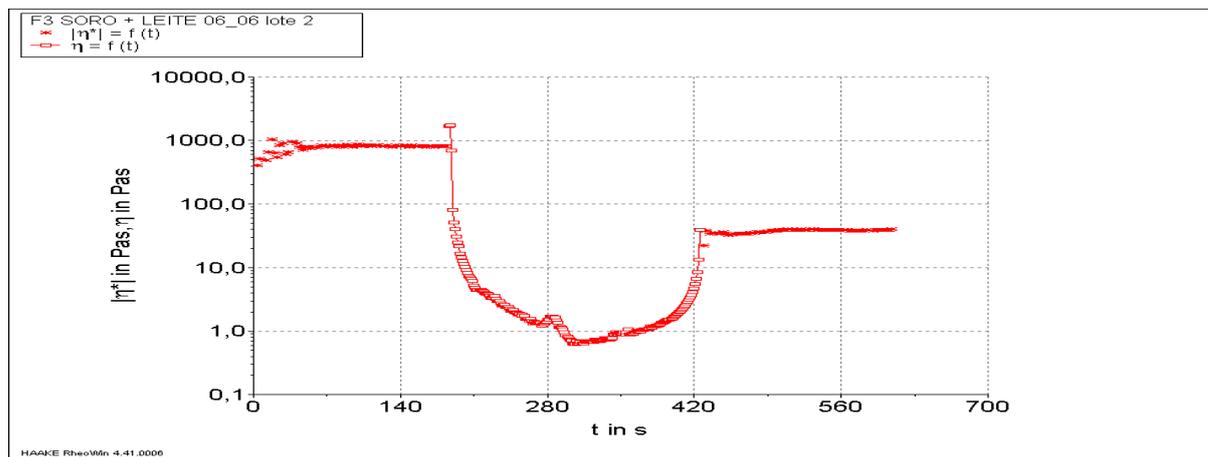
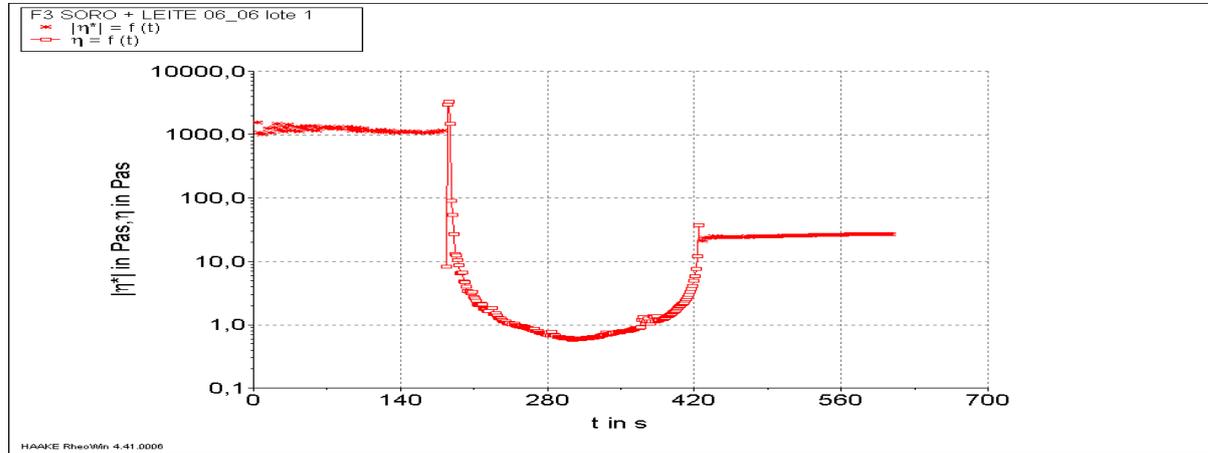


Figura 23 – Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da maionese comercial Liza Light

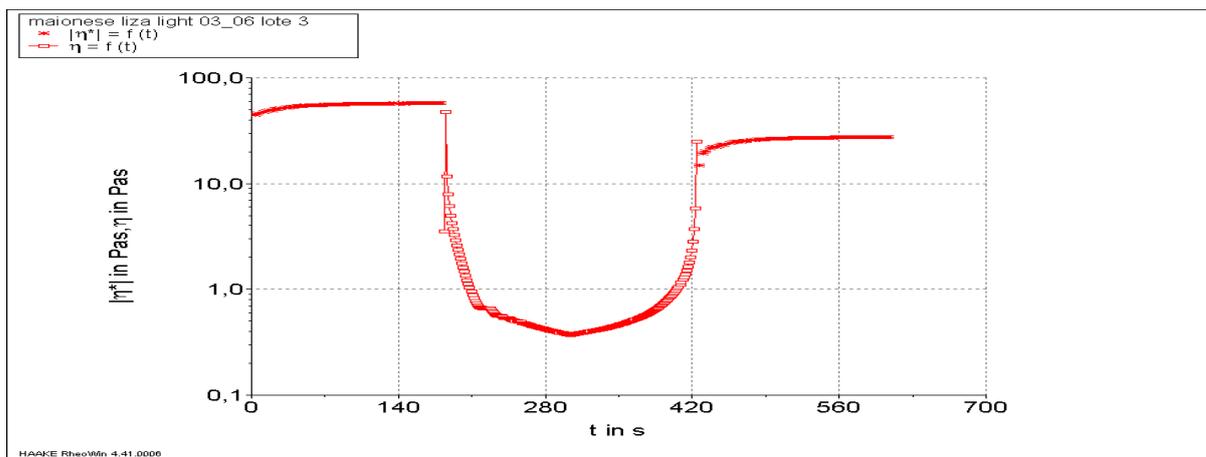
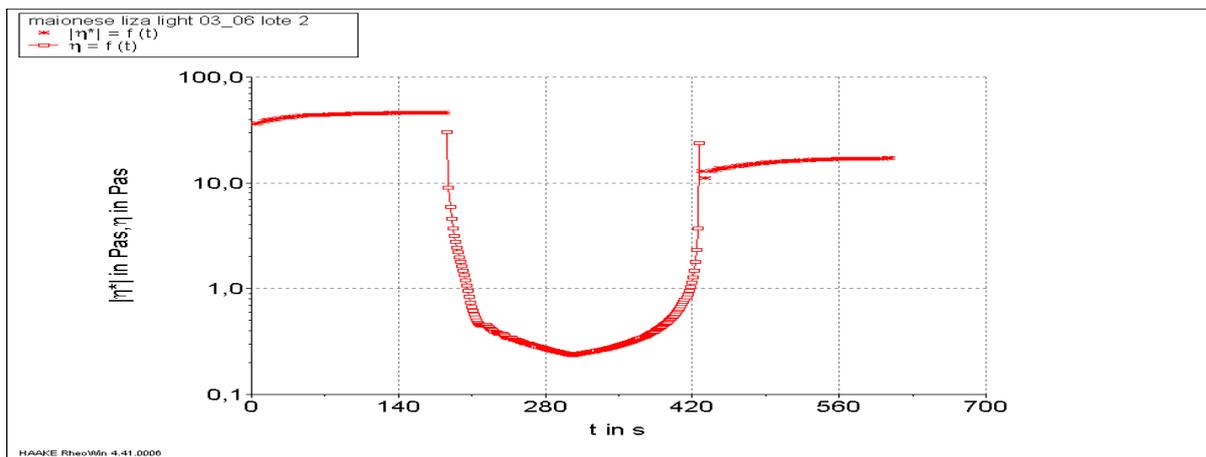
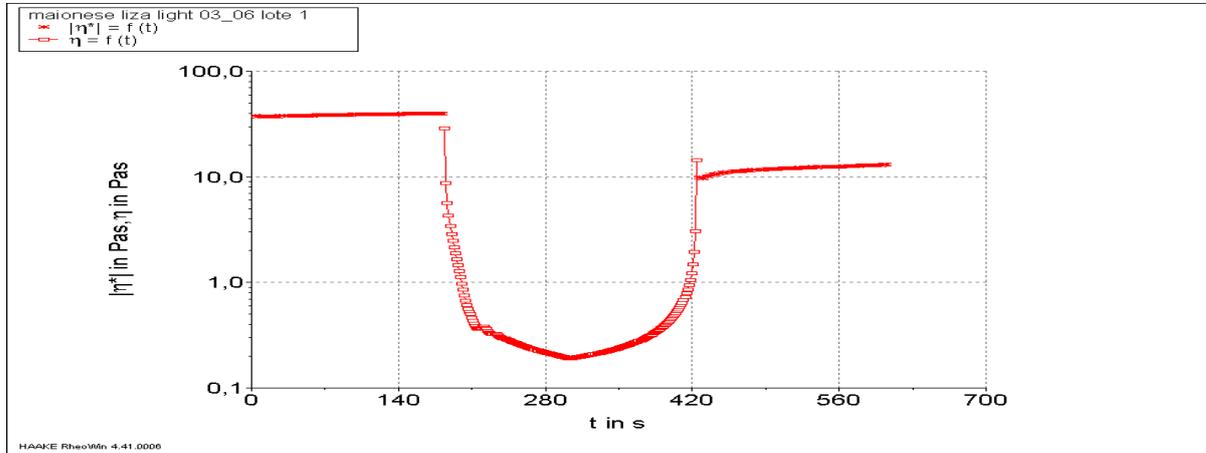
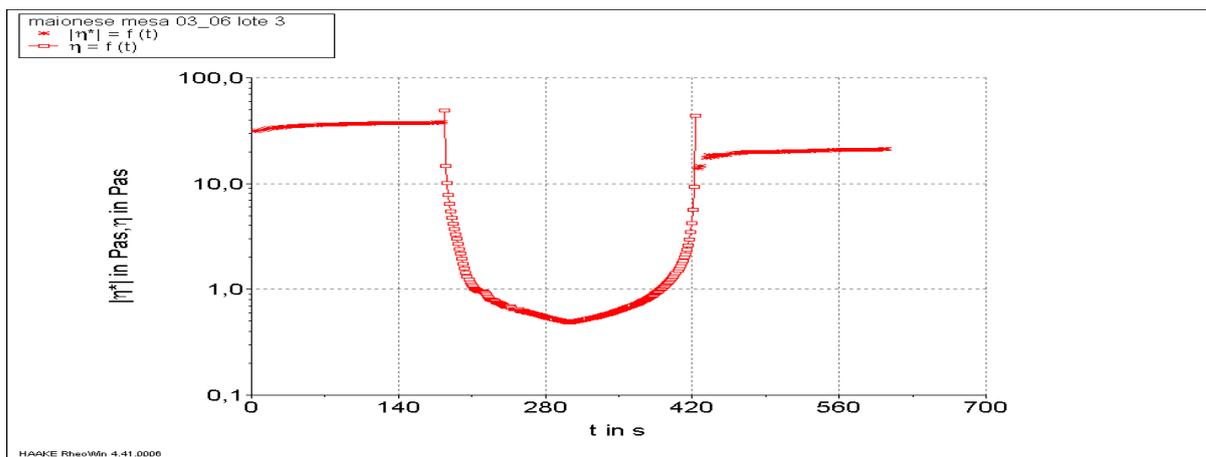
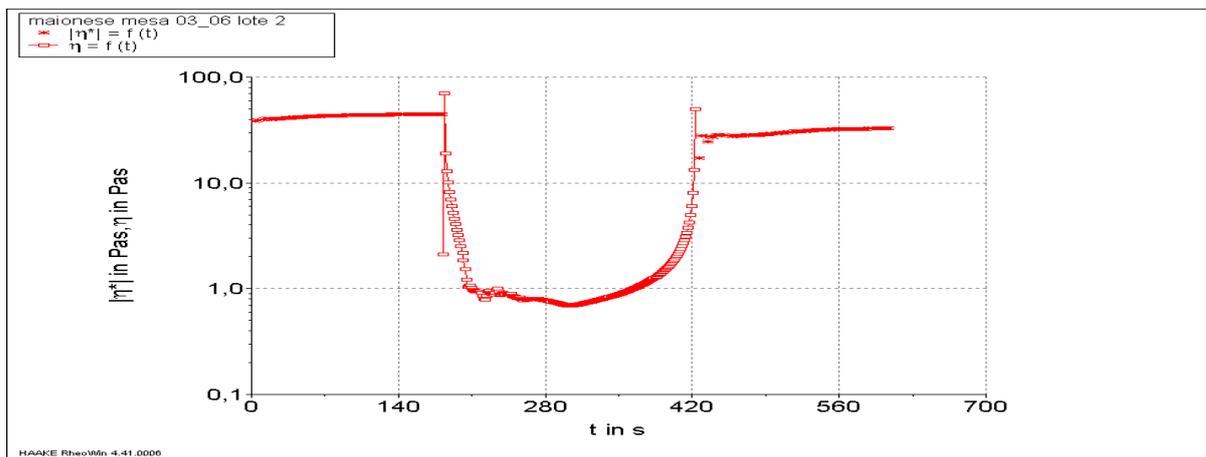
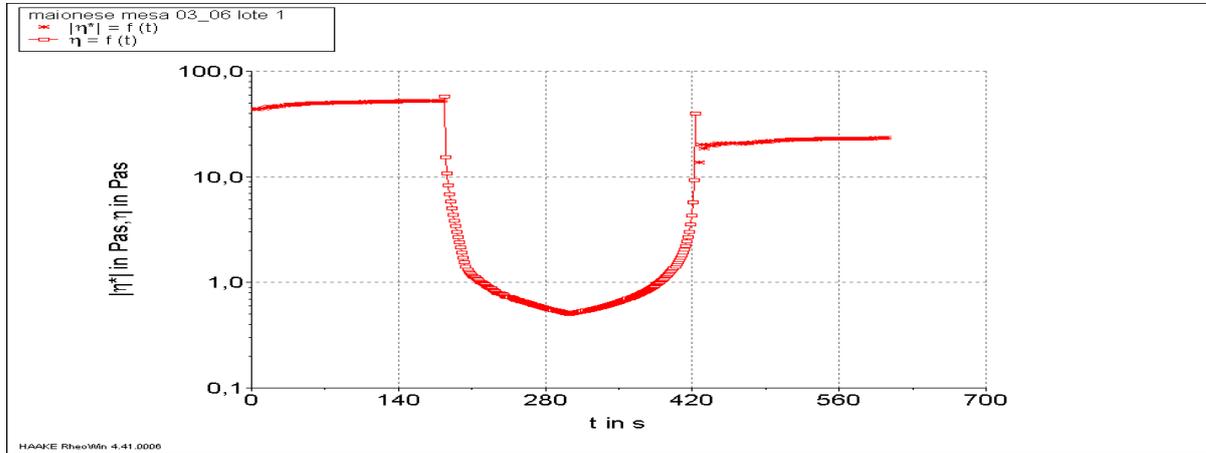


Figura 24 – Curvas de avaliação reológica oscilatória e rotacional da maionese comercial Mesa



É possível observar que a análise reométrica as formulações F2 e F3 apresentaram resultados semelhantes entre si, porém esses resultados são diferentes daqueles apresentados na viscosidade da maionese Liza *Light* e Mesa.

Dessa forma, a proteína do leite, mesmo com a ajuda de um hidrocoloide (goma xantana) para estruturar a emulsão, não apresenta resultados semelhantes aos resultados obtidos em maioneses comerciais.

As maioneses comerciais apresentaram melhor recuperação estrutural, tixotropia, do que as formuladas, pois os platôs inicial e final estão em valores mais próximos. A formulação F1 (soro de leite em pó) foi a que apresentou pior recuperação dentre as formuladas, não podendo ser caracterizada como uma estrutura de emulsão do tipo maionese em relação aos resultados reológicos comparativos.

Tais resultados evidenciaram o fato de que as proteínas do leite desnatado em pó e do soro de leite em pó não apresentam as mesmas características reológicas para formação de emulsão do tipo maionese quando comparadas ao uso da proteína do ovo como agente emulsificante, principalmente as proteínas do soro de leite em pó as quais possuem uma capacidade inferior às demais proteínas em sua capacidade de formação de uma emulsão.

4.7. Informações nutricionais calculadas

Os resultados do cálculo da tabela nutricional das amostras, tem a finalidade de evidenciar os valores obtidos para cada formulação das quantidades de proteínas e lipídeos. A informação nutricional contida no rótulo têm como função a orientação ao consumidor sobre os constituintes dos alimentos, auxiliando em escolhas alimentares saudáveis (CAVADA et al., 2012).

A rotulagem nutricional é descrita como a informação destinada a informar o consumidor sobre as propriedades nutricionais de um alimento, evidenciando o valor energético e os principais nutrientes, sendo que tais informações devem estar evidentes e que sejam compreendidas por parte do consumidor (SOUZA et al., 2011).

De acordo com os resultados encontrados na análise das formulações deste trabalho, Quadros 1 a 3, ficou evidente que os valores de energia são aproximados para as três formulações (F1, F2 e F3), variando 1172 kcal/200g a 1234 kcal/200g. Esse fato pode ser explicado pela quantidade de óleo vegetal utilizada na preparação das emulsões.

Outro ponto a ser analisado é o perfil proteico. Proteínas podem ser encontradas em maior quantidade na formulação F2 (2,8 g/200 g), sendo que o valor obtido na formulação F1 (0,4 g/200 g) é cerca de sete vezes menor, podendo inferir que os aminoácidos e peptídeos de cadeia curta não entraram na contagem da quantidade de proteínas. Além disso, vale ressaltar mais dois elementos nutricionais cujos resultados são diferentes entre as formulações. Os carboidratos, representado pelo açúcar do leite, está mais presente na formulação F2, uma vez que o agente emulsificante é basicamente o leite desnatado em pó desnatado, quando comparado com a formulação F1 a base de soro de leite em pó, com valor aproximadamente quatro vezes menor. O sódio está aproximadamente quatro vezes mais presente na formulação F1 (8,9 mg/200 g) quando comparado com a F2 (2,2 mg/200 g), apontando a característica do soro de leite em pó ser rico em sais minerais e comparado ao leite apresenta quantidades e tipos diferentes de proteínas.

Quadro 1 – Informação nutricional calculada da formulação F1 (soro de leite em pó)

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
200 g		
	quantidade na formulação	%VD
Valor Energético	1172 kcal = 4899 kJ	59
Carboidratos	11,0 g	4
Proteínas	2,0 g	2,5
Gorduras Totais	132,0 g	240
Fibra Alimentar	0 g	0
Sódio	97 mg	4

Quadro 2 – Informação nutricional calculada da formulação F2 (leite desnatado em pó)

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
200 g		
	quantidade na formulação	%VD
Valor Energético	1234 kcal = 5159 kJ	62
Carboidratos	4,3 g	1
Proteínas	2,8 g	4
Gorduras Totais	136 g	248
Fibra Alimentar	0,2 g	1
Sódio	2,2 mg	0

Quadro 3 – Informação nutricional calculada da formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
200 g		
	quantidade na formulação	%VD
Valor Energético	1234 kcal = 5159 kJ	2,5
Carboidratos	7,0 g	3
Proteínas	2,5 g	4
Gorduras Totais	136,0 g	248
Fibra Alimentar	0,1	1
Sódio	40 mg	2

4.8. Resultados do Índice de Estabilidade

O índice de estabilidade (ESI) das formulações feitas com óleo vegetal e proteínas do soro do leite em pó e leite desnatado em pó apresentaram valores que evidenciaram uma desestabilização após o período das quatro semanas de armazenamento sob temperatura constante de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Os resultados estão apresentados na Tabela 11, sendo que a formulação F1, contendo apenas soro de leite em pó, apresentou melhor resultado de estabilidade comparado com a formulação F2. Diferente do que foi apresentado nos resultados de Kupongsak e Sathitvorapojjana (2017), que formulações contendo uma mistura de óleos de coco e de arroz apresentaram ESI em 100%.

O limite de consumo para maionese após aberta a embalagem é de até 3 meses sob refrigeração, para manutenção de suas propriedades.

Tabela 11 – Resultado do ESI após 30 dias de armazenamento sob temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

FORMULAÇÕES		ESI
		Resultado
FORMULAÇÕES	F1	97,5%
	F2	87,5%
	F3	92,5%

F1 (soro de leite em pó), F2 (leite desnatado em pó), F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)

Os resultados descritos na Tabela 11 representam o ESI após o término do período de armazenamento. É de grande importância relatar que enquanto não foi

detectada a presença visual de microrganismos, o ESI das três formulações foi de 100%, evidenciando a estabilidade da emulsão a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Todavia, foi detectada visualmente a presença de microrganismos durante o período de armazenamento do produto a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, na metade da segunda semana. Tal observação, acompanha aproximadamente o resultado descrito no item 4.1 (Testes-Piloto) em relação ao aparecimento de microrganismos em ambientes com $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de refrigeração.

Provavelmente, a presença visual dos microrganismos pode ter alterado a acidez da formulação favorecendo a coagulação das proteínas do leite, uma vez que essas moléculas sofrem coagulação mais facilmente em relação as moléculas de proteínas do soro de leite.

Os resultados descritos por Kupongsak e Sathitvorapojjana (2017), não informam a respeito de presença ou não de microrganismos ao final ou durante o período de armazenamento das amostras, sendo que essa presença pode ser um forte indicador de desestabilização do meio das formulações.

4.9. Análise térmica

As emulsões de óleo em água (O/A) são termodinamicamente sistemas instáveis (ISHIBASHI; HONDOH; UENO, 2016). Sendo que muitas emulsões desse tipo, como a maionese, são congeladas com o intuito de melhorar a vida útil de prateleira do produto (DEGNER et al., 2013). Na análise por DSC as diferenças no fluxo de calor na substância e referência são medidas como uma função da temperatura de amostra.

Os resultados obtidos das formulações F1, F2, e F3 estão ilustrados nas Figuras 25, 26 e 27 respectivamente.

Figura 25 – Curva da análise térmica por DSC (*Diferencial scanning calorimeter*) para a formulação F1 (soro de leite em pó)

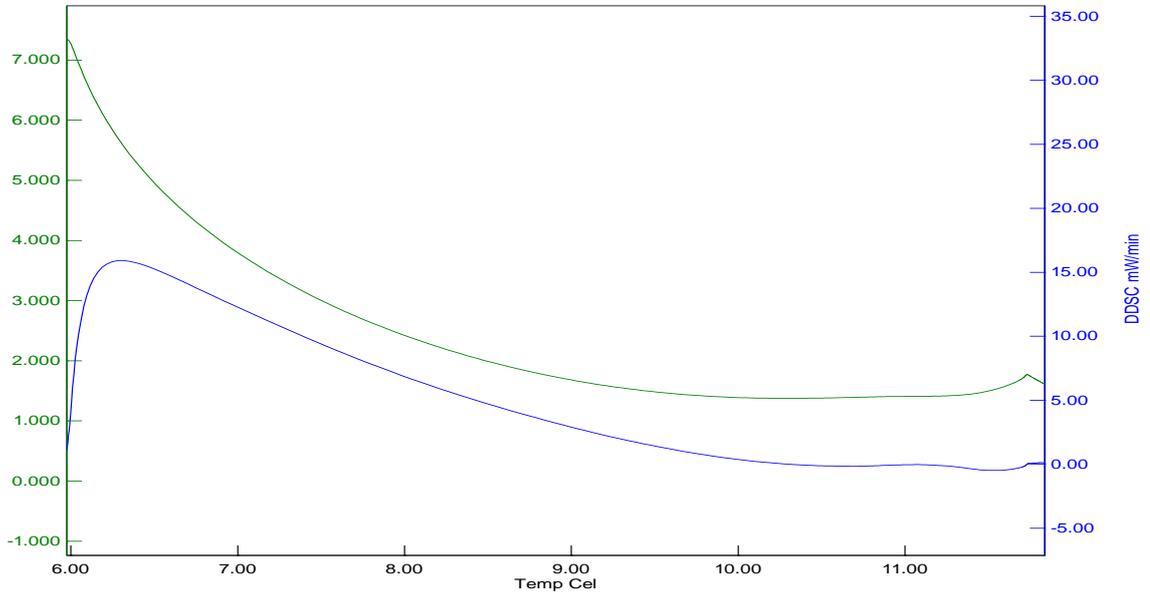


Figura 26 – Curva da análise térmica por DSC (*Diferencial scanning calorimeter*) para a formulação F2 (leite desnatado em pó)

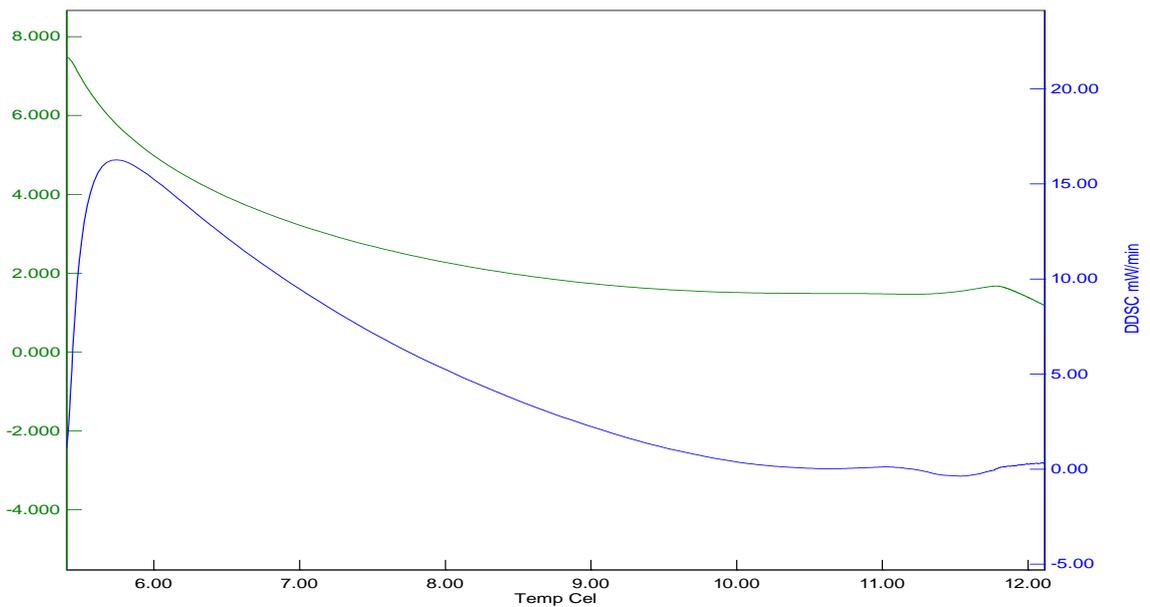
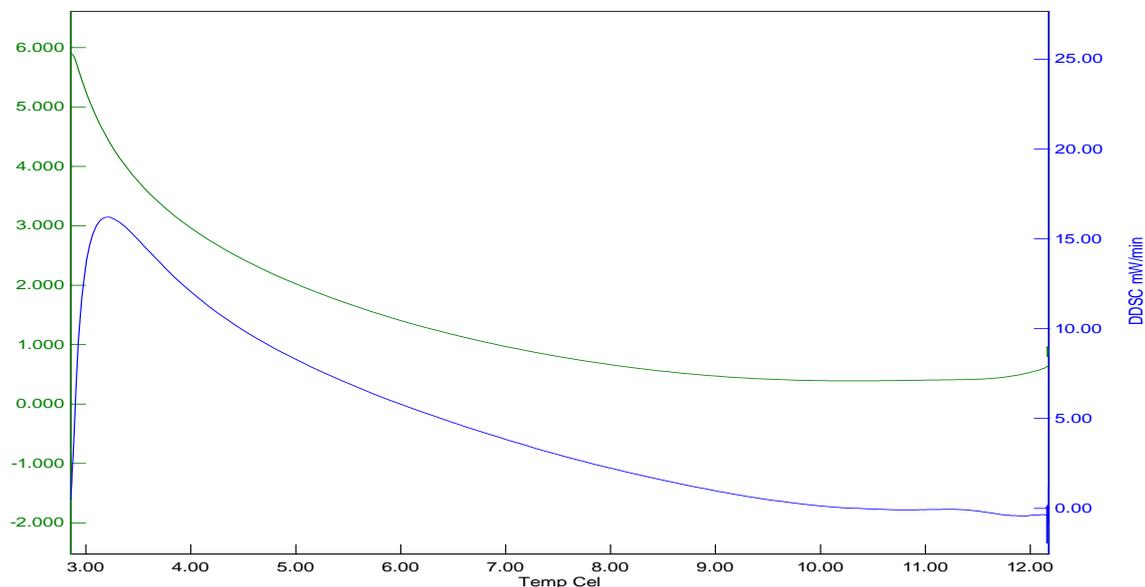


Figura 27 – Curva da análise térmica por DSC (*Diferencial scanning calorimeter*) para a formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó)



Analisando os resultados, é possível observar que para as três amostras há a presença de um pico exotérmico (curva azul). Os eventos exotérmicos (liberação de calor latente) ocorreram em temperaturas diferentes para cada formulação, sendo F1 (entre 6°C e 7°C), F2 (entre 5°C e 7°C) e F3 (entre 3°C e 4°C), apontando mais rápida cristalização da estrutura da amostra F3 (ligação lipídeo-proteína), também observada pelo decaimento e valores da curva, menores para a formulação F3. A taxa de resfriamento utilizada na cristalização do material afeta diretamente a forma, a altura e a energia do pico exotérmico no DSC.

Eventos exotérmicos podem ser: cristalização, reações de polimerização, cura, oxidação, degradação oxidativa, adsorção, entre outros. As transições de segunda ordem caracterizam-se pela variação de capacidade calorífica, porém sem variações de entalpia. Assim, estas transições não geram picos nas curvas de DSC, apresentando-se como um deslocamento da linha base em forma de S. Exemplos característicos são a transição vítrea e relaxações de tensões térmicas da cadeia polimérica.

Quando a emulsão do tipo maionese é armazenada em temperaturas negativas, como -20°C , a cristalização da água e gordura pode influenciar de maneira significativa a estabilidade do gelo e degelo da emulsão (DEGNER et al., 2014; GOSH; COUPLAND, 2008).

De acordo com Ishibashi, Hondoh e Ueno (2016), a entalpia de fusão aumenta com o tempo de armazenamento, indicando uma transformação polimórfica dos cristais de óleo de soja, além disso, foi confirmado um aumento no ponto de fusão dos cristais de óleo durante o armazenamento e uma transformação polimórfica dos cristais de óleo. Dessa forma, o ponto de fusão é alterado para temperaturas mais altas com tempo de armazenamento mais longo e havendo uma transformação polimórfica na emulsão, a emulsão torna-se significante desestabilizada.

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos foi possível verificar que tanto o soro de leite em pó como o leite desnatado em pó apresentaram características de agente emulsificante, com diferenças na capacidade emulsificante.

Os testes realizados evidenciam que a textura e os resultados reológicos obtidos na formulação F1 (soro de leite em pó) não atingiram os padrões de maionese comerciais, todavia os resultados obtidos pela formulação F2 (leite desnatado em pó) atingiram padrões equivalentes a produtos comercializados assim como a formulação F3 (soro de leite em pó + leite desnatado em pó) a qual se equiparou aos padrões de maionese classificadas como *light* nos quesitos de textura e reologia.

Os resultados das análises de atividade de água confirmaram que, por se tratar de uma emulsão óleo em água, as formulações apresentaram valor elevado de A_w , sem grandes variações ao longo dos 30 dias de avaliação. Os conservantes em pó (alho em pó e mostarda em pó) utilizados favoreceram a coloração das formulações, tornando-as mais próximas da cor de uma maionese comercial, pH na faixa da neutralidade, assegurando aos produtos vida útil de 30 dias em temperatura de refrigeração.

É possível usar uma mistura de leite desnatado em pó com soro de leite em pó para favorecer a textura e reologia de emulsões para maionese, além de obter benefícios como ausência de teor de colesterol e presença de aminoácidos e peptídeos.

6. REFERÊNCIAS

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J.. Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition. **European Food Research Technology**, v. 227, n. 4, p. 1215-1223, 2008.

ALVAREZ-SABATEL, S.; MARANÓN, I.; ARBOLEYA, J. C.. Impact of high pressure homogenisation (HPH) on inulin gelling properties, stability and development during storage. **Food Hydrocolloids**, v.44, p.333-344, 2015.

ALVES, M. P; MOREIRA, R. O.; JÚNIOR, P. H. R.; MARTINS, M. C. F.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F.. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.

AMARAL, M. T.; VIANA, C. E.; ARANHA, B. C.; EPPING, N. C.; PRESTES, O. D.; AUGUSTI, P. R.. Sistema Cielab para avaliação da cor de produtos cárneos. **Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Bajé. v. 4, 2012.

ARAÚJO, J. M. A.. **Química de Alimentos: teoria e prática**. Viçosa: editora UFV. 1995. 335 p.

BENGOECHEA, C; ROMERO, A.; CORDOBÉS, F.; GUERRERO, A.. Rheological and microstructural study of concentrated sunflower oil in water emulsions tabilized by food proteins. **Grasas y Aceites**, v. 59, n. 1, 62-68, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n° 360, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. DOU 26/12/2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n° 276, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. DOU 23/09/2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n° 4, de 15 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. DOU, 15/09/2005.

BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A.. **Reologia de Polímeros Fundidos**. São Carlos, Editora da UFSCar. 2000. 257 p.

CAVADA, G. S.; PAIVA, F. F.; HELBIG, E.; BORGES, L. R.. Rotulagem nutricional: você sabe o que esta comendo?. **Brazilian Journal of Food Technology**. IV SSA, p. 84-88, maio-2012.

CHANG, C.; LI, J.; LI, X.; WANG, C.; ZHOU, B.; SU, Y.; YANG, Y.. Effect of protein microparticle and pectin on properties of light mayonnaise. **LWT Food Science and Technology**, v.82, p. 8-14, 2017.

CHIVERO, P.; GOHTANI, S.; YOSHII, S.; NAKAMURA, A.. Assessment of soy soluble polysaccharide, gum arabic and OSA-Starch as emulsifiers for mayonnaise-like emulsions. **LWT Food Science and Technology**, p. 59-66, 2016.

CHO, K. S.; HYUN, K.; AHN, K. H.; LEE, S. J.. A geometrical interpretation of large amplitude oscillatory shear response. **Food Rheology**, v. 49, n.3, p. 747-58, 2005.

COUPLAND, J. N.; MCCLEMENTS, D. J.. Lipid oxidation in food emulsions. **Trends in Food Science and Technology**, p. 83-91, 1996.

DEGNER, B. M.; OLSON, K. M.; ROSE, D.; SCHELEGEL, V.; HUTKINS, R.; MCCLEMENTS, D. J.. Influence of freezing rate variation on the microstructure and physicochemical properties of food emulsions. **Journal of Food Engineering**, v.119, n.2, p. 244-253, 2013.

DEGNER, B. M.; CHUNG, C.; SCHLEGEL, V.; HUTIKINS, R.; MCCLEMENTS, D. J.. Factors influencing the freeze-thaw stability of emulsion-based foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.13, p. 98-113, 2014.

DEPREE, J. A.; SAVAGE, G. P.. Physical and flavour stability of mayonnaise. **Trends in Food Science and Technology**, p. 157-163, June- 2001.

Di MATTIA, C.; BALESTRA, F.; SACCHETTI, G.; NETI, L.; MASTROCOLA, D.; PITTIA, P.. Physical and structural properties of extra-virgin olive oil based mayonnaise. **LWT - Food Science and Technology**, v.62, n.1, p.764-770, 2015.

DRAKE, M. A. Sensory analysis of dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 11, p. 4925-4937, 2007.

ENDO, E.; BROGES, V.; DAIUTO, E. R.; Pascoli CEREDA, M.; AMORIM, E.. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edullis f. favicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. Title 21 – Food and Drugs, Chapter I – Food and Drug Administration Department of Health and Human Services, Subchapter B – Food For Human Consumption, Part 169 – Food Dressings and Flavorings, Subpart B – Requirements for Specific Standardized Food Dressings and Flavorings Sec. 169.140 **Mayonnaise**, Revised as of April 1, 2019.

FILOCAMO, A.; NUENO-PALOP, C.; BISIGNANO, C.; MANDALARI, G.; NARBAD, A.. Effect of garlic powder on the growth of commensal bacteria from the gastrointestinal tract. **Phytomedicine**, v. 19, n.8-9, p. 707-11, 2012.

GOSH, S.; COUPLAND, J. N.. Factors affecting the freeze-thaw stability of emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 105-111, 2008.

GUEDES, P. V.. **Caracterização reológica e ultraestrutural de géis produzidos à base de caseinomacropéptido**. Dissertação de Mestrado – Programa de Engenharia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 135 p., 2012.

HAMARSLAND, H.; NORDENGEN, A. L.; AAS, S. N.; HOLTE, K.; GARTHE, I.; PAULSEN, G.; COTTER, M.; BORSHEIM, E.; BNESTAD, H. B.; RAASTAD, T.. Native whey protein with high levels of leucine results in similar post-exercise muscular anabolic responses as regular whey protein: a randomized controlled trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.14, n.43, 2017 (open access).

HERAS-MOZOS, R.; MURIEL-GALET, V.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; CATALA, R.; HERNÁNDEZ-MUNOZ, P.; GAVARA, R.. Development and optimization of antifungal packaging for sliced pan loaf based on garlic as active agent and bread aroma as aroma corrector. **International Journal of Food Microbiology**, v. 90, p. 42-48, 2018.

HONEY, H. C.; PRETORIUS, W. A. Laminar Flow Pipe Hydraulics of Pseudoplastic-Thixotropic Sewage Sludges. **Water SA**, v.26, n.1, p.19-26, 2000.

HORITA, C. N.; FARIAS-CAMPOMANES, A. M.; ESMERINO, E. A.; GOMES DA CRUZ, A.; BOLINI, H. M. A.; MEIRELES, M. A. A.; POLLONIO, M. A. R.. The antimicrobial, antioxidant and sensory properties of garlic and its derivatives in Brazilian low-sodium frankfurters along shelf-life. **Food Research International**, v. 84, p. 1-8, 2016.

HOSHINO, T.. Analysis of viscosity measurements obtained using the short back extrusion method. Part 2: Verification of short back extrusion in viscometry. **Journal of the Texture Studies**, v. 51, p. 214–224, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Industrial Annual – Produto. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=resultados>. Acesso em 07 novembro, 2019.

IGNÁCIO, R. M. **Comportamento reológico de emulsões tipo maionese**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. 72 p.

IGNÁCIO, R. M.; LANNES, S. C. S.. Rheological characterization and texture of commercial mayonnaise using back extrusion. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4262-4268, 2013.

ISHIBASHI, C.; HONDOH, H.; UENO, S.. Influence of morphology and polymorphic transformation of fat crystals on the freeze-thaw stability of mayonnaise-type oil-in-water emulsions. **Food Research International**, v. 89, p. 604-612, 2016.

KUPONGSAK, S.; SATHITVORAPOJJANA, S.. Properties and Storage Stability of O/W Emulsion Replaced with Medium-Chain Fatty Acid Oil. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 67, n. 2, p. 107-115, 2017.

JAEGER, J. **Produção de Maionese**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Curso de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2012. 160 p.

JANSSEN, M.; GEERAERD, A. H.; CAPPUYNS, A.; GARCIA-GONZALEZ, L.; VAN HOUTEGHEM, N.; VERRECKEN, K. M.; DEBEVERE, J.; DEVLIEGHERE, F.. Individual and combined effects of pH and lactic acid concentration on *Listeria innocua* inactivation: development of a predictive model and assessment of experimental variability. **Applied and environmental Microbiology**, v. 73, p. 1601-1611, 2007.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. ed. 7, Springer, EUA, 2005. 751 p.

JIANG, S.; HUSSAIN, M. A.; CHENG, J.; JIANG, Z.; GENG, H.; SUN, Y.; HOU, C.. Effect of heat treatment on physicochemical and emulsifying properties of polymerized whey protein concentrate and polymerized whey protein isolate. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 134-140, 2018.

JIN, Y.; TANG, J.; SABLANI, S. S.. Food component influence on water activity of low-moisture powders at elevated temperatures in connection with pathogen control. **LWT - Food Science and Technology**, v. 112, pp. 108257, 2019.

LABANDA, J.; PILAR, M.; LLORENS, J. Rheological model to predict the thixotropic behaviour of colloidal dispersion. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 249, n.1-3, p. 123-126, 2004.

LANEUVILLE, S. L.; TURGEON, P.. Changes in the physical properties of xanthan gum induced by a dynamic high-pressure treatment. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, n.2, p. 2327-36, 2013.

LEE, H.; OH, Y. A.; MIN, S. C.. Prediction of the coating requirements for smoked salmon protection against *Listeria monocytogenes* using a defatted mustard meal-based antimicrobial edible film containing thiocyanates. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 231-237, 2015.

LI, Y.; LIUNJIN, LI.; KHALIL, K. A.. Effect of powder loading on metal injection molding stainless steel. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 183, p. 432-439, 2007.

LIU, H., XU, X. M.; GUO, S. D.. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n.6, p. 946-954, 2007.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P.. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos Tecnológicos**, v. 5, n 1, p. 50-67, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa n° 16, Brasília, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Relatórios de produtos por UF, Brasília, 2017.

MARTEN, B.; PFEUFFER, M.; SCHREZENMEIR, J.. Medium-chain triglycerides. **International Dairy Journal**, n. 16, p. 1374-1382, 2006.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 7 ed., Boston: McGraw-Hill, 2005. 1113 p.

MARTINS, N. S; FERREIRA, E. B.; PIEDADE, S. M. S; LUCIA, F. D.. Shelf life prediction for Non-accelerated Studies (SheNon) applied to minimally processed eggplant. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 4, p. 592-595, 2016.

MAY-MASNOU, A.; RIBÓ-BESOLÍ, J.; PORRAS, M.; MAESTRO, A.; GONZÁLEZ, C.; GUTIÉRREZ, J. M.. Scale-up model obtained from the rheological analysis of highly concentrated emulsions prepared at three scales. **Chemical Engineering Science**, v. 111, p. 410-420, 2014.

MCCLEMENTS, D. J. **Food emulsions; principles, practice and techniques**. 3rd ed., Boca Raton: CRC Press, 1999. 690 p..

MCCLEMENTS, D. J.. Colloidal basis of emulsion color. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 7, n. 5-6, p. 451-455, 2002.

MCGREGOR, R. A.; POPPITT, S. D.. Milkprotein for improved metabolic health: a review of the evidence. **Nutrition & Metabolism**, v. 10, n. 1, p. 46, 2013.

MEDEIROS, K. C.; DEODATO, J. N. V.; MARTINS, S. S.; SEVERO, D. S.; ARAÚJO, A. S.. Qualidade de leite em pó comercializados em Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 50-53, 2014.

MIELE, N. A.; DI MONACO, R.; CAVELLA, S.; MASI, P.. Effect of meal accompaniments on acceptability of a walnut oil-enriched mayonnaise with and without a health claim. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 5, p. 470-477, 2010.

MEWIS, J.; WAGNER, N. J.. **Colloidal suspension rheology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012, 393 p.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Tokyo, 1998. 59 p.

MIRHOSSEINI H., TAN C. P., HAMID N. S. A., YUSOF S.. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil content on potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. **Colloids Surface A: Physicochemical Engineering Aspects**, v.315, n.1-3, p. 47–56, 2008.

MOURA, S. I. B.. **Aplicação de conservantes alimentares para controle da contaminação por *Listeria spp.* e bolores em queijos**. Dissertação de Mestrado, Ciências Exactas, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011. 74 p.

MUJUMDAR, A.; BERIS, A. N.; METZNER, A. B.. Transient phenomena in thixotropic systems. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics**, v. 102, p. 157-178, 2002.

MUN, S.; KIM, Y.-L.; KANG C,-G.; PARK, K,-H.; SHIM, J,-Y.; KIM, Y.,-R.. Development of reduced-fat mayonnaise using 4alfagtase-modified rice starch and xantahn gum. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 44, n. 5, p. 400-407, 2009.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R.. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 592-598, 2008.

PATIL, U.; BENJAKUL, S.. Physical and Textural Properties of Mayonnaise Prepares Using Virgin Coconut Oil/Fish Oil Blend. **Food Biphysics**, v. 14, p. 260-268, 2019.

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L.. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de sucos vitaminados. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.10, n.1, p. 103-114, 2008.

PEREIRA, I. O.. **Análise e otimização do processo de ultrafiltração do soro de leite para a produção de concentrado protéico**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009. 62 p.

PIRES, M. H.. Alternativas para o aproveitamento do soro. **Revista Indústria de Laticínios**, n. 84, p. 24-29, 2010.

RAO, A. M. **Rheology of fluid and semisolid fluids: principles and applications**. Gaithersburg: Aspen Publication Inc., 1999. 447 p.

RAHMATI, K.; TEHRANI, K.; DANESHVAR.. Soy milk as an emulsifier in mayonnaise: Physico-chemical, stability and sensory evaluation. **Food Science Technology**, v. 51, p. 3341-3347, 2014.

REIS, J. P. M. **Desenvolvimento de Novas Formulações de Maionese Tradicional, Light e Fat-Free**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa-Portugal, 2013. 84 p.

REYES-JURADO, F.; CERVANTES-RINCÓN, T.; BACH, H.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.. Antimicrobial activity of Mexican oregano (*Lippia berlandieri*), thyme (*Thymus vulgaris*), and mustard (*Brassica nigra*) essential oils in gaseous phase. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 90-95, 2019.

SAHA, P.; BANERJEE, S.. Optimization of process parameters for vinegar production using banana fermentation. **International Journal of Research in Engineering and Technology**. v. 2. n. 9., 501-514, 2013.

SHARMA, A.; JANA, A. H.; CHAVAN, R. S.. Functionality of Milk Powders and Milk-Based Powders for End Use Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, p. 518-528, 2012.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience, 2000. 368 p.

SILVA, J. P. L.. **Avaliação da ação de antimicrobianos naturais no controle de *Salmonella Enteritidis* em salada de legumes com maionese**. Tese para obtenção de Doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 90 p.

SILVA, N. N.; CASANOVA, F.; PINTO, M. S.; CARVALHO, A. F.; GAUCHERON, F.. Micelas de caseína: dos monômeros à estrutura supramolecular. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018185, 2019.

SOUZA, S. F. C.; LIMA, K. C.; MIRANDA, H. F.; CAVALCANTI, F. I. D.. Utilização da informação nutricional de rótulos por consumidores de Natal. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 29, n. 5, p. 337-343, 2011.

SOZER, N.; KOKINI, J. L.. **Rheological instruments in food analysis**. In: OTLES. S. Handbook of analysis instruments. CRC Press. United States of America, c. 21, 2008. p. 461-494.

SPENCE, C.. On the changing colour of food & drink. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 17, 100161, 2019.

STEFFE, J. F.. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2° Ed., East Lansing, Michigan State, USA: Freeman Press, 1996. 418 p.

SUN, C.; LIU, R.; LIANG, B.; WU, T.; SUI, W.; ZHANG, M.. Microparticulated whey protein-pectin complexes: A texture-controllable gel for low-fat mayonnaise. **Food Research International**, v. 108, p. 151-160, 2018.

SUN, X. M.; WANG, C. N.; GUO, M. R.. Interactions between whey protein or polymerized whey protein and soybean lecithin in model system. **Journal of Dairy Science**, v. 191, n. 11, p. 9680-9692, 2018.

TADINI, C.; TELIS, V. R.; MEIRELLES, A. J. A.; PESSOA, P. A.. **Operações Unitárias na indústria de alimentos**. 1a.ed. Editora: LTC, v. 1, Rio de Janeiro, 2016.

TAVARES, A. B.; CAVALCANTI, E. A. N. L. D.; TIMM, C. D.; LIMA, H. G.; CERESER, N. D.. Queijo Artesanal produzido no sul do Rio Grande do Sul: Avaliação físico-química, microbiológica e suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de staphylococcus coagulase positiva. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p.1-10, e-47184, 2019.

TEIXEIRA, P. Tecnologia aumenta a absorção de proteína do leite em até 50% para idosos. *Jornal da USP*. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/tecnologia-aumenta-absorcao-de-proteina-em-ate-50-para-idosos/>, acesso em: 14/08/2019.

TERADA, L. C.; GODOI, M. R.; SILVA, T. C. V.; MONTEIRO, T. L. Efeitos metabólicos da suplementação do Whey Protein em praticantes de exercícios com pesos. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, v. 3, n. 16, p. 295-304, 2009.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO. Ed. 4. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011, p. 161, Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>, Acesso em: 14/08/2019.

UTPOTT, M. **Utilização da mucilagem da chia (*Salvia Hispanica L*) na substituição de gordura e/ou gema de ovo em maionese**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2012.

YORGUN, M.; BALCIOGLU, A.; SAYGIN, O.. Performance comparison of ultrafiltration, nonofiltration and reverse osmosis on whey treatment. **Desalination**, v.229, p. 204-216, 2008.

WALKER, L. A.; WANG, T.; XIN, H.; DOLDE, D.. Supplementation of layinghen feed with palm tocos and algae astaxanthin for egg yolk nutrient enrichment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 1989-1999, 2012.

WALSTRA, P.. Principles of emulsion formation. **Chemical Engineering Science**, v. 48, p. 333-349, 1993.

WU, Y.; DING, W.; HE, Q.. The gelation properties of tara gum blended with k-carrageenan or xanthan. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p.764-771, 2018.

ZIEGLER, F. L. F.; SGARBIERI, V. C.. Caracterização químico-nutricional de um isolado proteico de soro de leite, um hidrolisado de colágeno bovino e misturas dos dois produtos. **Revista Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 320-325, 2009.

