



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JOSÉ RAFAEL FERRAZ DE SOUZA

HOMOGENEIZADORES DE ALTA PRESSÃO E DISPERSÃO
NA PRODUÇÃO DE EMULSÕES

JOÃO PESSOA – PB

2018

JOSÉ RAFAEL FERRAZ DE SOUZA

HOMOGENEIZADORES DE ALTA PRESSÃO E DISPERSÃO
NA PRODUÇÃO DE EMULSÕES

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, do curso de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Vanessa Gomes da Silva

Coorientadora: Profa Ana Luiza Mattos Braga

JOÃO PESSOA – PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S729h Souza, Jose Rafael Ferraz de.
HOMOGENEIZADORES DE ALTA PRESSÃO E DISPERSÃO NA
PRODUÇÃO DE EMULSÕES / Jose Rafael Ferraz de Souza. -
João Pessoa, 2018.
68f. : il.

Orientação: Fernanda Vanessa Gomes da Silva, Ana Luiza
Mattos Braga.

TCC (Especialização) - UFPB/CTDR.

1. Emulsão, homogeneização, alta pressão, dispersão. I.
da Silva, Fernanda Vanessa Gomes. II. Braga, Ana Luiza
Mattos. III. Título.

UFPB/BC

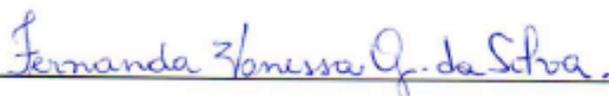
JOSÉ RAFAEL FERRAZ DE SOUZA

HOMOGENEIZADORES DE ALTA PRESSÃO E DISPERSÃO
NA PRODUÇÃO DE EMULSÕES

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, do curso de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, e apreciado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovado em 25 / junho / 2018

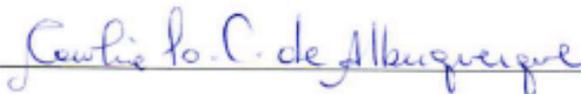
COMISSÃO EXAMINADORA



Profa Dra. Fernanda Vanessa Gomes da Silva
Orientadora



Profa . Dra. Ana Luiza Mattos Braga
Coorientadora



Profa Dra. Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque
Examinadora

A Deus que sempre esteve comigo.

A meu avô Iremar Batista (*in memoriam*)
que sempre me apoiou, sempre acreditou
em mim e caminhou comigo até o fim.
Sinto muito a sua falta mas sei que estais
comigo no coração. Te dedico mais essa
árdua vitória

AGRADECIMENTOS

A Deus, que mesmo em meio a tantas dificuldades nunca me abandonou, sempre trilhando meus passos.

A meus avós maternos Iremar Batista (*in memoriam*) e Ivanir Sepúlveda, que por meio de seus exemplos de vida sempre me incentivaram a nunca parar.

A meus avós paternos Adalberto (*in memoriam*) e Maria Dalva, que sempre me deram conselhos de continuar insistindo até que minha hora chegasse.

A minha esposa Vanessa Ferraz e meu filho Eduardo Henrique, pela compreensão e paciência em todo o tempo

A Dra Ana Luiza Mattos Braga, que desde o início me incentivou e literalmente me jogou para frente com palavras, algumas delas brandas outras bem duras quando necessárias, e atitudes. Sou eternamente grato a senhora por ter me adotado como filho científico e as vezes humano.

A minha orientadora Dra Vanessa, por aceitar o desafio de me orientar em um curto período de tempo.

Aos meus pais, que do jeito deles me convenceram a ser sempre melhor.

Ao Eduardo Karitá, proprietário da empresa Funcional Mikron, grande amigo que permitiu meu estágio em sua empresa e se doou a me ensinar tudo que estava ao seu alcance.
Carrego até hoje seus ensinamentos

A meus amigos e irmãos Anderson Strauss, Keka e Rafa, que na reta final foram fundamentais na caminhada me ajudando de todas as formas.

Aos meus colegas de trabalho, em especial José Valber (gerente de produção) e Luiz Vam (moleiro), que em horário específicos me permitiram e me ajudaram a estudar.

A UFPB, em especial ao CTDR pela estrutura e por ter oferecido as condições necessárias ao meu aprendizado.

A todos os professores, os quais tive a honra de aprender a cada dia mais sobre essa área magnífica.

A banca examinadora, pelo profissionalismo e belo trabalho.

A todos agradeço de coração.

RESUMO

Dispersar um fluido em outro por criação de uma interface resulta em uma emulsão. A mistura de duas substâncias imiscíveis, ou seja, substâncias que não se misturam. Essas emulsões são dispersões coloidais formadas por uma fase fracionada denominada de interna, dispersa ou descontínua e por outra que circunda as gotículas designada de externa, dispersante ou contínua. Suas propriedades, tais como estabilidade e propriedades reológicas, e seus usos industriais são administrados por variáveis como composição, temperatura e por tamanho de gotículas. O processo de formação de emulsões é chamado de emulsificação. Para criarmos emulsões, precisaremos de equipamentos adequados e específicos para tal processo, estes equipamentos são os homogeneizadores. Maior parte dos alimentos industrializados, hoje, passam pelo processo de homogeneização. Esta operação é aplicada com a finalidade de melhoria do alimentos modificando propriedades funcionais, qualidade sensorial e ampliando a estabilidade da emulsão. O trabalho teve como objetivo elaborar um manual com a utilização de dois homogeneizadores dos tipos dispersão e de alta pressão, realizando testes para simular a melhor execução. O presente trabalho apresenta uma breve revisão sobre lipídios e suas propriedades, emulsões e os principais homogeneizadores utilizados nos processos de homogeneização. Para elaboração do manual foram realizados testes nos homogeneizadores de alta pressão e dispersão Twin Panda 600 e Ika Turrax respectivamente.

Palavras-chave: Emulsão, homogeneização, alta pressão, dispersão.

ABSTRACT

Dispersing one fluid in another by creating an interface results in an emulsion. A mixture of two immiscible substances, ie substances which do not mix. Such emulsions are colloidal dispersions formed by a fractional phase called internal, dispersed or discontinuous and by another which surrounds the droplets called external, dispersing or continuous droplets. Its properties, such as stability and rheological properties, and its industrial uses are administered by variables such as composition, temperature and droplet size. The emulsion formation process is called emulsification. To create emulsions, we will need suitable and specific equipment for this process, these equipments are the homogenizers. Most of the industrialized foods, today, go through the process of homogenization. This operation is applied for the purpose of improving food by modifying functional properties, sensorial quality and increasing emulsion stability. The objective of this work was to elaborate a manual with the use of two dispersion and high pressure type homogenizers, performing tests to simulate the best execution. The present work presents a brief review on lipids and their properties, emulsions and the main homogenizers used in the homogenization processes. To prepare the manual, tests were carried out on the high pressure and dispersion homogenizers Twin Panda 600 and Ika Turrax respectively.

Keywords: Emulsion, homogenization, high pressure, dispersion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Princípio de corte de partícula entre o rotor e estator (fonte: adaptada de https://www.laboratory-equipment.com).....	28
Figura 2 – Visão interna do rotor, estator e slots do Turrax (fonte: adaptada de http://www.ikausa.com)	28
Figura 3 – Diferentes slots utilizados em pares de acordo com o tamanho de partícula desejado (esquerda); Montagem e disposição dos slots (direita).....	29
Figura 4 - Fonte e carrinho de armazenamento e transporte (Fonte: próprio autor).....	30
Figura 5 - Cabo de força (Fonte: próprio autor).....	31
Figura 6 – Termômetro (Fonte: próprio autor)	31
Figura 7 - Conexão para junção de tubos (Fonte: próprio autor).....	32
Figura 8 - Painel operacional (Fonte: próprio autor)	32
Figura 9 - Motor DC-Brushless (Fonte: próprio autor).....	33
Figura 10 - Módulo UTL (Fonte: próprio autor).....	34
Figura 11 - Trava de segurança (Fonte: próprio autor).....	34
Figura 12 - Porca de pressão, manga de distância e dois rotores 0 (Fonte: próprio autor).....	35
Figura 13 - Kit de ferramentas (Fonte: próprio autor)	35
Figura 14 - Separação das peças do módulo utilizado (Fonte: próprio autor)	36
Figura 15 - Folga dos grampos de segurança (Fonte: próprio autor).....	37
Figura 16 - Posicionamento dos orings (a); encaixe adequado no local (b)	38
Figura 17 - Câmara de bombeamento (Fonte: próprio autor).....	38
Figura 18 - Rotor 4M (Fonte: próprio autor)	39
Figura 19 - Primeiro rotor 0 (Fonte: próprio autor)	39
Figura 20 - Segundo rotor 0 (Fonte: próprio autor)	40
Figura 21 - Manga de distancia (Fonte: próprio autor).....	40
Figura 22 - Porca de pressão (Fonte: próprio autor).....	41
Figura 23 - Aperto das peças utilizando as chaves 8 e 10 (Fonte: próprio autor).....	41
Figura 24 - Rotor 4M + Flange de entrada (Fonte: próprio autor).....	42
Figura 25 - Aperto dos grampos de segurança (Fonte: próprio autor).....	42
Figura 26 - Primeira etapa: encaixar a borracha de vedação (Fonte: próprio autor).....	43
Figura 27 – Segunda etapa: encaixar termômetro (Fonte: próprio autor).....	43
Figura 28 - Terceira etapa: apertar a conexão (Fonte: próprio autor).....	44
Figura 29 - Imãs para encaixe do painel (a); painel operacional encaixado (b)	44
Figura 30 - Entrada de conexões (a), conexão do termômetro (b) e do painel de operação (c).....	45
Figura 31 - Conexão do cabo de força do Homogeneizador (a), conexão de comunicação eletrônica (b), conexão do cabo de força geral (c), disposição de todas as conexões na fonte (d).....	46
Figura 32 – Acionamento da chave de ligação(Fonte: próprio autor)	47
Figura 33 - Ação 1: Painel Operacional (Fonte: próprio autor).....	48
Figura 34 - Ação 2: Seleção do módulo de operação (Fonte: próprio autor).....	48
Figura 35 - Ação 3: Configuração e Verificação dos Parâmetros (Fonte: próprio autor).....	49
Figura 36 - Funil de alimentação (Fonte: próprio autor)	51
Figura 37 - Conexões de encaixe de tubos (Fonte: próprio autor).....	51
Figura 38 - Manômetro digital (Fonte: próprio autor)	52
Figura 39 - Tubulação de saída do produto (Fonte: próprio autor).....	53
Figura 40 - Válvulas de estádios 1 e 2 (Fonte: próprio autor)	53
Figura 41 - Botões de ligar e desligar + botão de emergência (Fonte: próprio autor)	54
Figura 42 – Pistões (Fonte: próprio autor)	54
Figura 43 - Funil montado (Fonte: próprio autor).....	55
Figura 44 - Tubulação de saída de produto (Fonte: próprio autor).....	56
Figura 45 - Adaptação no tubo de saída para recirculação (Fonte: próprio autor)	57
Figura 46 - Adaptação com garra de pipeta para segurar mangueira (Fonte: próprio autor).....	58
Figura 47 - plugue macho do tipo 3P+T, 32A, 380V, 6H (Fonte: próprio autor).....	59
Figura 48 - Plugue encaixado corretamente na tomada de energia.....	59
Figura 49 - Amostras de iogurte + óleo (Fonte: próprio autor)	63
Figura 50 - Ponto de caneta piloto (Fonte: próprio autor)	64
Figura 51 - amostra homogeneizada a 300 bar (Fonte: próprio autor)	64
Figura 52 - Amostra homogeneizada a 400 bar (Fonte: próprio autor)	65
Figura 53 - Amostra homogeneizada a 500 bar (Fonte: próprio autor)	65

Figura 54 - Amostra de O/A sem pre homogeneização (Fonte: próprio autor)	66
Figura 55 – Turrax BF2DH2700.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modos de operação do IKA Turrax
Tabela 2 - Materiais utilizados

47
62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 EMULSÕES	17
3.2 TIPOS DE EMULSÕES	17
3.2.1 Emulsificação de membrana	17
3.2.2 Emulsificação Microcanal	17
3.2.3 Emulsificação Espontânea	18
3.3 TAMANHO DAS PARTICULAS	18
3.4 ESTABILIDADE	18
3.5 APLICAÇÕES	19
3.6 COMPOSIÇÃO DOS PROCESSADOS	20
3.6.1 Lipídeos	20
3.6.2 Propriedades	20
3.6.3 Classificação	21
3.6.4 Funções	22
3.6.5 Estrutura	22
3.7 COMPONENTES LIPÍDICOS	23
3.7.1 Ácidos Graxos	23
3.7.2 Acilgliceróis	23
3.7.3 Fosfolípidios	24
3.8 MÉTODOS DE EMULSIFICAÇÃO	24
3.8.1 Impelidores	24
3.8.2 Baixa energia de emulsificação	25
3.8.3 Alta energia de emulsificação	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
5. RESULTADOS	27
5.1 MANUAL DO HOMOGENEIZADOR IKA MAGIC LAB	27
5.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	27
5.1.2 PARTES DO EQUIPAMENTO	29
5.1.3 ETAPAS DE MONTAGEM E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA	36
5.1.4 MODO DE OPERAÇÃO	47
5.1.5 LIMPEZA	49
5.1.6 MEDIDAS DE SEGURANÇA	49
5.2 MANUAL DO HOMOGENEIZADOR TWIN PANDA	50
5.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	50

5.2.2PARTES DO EQUIPAMENTO	50
5.2.3ETAPAS DE MONTAGEM E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA	54
5.2.4MODO DE OPERAÇÃO.....	60
5.2.5LIMPEZA	60
5.2.6MEDIDAS DE SEGURANÇA.....	60
5.3APLICAÇÕES DOS HOMOGENEIZADORES PARA PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS.....	61
6. CONCLUSAO.....	67
7.REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

Dispersar um fluido em outro por criação de uma interface resulta em uma emulsão. A mistura de duas substâncias imiscíveis, ou seja, substâncias que não se misturam. Essas emulsões são dispersões coloidais formadas por uma fase fracionada denominada de interna, dispersa ou descontínua e por outra que circunda as gotículas designada de externa, dispersante ou contínua. Suas propriedades, tais como estabilidade e propriedades reológicas, e seus usos industriais são administrados por variáveis como composição, temperatura e por tamanho de gotículas (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007). O processo de formação de emulsões é chamado de emulsificação (BASTO, FERREIRA-SILVA, *et al.*, 2016).

O conhecimento desta tecnologia é de suma importância para quem trabalha na indústria não só de alimentos. Alimentos emulsionados tem a função de proteger, encapsular e liberar ingredientes específicos afim de melhorar sua eficácia (MCCLEMENTS, 2015). Geralmente, existem três tipos: água em óleo, as mais encontradas, são gotas de óleo dispersas em água, como maionese, iogurte, leite, etc; óleo em água, que são gotas de água na fase oleosa, como manteiga e margarina; e a menos encontrada óleo em óleo, quando na emulsão existe um óleo não polar disperso no óleo polar e vice versa (TADROS, 2016).

Grande parte dos alimentos que hoje são consumidos, já passaram em um estado emulsionado em sua produção ou é, em parte ou totalmente, uma emulsão. A princípio a emulsão é instável e com o tempo as fases irão se separar, para evitar essa separação utilizamos emulsificantes, estes serão responsáveis por retardar este efeito. Junto com a agitação os emulsificantes provocarão a introdução de moléculas de ar na emulsão deixando-a mais homogênea, como é feito nos sorvetes, molhos, maionese, entre outros (MCCLEMENTS, 2015).

Para uma emulsão adequada temos que responder algumas perguntas fundamentais: Quais as características do meu produto final? O que quero de maior eficácia no meu produto? Quais as respostas biológicas terei do meu produto? A partir destas perguntas começaremos a estudar e decidir quais os materiais que vamos utilizar para fazer a emulsão. Sensação na boca, gosto, textura, odor e outras sensações organolépticas devem fazer parte das respostas assim como digestão e absorção pelo corpo. Todos os estudos levarão em consideração as propriedades físico-químicas, estrutura e composição dos produtos os quais irei utilizar. Para converter dois líquidos imiscíveis em uma emulsão, ou diminuir o tamanho de suas partículas, precisaremos que passem pela homogeneização. Nesta operação precisaremos de maquinário

específico como homogeneizadores de alta pressão, de dispersão, liquidificadores de alta velocidade, entre outros (MCCLEMENTS, 2015).

Para os diferentes tipos de aplicações é necessário o conhecimento sobre lipídeos em sua forma geral, suas propriedades físicas e químicas, reações e suas tecnologias aplicadas, suas características e seu comportamento durante o processo.

Para criarmos emulsões, precisaremos de equipamentos adequados e específicos para tal processo, estes equipamentos são os homogeneizadores. Maior parte dos alimentos industrializados, hoje, passam pelo processo de homogeneização. Esta operação é aplicada com a finalidade de melhoria do alimentos modificando propriedades funcionais, qualidade sensorial e ampliando a estabilidade da emulsão (CRUZ, OLIVEIRA, *et al.*, 2017).

O presente trabalho apresenta uma breve revisão sobre lipídios e suas propriedades, emulsões e os principais homogeneizadores utilizados nos processos de homogeneização.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um manual com a utilização de dois homogeneizadores dos tipos dispersão e de alta pressão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboração do manual compostos por: princípio de funcionamento dos equipamentos; Etapas de montagem/ preparo do equipamento; Modo de operação; Limpeza e Medidas de segurança.

- Realizar ensaios experimentais nos homogeneizadores para verificação do funcionamento e operação dos mesmos, da eficiência em 2 tipos diferentes de emulsões com características de alta e baixa viscosidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EMULSÕES

Formada por hidrocarbonetos compondo a fase apolar ou fase oleosa, e por água compondo a fase polar ou fase aquosa, o sistema contendo uma dispersão coloidal de dois líquidos imiscíveis é chamado emulsão (ALMEIDA, 2014). O estudo das emulsões deve ser feito de acordo com os tipos mais adequados, substâncias a serem utilizadas, suas propriedades e quantidades.

3.2 TIPOS DE EMULSÕES

3.2.1 Emulsificação de membrana

Fase dispersa contida pela fase continua através de uma membrana com tamanho de poro uniforme. Perpendicularmente forçada contra a membrana, a fase dispersa penetra na fase continua, que se move tangencialmente. Esta emulsificação exige análises de porosidade da membrana em relação a densidade dos poros. Se alta, acontecerá coalescência nas gotas aumentando a polidispersividade; se baixa, a taxa de produção não é suficiente. Além disso, algumas propriedades devem ser estudadas como tensão interfacial, pressão aplicada, fluxo e formulação da membrana. Tensão interfacial baixa e velocidade alta da fase continua provocarão quedas na produção da emulsão (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007).

3.2.2 Emulsificação Microcanal

A fase dispersa é penetrada na fase continua por meio de microcanais fabricados via fotolitografia, formando emulsões monodispersas com 10 e 100 μm de diâmetro médio.

Através dos microcanais, a fase dispersa infla e forma uma gota que se desprende espontaneamente ao chegar no final do terraço. O microcanal deve ser hidrofílico ou hidrofóbico de acordo com o tipo de emulsão (O/A ou A/O). O tamanho das gotas e a monodispersividade são afetadas pela geometria do microcanal, velocidade do fluxo da fase dispersa e tipo de surfactante (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007).

3.2.3 Emulsificação Espontânea

A emulsificação espontânea ou auto emulsão é um fenômeno intrigante. Este processo ocorre quando juntamos dois líquidos imiscíveis de baixa tensão interfacial (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007)

3.3 TAMANHO DAS PARTICULAS

Uma das mais importantes maneiras de caracterização das emulsões, o tamanho das partículas geralmente apresentam desuniformidade quando feitos por ruptura, mistura ou homogeneização. Estas, tendem a apresentar uma disposição bem espalhada. Esta característica influencia em propriedades importantes como cor, reologia e estabilidade e viscosidade (MONTALVO, 2008).

As partículas podem variar seu tamanho de acordo com o tipo de emulsão desejada. Nas macroemulsões suas partículas podem variar entre 1 a 2 μm em média. As nanoemulsões podem apresentar de 20 a 100nm, e as microemulsões de 5 a 50nm (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007).

3.4 ESTABILIDADE

O tempo pode provocar alterações nas propriedades das emulsões. A capacidade de resistência frente a estas alterações, é conhecida como estabilidade. Temperatura, pH, tamanho da partícula, tipo de emulsificante, viscosidade e envelhecimento da emulsão, são as causas de instabilidade as quais devem ser monitoradas ao longo do processo.

Alguns processos de decomposição da emulsões podem ocorrer provocando a instabilidade. Para TADROS (2013), essas transformações acontecem quando alguns pontos são atingidos.

- Fenômeno da Floculação caracterizado pela desigualdade das forças de repulsão e de atração; As gotículas menores se unem as maiores formando blocos, sem se fundirem (TADROS, 2013). O resultado das flutuações de átomos nas gotículas dispersas é a força primordial de atração que aparece da força de dispersão (TADROS, 2016).
- Sedimentação e Desnatação, duas formas de segregação gravitacional. A formação de grumos de gotículas grandes podem apresenta diferença na

densidade entre as fases externa e interna, provocando a aglomeração destas no fundo ou na superfície da emulsão (LACHMAN; LIEBERMAN; KANING, 2001 *apud* SILVA 2015). A densidade, quando inferior à do líquido que rodeia, provoca a flutuação das gotículas promovendo a desnatação, enquanto que a sedimentação é a densidade das gotículas mostra-se maior que a do líquido provocando o movimento descendente ao fundo do recipiente (MCCLEMENTS, 2015).

- Fenômeno de envelhecimento de Ostwald caracterizado pela disposição do tamanho das gotículas e solubilidade das gotículas da fase dispersa; as gotículas menores apresentarão solubilidade maior quando relacionadas as gotículas maiores. Com o tempo, as gotículas menores irão se deteriorar e suas moléculas se unirão as gotículas maiores (TADROS, 2016).
- Inversão de fases, Também conhecida como um tipo de emulsificação espontânea por requerer baixo consumo de energia. Processo bastante utilizado na área de cosméticos pra promover emulsões finas e monodispersas. Esta inversão ocorre quando há uma mudança na temperatura, proporção de óleo e água, salinidade pressão e uso de tensoativo, provocando a inversão das fases continua e interna.
Usando a inversão de fase, o Método PIT (Phase Inversion Temperature) utiliza o resfriamento de temperatura. Este método é utilizado a partir de estudos da relação entre o tipo de emulsão e a curvatura do surfactante, e no comportamento de fase de surfactantes não-iônicos (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007).
- Coalescência, processo irreversível de aglomeração das gotas originando grumos maiores. A maior prova que aconteceu a coalescência é a separação de fases (TADROS, 2016);
- Diferença de densidade e disposição do tamanho das partículas nas gotículas e na fase continua.

3.5 APLICAÇÕES

Nos alimentos, produtos como maionese, creme para saladas, sopas, massas para bolo, entre outros são emulsões. Nos cosméticos, loções, sprays para cabelos, protetor solar, são exemplos de produtos emulsionados. Nos ramo farmacêutico podemos encontrar anestésicos de emulsões O/A. Em produtos de limpeza podemos encontrar gotículas de água emulsionada

no óleo ou gotículas de essências para liberar o cheiro ao serem utilizadas. Na indústria química, as tintas e resinas (LEAL-CALDERON, SCHMITT e BIBETTE, 2007).

As emulsões estão em todos os tipos de indústrias. A emulsificação é utilizada como proteção, transporte e isolamento de elementos, promove estabilidade e eficácia do manejo do produto (MCCLEMENTS, 2015).

3.6 COMPOSIÇÃO DOS PROCESSADOS

3.6.1 Lipídeos

Também conhecidos como lipídios, possuem moléculas formadas por carbono, oxigênio e hidrogênio, além de outros heteroátomos, tendo o carbono como predominante (MACEDO; MATOS 2015). Mais relacionados por propriedades físicas do que por propriedades químicas, os lipídeos são compostos de um grupo heterogêneo (SANTANA, RODRIGUES, CAVALI, BULCÃO 2017).

Estrutura complexa e funções orgânicas variadas, compõem uma das três principais classes de biomoléculas sendo um grande grupo de compostos. De acordo com suas diferenças de solubilidade e suas propriedades funcionais, podem ser classificados como polares, cabeça hidrofílica e cauda hidrofóbica, e apolares, podem apresentar total insolubilidade ou baixa solubilidade em água, e alta solubilidade em solventes orgânicos. Em temperatura ambiente os lipídeos podem se diferenciar pelo seu estado físico sendo sólidos (gorduras), contendo maior concentração de ácidos graxos saturados, ou líquidos (óleos), contendo maior concentração de ácidos graxos insaturados (CLEMETS, DECKER apud DAMODARAM; PARKIN e FENNEMA 2010).

Esses macronutrientes são utilizados como fonte de reserva de energia pelo nosso corpo, facilitam reações e transporte de vitaminas lipossolúveis, reguladores térmicos e composição celular. Nos alimentos, influenciam diretamente na qualidade por sua estabilidade física, e são bem utilizados na textura, nutrição, sabor podendo ser modificados a fim de tornar os lipídeos mais estáveis diante de oxidações, diminuir conteúdo de gordura e alterar a composição de ácidos graxos e colesterol (MACEDO; MATOS 2015).

3.6.2 Propriedades

Existem dois tipos de propriedades que caracterizam os lipídeos: as físicas e químicas. Estas, são definidas a partir do grau de instauração da cadeia de hidrocarbonetos e pelo comprimento da mesma (COZZOLINO e COMINETTI, 2013).

- Físicas: Dentre suas características, destacam-se:
 - Ponto de Fusão: Atuam na solubilidade enquanto digeridos. Quanto maior sua cadeia, maior seu ponto fusão, reduzido apenas quando houver insaturação (MEDEIROS, GOMES e BUNGENSTAB, 2015). A configuração de suas ligações também dizem respeito a ponto de fusão pois quanto mais linear maior seu ponto de fusão. As duplas ligações com configuração *cis* ou *trans* são diretamente influentes (COZZOLINO e COMINETTI, 2013).
 - Ponto de Fumaça: segundo ORNELLAS, 2007 apud MACEDO e MATOS 2015, quando aquecida a alta temperatura, a gordura se decompõe. Se houver continuidade no aumento da temperatura, essa decomposição pode proceder por 3 estágios: 1º o produto estará visivelmente decomposto, caracterizado por uma fumaça branco-azulada; 2º combustão temporária; 3º fumaça mais densa em certa quantidade provocando a continuidade.
 - Caráter Anfílico: Por apresentarem características hidrófilas e hidrofóbicas possibilitam a mistura de água e substâncias lipídicas no mesmo meio (MATOS e MACEDO, 2015).
- Químicas: Entre as principais propriedades que se referem à característica química do elemento, destacam-se:
 - Rancificação: Em más condições de armazenamento, os lipídeos se mostram instáveis e se degradam. Apresentam sabor e odor desagradáveis que indicam a rancificação (MATOS e MACEDO, 2015).
 - Hidrogenação: Nada mais é do que a transformação irreversível do ácido graxo insaturado em ácido graxo saturado a partir da reação de átomos de hidrogênio com as insaturações, tornando-as saturadas, ou seja, as duplas ligações são convertidas em ligações simples (GUPTA, 2008 apud OLIVEIRA, 2016).
 - Oxidação: reação entre o oxigênio e duplas ligações que provocam alterações desagradáveis na composição alimento como cheiro, sabor, cor e viscosidade (COZZOLINO e COMINETTI, 2013). A oxidação nada mais é do que o consumo de oxigênio, pelas duplas ligações, promovendo a formação de peróxidos e sofrendo decomposição produzindo hidrocarbonetos, álcoois, ácidos, aldeídos e cetonas, os responsáveis pelas deformações indesejadas (MATOS e MACEDO, 2015).

3.6.3 Classificação

Podemos classificar os lipídeos de duas formas: pela suas funções e pela sua estrutura, especificados nos tópicos abaixo.

3.6.4 Funções

De acordo com BETTELHEIM, BROWN, *et al.*, 2017, os lipídeos possuem basicamente 3 funções no corpo:

- Armazenamento de energia: Os lipídeos são armazenados formando camadas de gordura e são utilizados na forma de isolante térmico, a queima de gordura durante a respiração celular fornece 9kcal/g de energia;
- Parte estrutural das membranas. Alguns lipídeos fazem parte da composição das membranas celulares;
- Meio de transporte. Os lipídeos transportam nutrientes, vitaminas lipossolúveis (A, D, K e E) e substâncias solúveis em gordura (PINHEIRO, PORTO e MENEZES, 2005).

Nos processados, segundo CLEMENTS, DECKER 2006 apud DAMODARAM; PARKIN e FENNEMA 2010, os lipídeos são relativos a:

- Textura: a natureza da matriz alimentar e seu estado físico determinam a textura influenciada pelos lipídeos. O estado físico influi na textura formando redes de cristais de gordura que exercem interação entre elas. No estado líquido, ou seja, nos óleos sua viscosidade determina sua textura. No estado sólido, ou seja, nas gorduras o que determina sua textura é sua interação dos cristais de gordura e sua concentração.
- Sabor: a maioria dos alimentos, indiretamente, são influenciados pelos lipídeos. A partir de sua volatilidade e polaridade, as frações de água, óleo e regiões gasosas dentro da matriz podem sofrer separação. A sensação de característica oleosa na língua indica que os lipídeos estão em estado líquido, enquanto que a sensação arenosa ou de grânulos são características dos cristais de gordura, ou seja, estado sólido, ambos em temperatura ambiente.
- Aparência: A presença de pigmentos que absorvem luz determinam a cor do produto. Os óleos aparentam turbidez, opacidade e nebulosidade nas emulsões pois são resultado da sua imiscibilidade com a água. A concentração, a forma e

tamanho dos cristais determinam a opacidade das gorduras. A luz pode alterar essa propriedade provocando modificações não agradáveis.

3.6.5 Estrutura

Podemos classifica-los como simples ou ternário, composto ou complexo e precursores ou derivados (MACEDO e MATOS 2015).

- Simples ou ternário: Estrutura que apresente apenas carbono, oxigênio e hidrogênio. Estes são representados pelas ceras e pelos ácidos graxos (COZZOLINO e COMINETTI, 2013).
- Composto ou complexo: Representados pelos fosfolipídeos e glicolipídeos, integram os componentes fundamentais da membrana (BETTELHEIM, BROWN, *et al.*, 2017).
- Derivados: Originados da reação de hidrólise dos lipídeos simples e compostos (MATOS e MACEDO, 2015).

COMPONENTES LIPÍDICOS

Os componentes lipídicos são formados por Ácidos Graxos e Acilgliceróis, caracterizados nos tópicos abaixo.

3.7.1 Ácidos Graxos

Os principais componentes do lipídio são estes compostos que contém uma cadeia alifática e um grupo ácido carboxílico em sua composição. A maioria deles apresentam entre 14 e 24 carbonos e na maioria das vezes possui número par de carbonos em cadeia linear, salvo exceções de cadeias ramificadas e número ímpar de carbonos encontrados em microrganismos e na gordura do leite (CLEMENTS, DECKER apud DAMODARAM; PARKIN e FENNEMA 2010). Classificados como saturados, quando em sua cadeia existem apenas ligações simples entre os carbonos, e insaturados, quando em sua cadeia apresentam um ou mais ligações duplas (CAMPBELL-PLATT, 2015). Existem os ácidos graxos essenciais que são os que o corpo necessita mas não tem a capacidade de produzir, portanto deve ser consumido na alimentação. Exemplo destes são os conhecidos como ômega 3 e 6 das famílias linolênico e linoleico respectivamente (BELLÉ e SANDRI, 2014).

3.7.2 Acilgliceróis

São ésteres que podem ser encontrados como monoacilgliceróis, diacilgliceróis e triacilgliceróis. Os ácidos graxos esterificados ao glicerol formam os comumente conhecidos por monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos, onde os mono- e di- são mais utilizados como aditivos (emulsificantes) e o tri- são os mais encontrados nos alimentos (CLEMENTS, DECKER apud DAMODARAM; PARKIN e FENNEMA 2010).

- Monoacilgliceróis: a substituição de um grupo hidroxila, por meio de uma ligação éster, por um resíduo acilo. Os carbonos inicial, central e terminal são os substituíveis, mas apenas o central não é quiral (SIKORSKI e KOLAKOWSKA, 2010).
- Diacilgliceróis: dois grupos hidroxilo por um acilo, através de ligação éster, caracteriza os diacilgliceróis. Com apenas um ácido graxo, são prováveis 3 isômeros substituíveis. Com dois ácidos graxos, são possíveis a mudança de 6 isômeros (SIKORSKI e KOLAKOWSKA, 2010).
- Triacilgliceróis: Diferentes em ácidos graxos na composição, quando misturados resultam em óleos e gorduras. Quando estes lipídeos são de origem animal, apresentam-se em estado sólido pois são ricos em ácidos graxos saturados; se forem de origem vegetal, estes apresentam-se em estado líquido pois são ricos em ácidos graxos insaturados (MARZZOCO e TORRES, 2017).

3.7.3 Fosfolipídios

Similar a estrutura das gorduras, fosfolipídios possuem grupos polares na estrutura o que proporciona propriedades anfipáticas a molécula, (COZZOLINO e COMINETTI, 2013). Biossinteticamente, os fosfolipídios não derivam do glicerol e sim do glicerol-3-fosfato, conseqüentemente tem o fosfato na posição sn-3. As outras duas ligações são substituídas por resíduos acilo ligados a éster. Via de regra, um ácido graxo mais saturado ocupa a posição sn-1, enquanto que os mais insaturados ocupam as posições sn-2 e sn-3 (SIKORSKI e KOLAKOWSKA, 2010).

3.8 MÉTODOS DE EMULSIFICAÇÃO

Existem basicamente 3 métodos para a preparação e formação de emulsões: agitação por impelidores, os que utilizam baixa energia, e os que utilizam alta energia de emulsificação. A emulsão é oriunda do processo de emulsificação de dois líquidos imiscíveis, com adição de um surfactante para melhorar sua estabilidade. O método de fabricação escolhido influencia

nas propriedades físico químicas das emulsões, as quais afetam sua instabilidade termodinâmica (PEY, MAESTRO, *et al.*, 2006).

As emulsões podem ser feitas por diferentes tipos de agitadores, sendo eles pás de agitação até do tipo rotor estator (PARTICLE SCIENCES, 2009).

3.8.1 Impelidores

O sistema por impelidores é caracterizado por três elementos de fluxo: tangencial, axial e radial. O fluxo axial empurra o líquido para o fundo do tanque, é utilizado em agitação de produtos como mistura de líquidos, transferência de calor e sólidos em suspensão; O fluxo radial empurra o fluido contra as paredes do tanque, sua característica é o alto cisalhamento, utilizado em transferência de massa, dispersão gasosa e em mistura em tanques com líquidos em nível baixo; O tangencial provoca na massa um movimento circular paralelo a parede do tanque. Este equipamento exige que a operação seja em baixa rotação e torque elevado, são mais utilizados em fluidos com alta viscosidade acima de 50 Pa.s. (MARTINI, 2010).

3.8.2 Baixa energia de emulsificação

Basear-se nas mudanças de fase que acontecem durante a emulsificação caracteriza o método de obtenção de emulsão por baixo consumo de energia ou condensação (SOLE, MAESTRO, *et al.*, 2006). O método PIT (phase inversion temperature), o mais usado na indústria, utiliza as propriedades dos tensoativos não iônicos para alterar sua afinidade nas fases aquosa e oleosa em função da temperatura (BEDIN, 2011). A emulsificação espontânea é baseada em uma solução solvente-óleo sendo dispersada na fase aquosa. Em agitação moderada, a solução S/O é despejada na fase aquosa, criando uma emulsão provocada pela difusão do solvente na água (HOLKEM, FRANCO, *et al.*, 2015).

Estes métodos precisam de uma grande quantidade de surfactantes selecionados. Por isso, não são aplicados na indústria.

3.8.3 Alta energia de emulsificação

A alta tensão de cisalhamento é provocada pela geração energia mecânica, formando as emulsões a partir da deformação e ruptura das partículas. Este método é o mais utilizado nas indústrias através dos homogeneizadores de alta pressão, microfluidizadores, por alta velocidade ou dispersão, e ultrassom.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias primas utilizadas foram adquiridos em mercado local. Todos os materiais estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Materiais utilizados

MATERIAS PRIMAS	EQUIPAMENTOS
- Óleo de soja, marca SOYA, 1L	- Twin Panda 600
- Iogurte Ninho, sabor banana e maçã, 700ml	- IKA Magic Lab (Turrax)
- Água potável	

Para a elaboração dos manuais, o autor deste trabalho agiu com curiosidade e tentativas de acordo com os conhecimentos básicos de mecânica que adquiriu no setor de trabalho e com princípios de operações unitárias os quais aprendeu durante o curso de tecnologia de alimentos.

Quando os equipamentos chegaram no CTDR, o autor foi incumbido de montar e testar os homogeneizadores com a finalidade de aprender a operá-los para, futuramente, utilizá-los em análises de alimentos e criação de novos produtos.

O IKA Magic Lab veio com um manual em inglês, o qual foi traduzido e adaptado, neste trabalho, para o uso do equipamento com facilidade. O Twin Panda foi montado pelo técnico da empresa GEA que ainda nos ministrou um pequeno treinamento básico referente a seu funcionamento e suas funções. Todas as informações necessárias foram descritas neste trabalho para que os analistas que o utilizarem não sintam dificuldade. Todos os passos foram registrados com fotos para a visualização mais clara do passo a passo a ser seguido, os quais estão descritos a partir do capítulo Resultados.

5. RESULTADOS

5.1 MANUAL DO HOMOGENEIZADOR IKA MAGIC LAB

5.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A MAGIC LAB, mais comumente conhecido com IKA Turrax, é uma máquina de laboratório de pequena escala única e multifuncional. É projetado para misturar, dispersar, fresar úmido e incorporar pó em líquidos. O Magic LAB é mais utilizado para o desenvolvimento de novos produtos ou para otimizar as técnicas de processo existente, particularmente nas indústrias química, cosmética, farmacêutica e alimentícia. Utilizado também na pre-homogeneização de líquidos imiscíveis na fabricação de emulsões, fazendo a primeira quebra das partículas facilitando a homogeneização posterior. O MAGIC LAB® garante uma ampliação confiável, oferecendo a possibilidade de trabalhar com o mesmo método, da formulação até a produção.

A máquina básica em linha está equipada com o módulo de dispersão de fase única ULTRA-TURRAX® UTL. O IKA é mais adequado para aplicações em lotes e pode ser adaptado para a fabricação de dispersões de grosso a fino. O tempo de mistura é reduzido em até 50%. Dependendo da aplicação, a unidade básica pode ser modificada rapidamente com diferentes módulos de trabalho.

O Magic LAB é montado como módulo UTL e entregue em uma caixa de transporte. Os outros módulos são desmontados nas gavetas da caixa.

A máquina básica é uma máquina de alto desempenho de um estágio para dispersão contínua de líquidos. As máquinas de dispersão de fase única também são conhecidas na IKA sob o nome comercial ULTRA-TURRAZ INLINE ou UTL abreviado. Assim, o Magic LAB é especialmente adequado para fins de expansão para máquinas de produção maiores.

A ação de dispersão baseia-se no princípio do rotor estator, o que significa que um rotor de alta velocidade com slots muito estreitos gira em um estator. Isso produz altas energias de corte entre rotor e estator. O sistema que consiste no rotor e no estator também é chamado de gerador. Com a ajuda dos diferentes geradores de dentes finos, a máquina pode ser adaptada à respectiva tarefa de dispersão. Os diferentes geradores devem sempre ser usados em pares (figura 3). Rotor e estator com diferentes geradores de dentes finos não devem ser combinados uns com os outros, pois isso pode danificar a máquina.

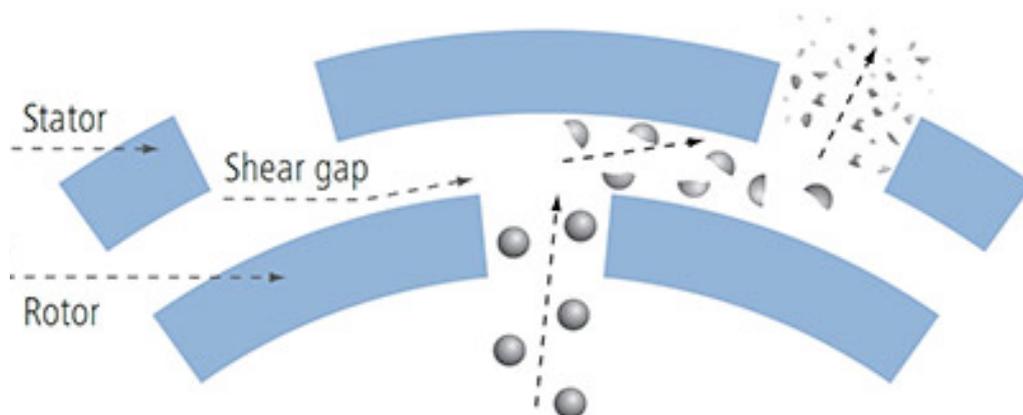


Figura 1 – Princípio de corte de partícula entre o rotor e estator (fonte: adaptada de <https://www.laboratory-equipment.com>)

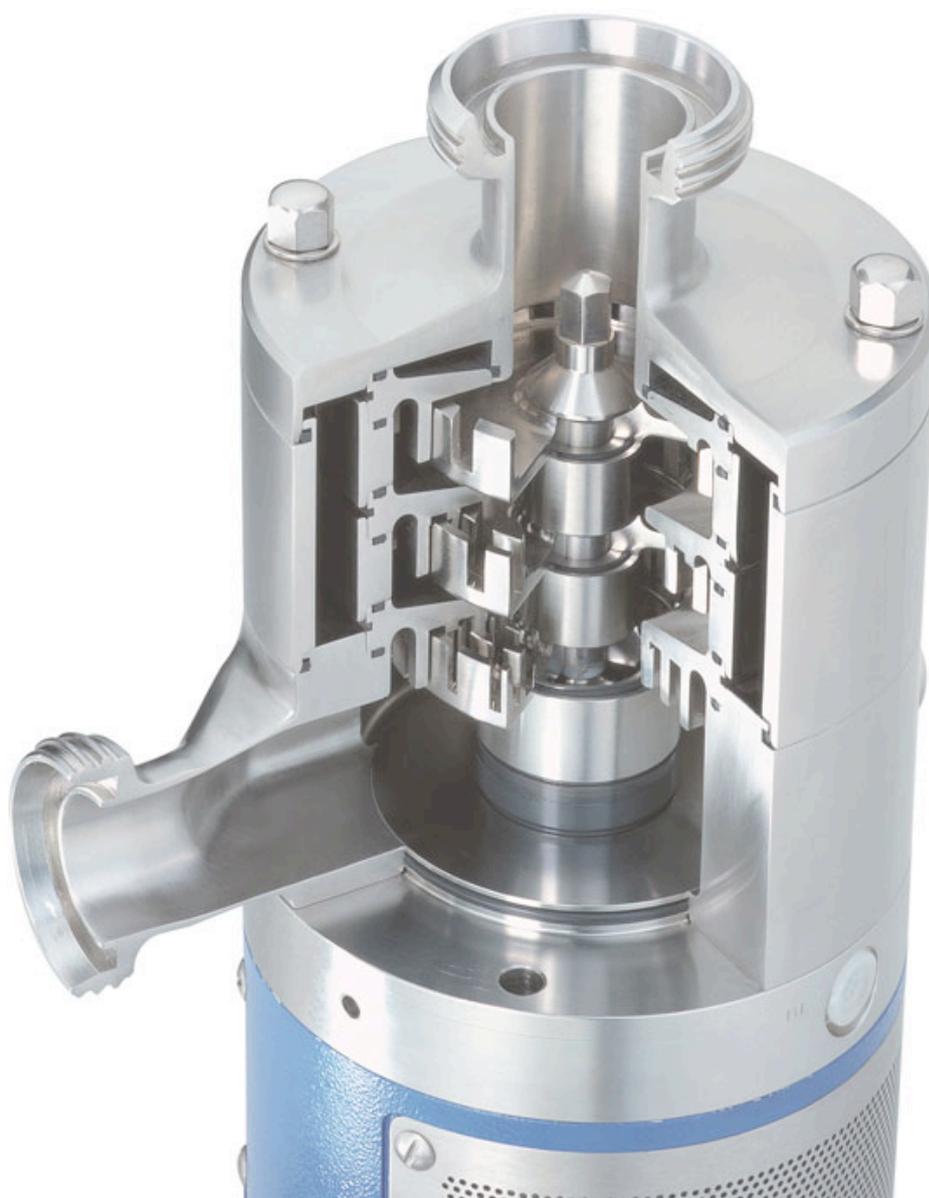


Figura 2 – Visão interna do rotor, estator e slots do Turrax (fonte: adaptada de <http://www.ikausa.com>)



Figura 3 – Diferentes slots utilizados em pares de acordo com o tamanho de partícula desejado (esquerda); Montagem e disposição dos slots (direita)

A máquina não é auto estampada, no entanto, ela pode aumentar a pressão na saída e assim superar uma certa elevação. O elevador depende da ferramenta utilizada e da velocidade.

Um motor DC-brushless é usado como a unidade com uma faixa de velocidade de 3000-26000 rpm. O eixo de transmissão é o eixo do rotor para as ferramentas de dispersão. A velocidade circunferencial na periferia do rotor é de 23 m/s em 14600 rpm e 40m/s em 25400 rpm. À medida que a velocidade circunferencial do rotor tem uma influência decisiva no resultado da dispersão, o controlador mágico LAB com o painel do operador oferece uma excelente possibilidade de adaptar a máquina aos requisitos de processamento.

Com determinadas características de produtos ou produtos, e. g. alta viscosidade ou uma combinação de geradores finos, e com uma velocidade de rotação muito alta, o motor pode alcançar seus limites de desempenho. Neste caso, o torque nominal do motor não deve ser excedido por um período mais longo. Para evitar esse efeito, a velocidade deve ser reduzida até que a velocidade real e a velocidade nominal sejam quase iguais. Os dois valores de velocidade são mostrados no visor do painel de operação LAB mágico. Em caso de sobrecarga, o motor é desligado por meio de uma máquina de proteção térmica.

5.1.2 PARTES DO EQUIPAMENTO

As principais partes do IKA Turrax serão mostradas nas imagens a seguir.



Figura 4 - Fonte e carrinho de armazenamento e transporte (Fonte: próprio autor)



Figura 5 - Cabo de força (Fonte: próprio autor)



Figura 6 – Termômetro (Fonte: próprio autor)



Figura 7 - Conexão para junção de tubos (Fonte: próprio autor)



Figura 8 - Painel operacional (Fonte: próprio autor)



Figura 9 - Motor DC-Brushless (Fonte: próprio autor)



Figura 10 - Módulo UTL (Fonte: próprio autor)



Figura 11 - Trava de segurança (Fonte: próprio autor)



Figura 12 - Porca de pressão, manga de distância e dois rotores 0 (Fonte: próprio autor)



Figura 13 - Kit de ferramentas (Fonte: próprio autor)

5.1.3 ETAPAS DE MONTAGEM E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA

Para uso do Turrax, devemos seguir 10 passos, especificados no decorrer desta seção.

I. Colocar o equipamento em local adequado, preferencialmente espaçoso e antiderrapante. De acordo com o material a ser homogeneizado, separar as peças do módulo que será utilizado, ilustrado na Figura 14;



Figura 14 - Separação das peças do módulo utilizado (Fonte: próprio autor)

II. Desmontar o *turrax*, para verificação interna, iniciando pela folga dos grampos de segurança com chave de boca N° 11, como ilustrado na Figura 15;

III. Retirar todas as peças que estão montadas;



Figura 15 - Folga dos grampos de segurança (Fonte: próprio autor)

IV. Verificar se os *orings* estão devidamente encaixados nos locais corretos, ilustrado na Figura 16ab;



(a) (Fonte: próprio autor)



(b) (Fonte: próprio autor)

Figura 16 - Posicionamento dos orings (a); encaixe adequado no local (b)

V. Montar peça por peça do módulo escolhido, neste caso o módulo UTL, sempre verificando o encaixe, exemplificados nas Figuras 17 a 25;



Figura 17 - Câmara de bombeamento (Fonte: próprio autor)



Figura 18 - Rotor 4M (Fonte: próprio autor)



Figura 19 - Primeiro rotor 0 (Fonte: próprio autor)



Figura 20 - Segundo rotor 0 (Fonte: próprio autor)



Figura 21 - Manga de distancia (Fonte: próprio autor)



Figura 22 - Porca de pressão (Fonte: próprio autor)



Figura 23 - Aperto das peças utilizando as chaves 8 e 10 (Fonte: próprio autor)



Figura 24 - Rotor 4M + Flange de entrada (Fonte: próprio autor)



Figura 25 - Aperto dos grampos de segurança (Fonte: próprio autor)

VI. Montar o termômetro segundo as etapas ilustradas nas Figuras 26 a 28, que será acoplado na saída de produtos



Figura 26 - Primeira etapa: encaixar a borracha de vedação (Fonte: próprio autor)



Figura 27 - Segunda etapa: encaixar termômetro (Fonte: próprio autor)



Figura 28 - Terceira etapa: apertar a conexão (Fonte: próprio autor)

VII. Montar o painel de operação. O painel se encaixa na base por meio de ímãs que se encontram no suporte (Figura).



(a) (Fonte: próprio autor)



(b) (Fonte: próprio autor)

Figura 29 - Ímãs para encaixe do painel (a); painel operacional encaixado (b)

VIII. Verificar posicionamento dos cabos de força, e conectá-los (Figura 30);



(a) (Fonte: próprio autor)



(b) (Fonte: próprio autor)



(c) (Fonte: próprio autor)

Figura 30 - Entrada de conexões (a), conexão do termômetro (b) e do painel de operação (c)

IX. Observar o posicionamento dos cabos na hora de conectá-los.



(a) (Fonte: próprio autor)



(b) (Fonte: próprio autor)



(c) (Fonte: próprio autor)



(d) (Fonte: próprio autor)

Figura 31 - Conexão do cabo de força do Homogeneizador (a), conexão de comunicação eletrônica (b), conexão do cabo de força geral (c), disposição de todas as conexões na fonte (d).

X. Acionar a chave de ligação.



Figura 32 – Acionamento da chave de ligação(Fonte: próprio autor)

5.1.4 MODO DE OPERAÇÃO

Para operar o equipamento IKA TURRAX, deve-se seguir os passos descritos na Tabela 1, ilustrados nas Figuras.

Tabela 2 - Modos de operação do IKA Turrax

Ação	Descrição
1. Painel Operacional:	Depois de montado e acionado a chave de ligação, o painel de operações irá ascender.
2. Seleção do módulo de operação	O painel mostrará o nome dos módulos. Devemos escolher, mudando com as setas, e selecionar pressionando a tecla OK.
3. Configuração e Verificação dos Parâmetros:	Especificar a rotação desejada e pressionar OK. O painel mostrará a temperatura da amostra, a rotação que está no momento, o tempo e a força exercida para homogeneizar o produto.



Figura 33 - Ação 1: Painel Operacional (Fonte: próprio autor)



Figura 34 - Ação 2: Seleção do módulo de operação (Fonte: próprio autor)



Figura 35 - Ação 3: Configuração e Verificação dos Parâmetros (Fonte: próprio autor)

5.1.5 LIMPEZA

A limpeza deve ser feita toda vez que o equipamento for utilizado, evitando que haja a formação de crostas e biofilmes. A higienização do equipamento evitará possíveis erros nos resultados de futuras análises.

Para uma limpeza eficaz, devemos seguir os passos descritos:

- Alimentar o equipamento com água, no mínimo 1 litro, e ligar em baixa rotação (9000 rpm). Repetir esta ação 3 vezes e descartar a água.
- Passar água + detergente, de preferência neutro, na proporção 5:1 em 1 litro. Esta solução deve ser passada por 3 vezes em baixa rotação.
- Passar novamente apenas água para a retirada do detergente sobressalente.
- Verificar se ainda existem vestígios de amostras. Havendo, repetir todos os passos anteriores.
- Desmontar o equipamento e deixar escorrer.
- Para uma nova análise, verificar se as peças estão totalmente secas.

5.1.6 MEDIDAS DE SEGURANÇA

Acerca dos parâmetros de segurança, é importante destacar:

- Evitar deixar que o equipamento funcione sem produto, pois pode vir a danificar peças;
- Se precisar homogeneizar produto com altas temperaturas, é aconselhável que o sistema seja aquecido com água na temperatura desejada, para que durante o processo a temperatura demore a cair;
- Sempre verificar os orings, pois sem ele não haverá vedação e possibilitará que peças se choquem umas com as outras danificando-as;
- Ao terminar a homogeneização, limpar todo o equipamento;
- É importante que o analista use touca descartável e máscara para evitar que cabelos e saliva venham interferir nos resultados; Óculos e bata no caso da amostra saltar para fora do funil, principalmente se a amostra estiver em alta temperatura; e luva descartável para proteger de queimaduras (amostra quente);
- Para mexer no produto que possivelmente pode ficar grudado nas paredes do funil, utilizar espátula. Nunca colocar a mão dentro do funil ou na saída de produtos, quando o equipamento estiver ligado. Tais atitudes podem gerar acidentes graves.

5.2 MANUAL DO HOMOGENEIZADOR TWIN PANDA

5.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O homogeneizador de alta pressão Twin Panda 600 é um equipamento de bancada com dois êmbolos (pistões) e dois estágios, de dimensões reduzidas, fabricado especificamente para as exigências laboratoriais e para ensaios de micronização/homogeneização de produtos líquidos de diversos setores (alimentício, químico, bioquímico, farmacêutico, cosmético, etc.).

O panda tem 160 bombeamentos por minuto, pressão de homogeneização máxima no 1º estágio: 600 bar e no 2º estágio: 120 bar, ruído de 70 dB. Os produtos a serem homogeneizados devem ter 1000 cP max de viscosidade e temperatura máxima de 90°C. A temperatura máxima de esterilização do equipamento é de 140°C. Seu volume interno é de 35 cm³, e suas passagens internas de pequenas dimensões permitem utilizar uma quantidade de produto inferior de aproximadamente 300ml para cada ensaio.

5.2.2 PARTES DO EQUIPAMENTO

Maior parte do Panda é motor e instalação elétrica. Suas principais partes e peças serão mostradas nas figuras a seguir.



Figura 36 - Funil de alimentação (Fonte: próprio autor)



Figura 37 - Conexões de encaixe de tubos (Fonte: próprio autor)



Figura 38 - Manômetro digital (Fonte: próprio autor)



Figura 39 - Tubulação de saída do produto (Fonte: próprio autor)



Figura 40 - Válvulas de estádios 1 e 2 (Fonte: próprio autor)



Figura 41 - Botões de ligar e desligar + botão de emergência (Fonte: próprio autor)



Figura 42 – Pistões (Fonte: próprio autor)

5.2.3 ETAPAS DE MONTAGEM E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA

O Panda é uma máquina que não precisa ser desmontada totalmente pois poucas peças são removíveis. Para uso no laboratório, montaremos as partes que podem e devem ser removidas para higienização.

Passo 1: Montagem do funil de alimentação ao equipamento. Com a ajuda de uma conexão de encaixe de tubulações, afixamos o funil a curva de alimentação.



Figura 43 - Funil montado (Fonte: próprio autor)

Passo 2: Instalação da tubulação de saída do produto ao equipamento. Com o auxílio de uma conexão de encaixe de tubulações, unimos a tubulação de saída ao equipamento.



Figura 44 - Tubulação de saída de produto (Fonte: próprio autor)

Passo 3: adicionar ao sistema as adaptações necessárias para ter circulação do produto. Uma mangueira foi acoplada a tubulação de saída de produto, foi utilizado uma garra de pipeta para segurar a mangueira e garantir que o produto volte a alimentar o funil provocando a circulação do produto.



Figura 45 - Adaptação no tubo de saída para recirculação (Fonte: próprio autor)



Figura 46 - Adaptação com garra de pipeta para segurar mangueira (Fonte: próprio autor)

Por ser um equipamento que requer bastante cuidado inclusive na parte elétrica, o Panda vem dotado de um plugue macho do tipo 3P+T, 32A, 380V, 6H.



Figura 47 - plugue macho do tipo 3P+T, 32A, 380V, 6H (Fonte: próprio autor)

Passo 4: Ligar o equipamento na tomada específica.



Figura 48 - Plugue encaixado corretamente na tomada de energia

5.2.4 MODO DE OPERAÇÃO

Para operar o Twin Panda, alguns passos devem ser seguidos com a finalidade de utilizar o equipamento sem danificá-lo.

- Verificar se o equipamento está ligado na tomada de energia e se a tomada está bem encaixada a fim de evitar possíveis curtos circuitos;
- Verificar se as válvulas do estágio 1 e 2 estão totalmente folgadas;
- Verificar se o botão de emergência está desencaixado;
- Alimentar o funil com a amostra;
- Apertar o botão verde de acionamento do equipamento (botão I);
- Ao ligar o equipamento, verificar se o nanômetro está ligado e fornecendo informações. Se não estiver acontecendo isso, chamar a assistência técnica para averiguar;
- Deixar a amostra passar pelo equipamento até que saia na tubulação de saída;
- Apertar, gradativamente, a válvula de estágio 2 até que atinja 120 bar;
- Apertar o estágio 1, gradualmente, até que atinja a pressão desejada;
- Após retirada das amostras, folgar a válvula de estágio 1 ao máximo e em seguida a válvula de estágio 2 até que não haja pressão alguma sob o produto;
- Retirar, pela tubulação de saída, o máximo da amostra analisada. Já que não podemos deixar o equipamento vazio, é indicado que retire o produto até que atinja o nível mínimo de 5 cm ou 3 dedos do final do funil;
- Desligar o equipamento apertando o botão vermelho (botão 0).

5.2.5 LIMPEZA

- Alimentar o equipamento com água, no mínimo 1 litro, e ligar. Este procedimento deve ser repetido por 3 vezes e em todas as vezes mudar a água;
- Passar água + detergente, de preferência neutro, na proporção 5:1 em 1 litro. Esta solução deve ser passada por 3 vezes;
- Passar novamente apenas água para a retirada do detergente sobressalente;
- Verificar se ainda existem vestígios de amostras. Havendo, repetir todos os passos anteriores;
- Desmontar o funil e deixar escorrer. Para uma nova análise, verificar se o funil está totalmente seco.

5.2.6 MEDIDAS DE SEGURANÇA

- O uso de touca e máscara descartável evita que cabelos e saliva venham interferir nos resultados; Óculos e bata protegerão partes do corpo, no caso da amostra saltar para fora do funil principalmente se a amostra estiver em alta temperatura; e luva descartável para evitar queimaduras (amostra quente);
- Se o produto ficar grudado nas paredes do funil, utilize espátula. De maneira nenhuma colocar a mão dentro do funil quando o equipamento estiver ligado. Tais atitudes podem gerar acidentes graves.

5.3 APLICAÇÕES DOS HOMOGENEIZADORES PARA PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Foram feitas duas análises para averiguar o funcionamento dos equipamentos. A primeira utilizando iogurte adicionado de 10% de óleo de soja, com o objetivo de aumentar a viscosidade e gorduras totais elevadas, e a segunda utilizando água e óleo.

A primeira análise foi feita com iogurte ninho, sabor maçã e banana, 700ml, marca Nestlé, adicionado de 10% de óleo de soja, adquiridos em mercado local. Em primeiro lugar passamos a solução no Turrax, módulo UTL, a 9000 rpm. Em seguida levamos a amostra ao Twin Panda, onde homogeneizamos a amostra em 300, 400 e 500 bar. A partir de 400 bar a amostra foi se mostrando mais estável pois o tempo de separação de fases foi maior que a pré-homogeneização a 300 bar. Os resultados serão mostrados na figura .



Figura 49 - Amostras de iogurte + óleo (Fonte: próprio autor)

Na segunda análise, utilizamos água e óleo e seguimos os mesmos passos da primeira. Desta vez, coletamos amostras de cada homogeneização e verificamos no microscópio, a fim de observar a eficiência dos testes. Comparamos as partículas com um ponto feito com lápis piloto (figura). Os resultados da microscopia das amostras encontram-se na figura .

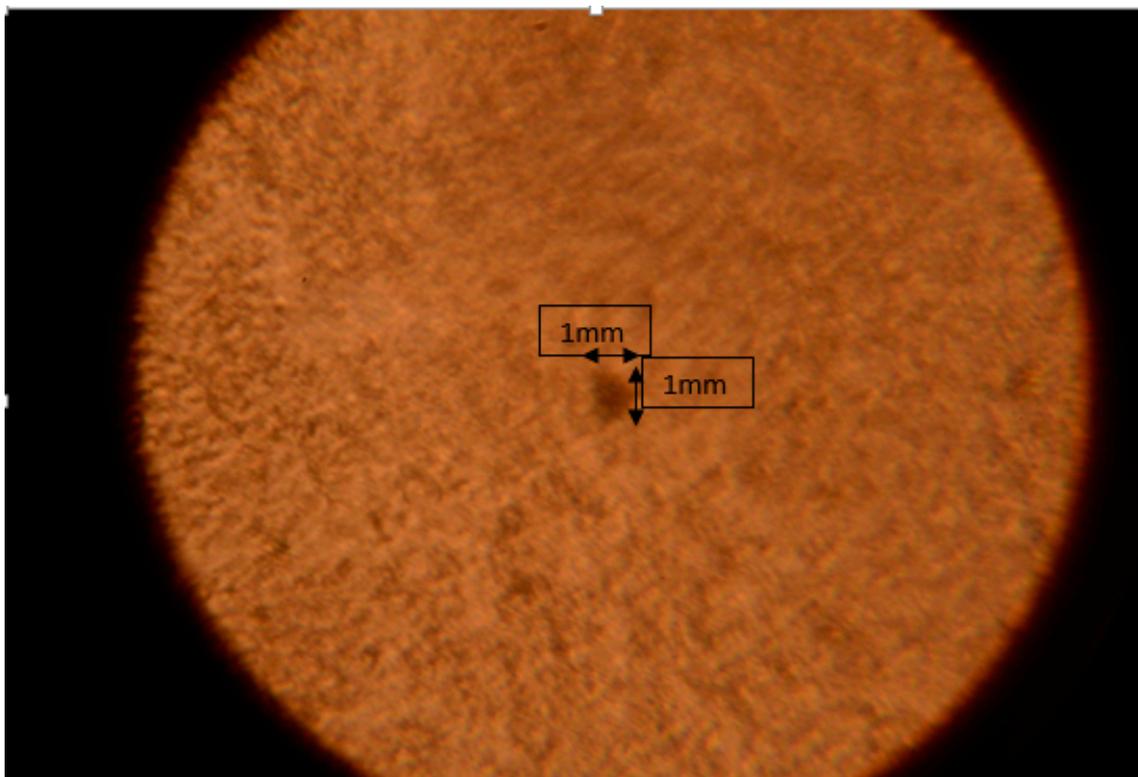


Figura 50 - Ponto de caneta piloto (Fonte: próprio autor)

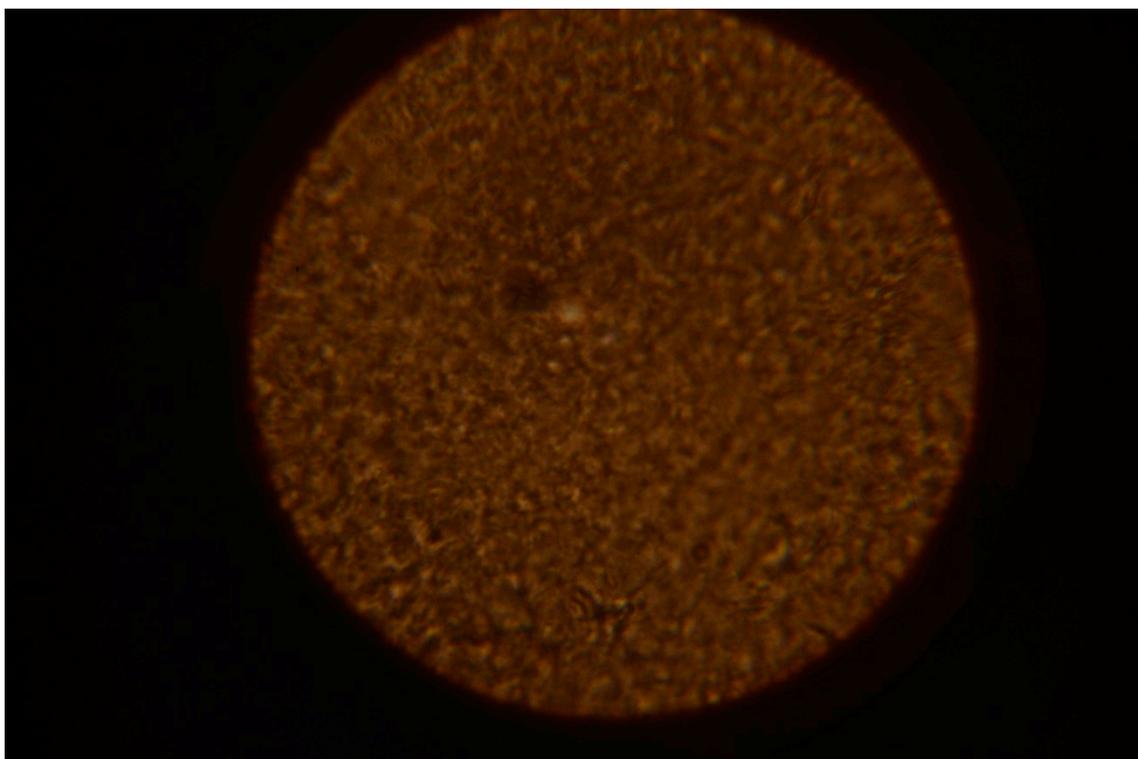


Figura 51 - amostra homogeneizada a 300 bar (Fonte: próprio autor)

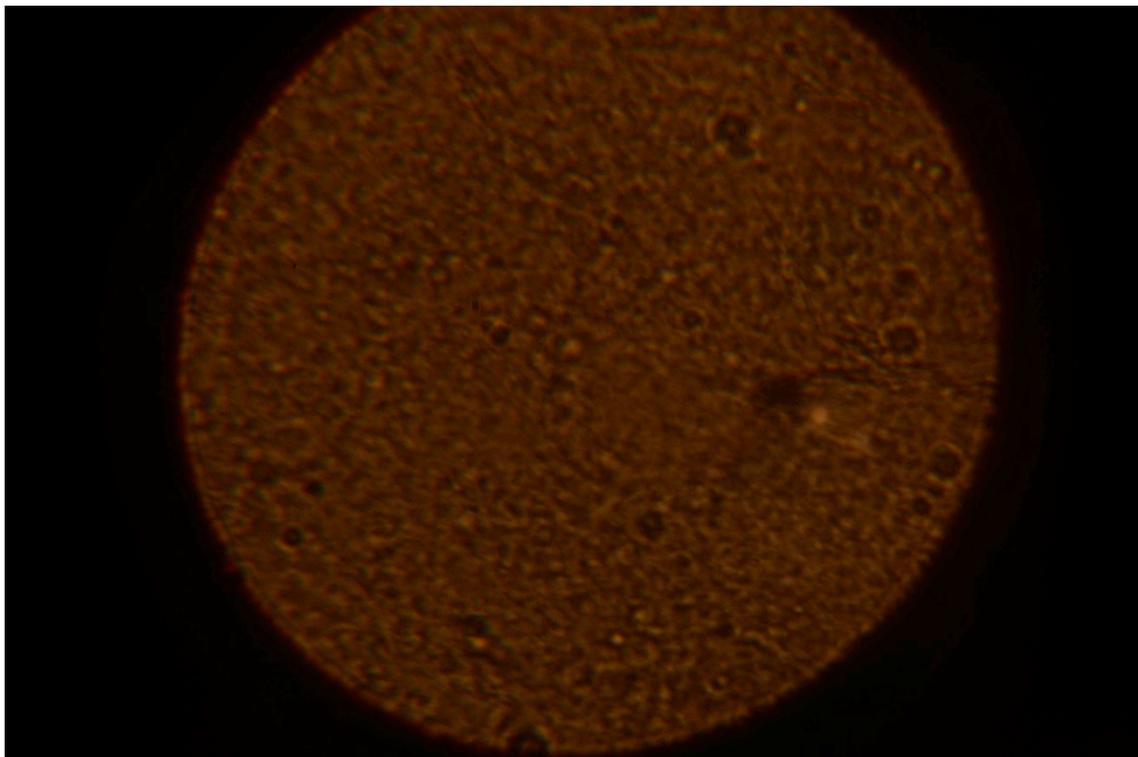


Figura 52 - Amostra homogeneizada a 400 bar (Fonte: próprio autor)

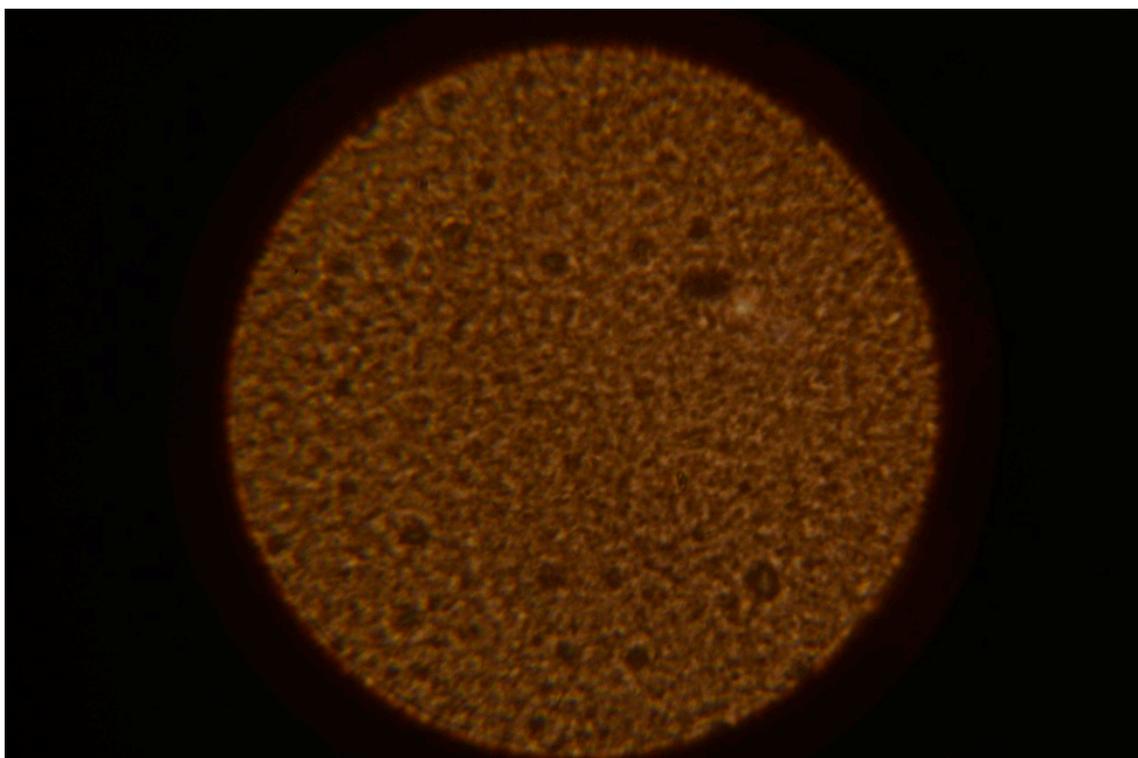


Figura 53 - Amostra homogeneizada a 500 bar (Fonte: próprio autor)

Alguns problemas foram identificados durante o processamento. Tentamos homogeneizar a amostra de água e óleo diretamente no Twin panda. Ao alimentar o funil e

ligar o equipamento, percebemos que o óleo não descia, ficava acumulado na superfície da solução mesmo com a adaptação da mangueira de recirculação como mostra a figura.



Figura 54 - Amostra de O/A sem pré homogeneização (Fonte: próprio autor)

Com isso, decidimos pré homogeneizar a solução. Mas para pré homogeneizar, não sabíamos ainda qual a velocidade adequada para tal processo.

Em leitura do TCC do Bruno da Vinci (ex aluno CTDR), verifiquei que nas análises foi feita uma homogeneização, e para isso foi utilizado um Turrax MARCA BIOFOCO MODELO BF2DH2700 (PIRACICABA, BRASIL) na velocidade 8000 rpm por 3 minutos.



Figura 55 – Turrax BF2DH2700

O Turrax utilizado é diferente do IKA Turrax, pois é preciso que a amostra esteja em um Becker, como mostra a figura. Seu funcionamento é semelhante a de uma batedeira de bolo pois temos que colocar o equipamento na amostra, enquanto que no IKA nós colocamos a amostra no equipamento.

No IKA não é possível passar a amostra por 3 minutos sem interrupções porque não há recirculação, temos que ficar alimentando o equipamento a cada passagem as quais duram apenas 20 segundos. Então decidi aumentar a velocidade do IKA e avaliar o produto. Primeiro dobrei a velocidade e obtive bons resultados, mas não com a mesma satisfação da análise do Bruno. Foi quando resolvi aumentar para 24000 rpm. Verifiquei que a esta velocidade, só precisarei passar a amostra uma vez e os resultados serão melhores que as do Bruno. Com isso conclui que a eficiência do IKA Turrax é maior que a do Turrax de estante pois tenho maior estabilidade em menor tempo de análise.

6. CONCLUSÃO

Os manuais elaborados foram descritos de forma clara com fotos e explicações para fácil utilização dos equipamentos.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L. **Estabilidade de emulsões de água em óleo na presença de campo elétrico externo**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2014. ALTA pressão - Conservação de alimentos. Ebah. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br>>. Acesso em: 07 jun. 2018.
- ARAÚJO SANTANA, M. C. et al. Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, Espanha, v. 18, n. 8, p. 1-14, agosto 2017. ISSN 1695-7504.
- AUGUSTO, P. E. D. Efeito da homogeneização à alta pressão (HAP) nas propriedades reológicas de suco de tomate, Campinas, SP, 2012.
- BARROS, F. F. C. et al. Surfactina: propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicações em alimentos. **Química Nova**, Campinas, SP, v. 30, n. 2, p. 409-414, janeiro 2007.
- BASTO, S. et al. Emulsão e microemulsão: novos sistemas de liberação controlada de fármacos no tratamento veterinário. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, Recife, PE, v. 10, n. 1-4, p. 25-33, 2016.
- BEDIN, A. C. **Nanoemulsões contendo benzoilmetronidazol: desenvolvimento, caracterização e estudo de liberação in vitro**. Universidade Federal de Santa Catarina. [S.l.]. 2011.
- BELLÉ, L. P.; SANDRI, S. **Bioquímica aplicada: reconhecimento e caracterização de biomoléculas**. 1ª. ed. São Paulo, SP: Érica, 2014.
- BETTELHEIM, F. A. et al. **Introdução a bioquímica**. tradução da 9ª. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2017.
- BIM, J. P. R. E.; SILVA, L. L.; SILVA, A. R. Z. Desenvolvimento de emulsão de lipídios de coco com alta densidade calórica (para pacientes com fibrose cística). **Cadernos da escola de saúde**, Curitiba, PR, p. 179-189, 2011. ISSN 1984-7041.
- BOCKISCH, M. **Fats and Oils Handbook**. [S.l.]: Elsevier, 2015.
- CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo, SP: Manole, 2015.
- CAMPOS, F. P.; DOSUALDO, G. L.; CRISTIANINI, M. Utilização da Tecnologia de Alta Pressão no Processamento de Alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 351-357, jul./dez. 2003.
- CARELLE, A. C.; CÂNDIDO, C. C. **Tecnologia dos alimentos: principais etapas da cadeia produtiva**. 1ª. ed. São Paulo, SP: Érica, 2015.
- CASSOL, G. S. **Estudo da aplicação do ultrassom e de um agitador de alta velocidade no desenvolvimento de protetores solares**. Porto Alegre, RS. 2016.
- COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueri, SP: Manole, 2013.

CRUZ, A. et al. **Processamento de Leites de Consumo**: Coleção Lácteos. [S.l.]: Elsevier Brasil, v. 2, 2017.

CRUZ, A. et al. **Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados**: Coleção Lácteos. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4^a. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia de processamento de alimentos**: princípios e práticas. 2^a. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.

FRANZOL, A.; REZENDE, M. C. Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônicos, catiônico e não-iônico. **Polímeros**, São José dos Campos, SP, p. 1-9, janeiro 2015.

FRASCARELI, E. C. **Microencapsulação de óleo de café através de secagem por atomização**: avaliação das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó. Campinas, SP: [s.n.], 2010.

GAMBOA, O. W. D.; GIOIELLI, L. A. Comportamento de cristalização de lipídios estruturados obtidos a partir de gordura de palmiste e óleo de peixe. **Química nova**, São Paulo, SP, v. 29, n. 4, p. 646-653, março 2006.

HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 5^a. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2012.

HELENA C. F. CARNEIRO, R. V. T. C. R. F. G. M. D. H. Efeito da utilização de combinações de material de parede nas propriedades das emulsões e partículas e na eficiência de encapsulação do óleo de linhaça, 2011.

HOLKEM, A. T. et al. Técnicas de preparação de sistemas nanotecnológicos aplicados a alimentos. **Ciência e natureza**, v. 37, p. 87, dez. 2015.

IKA. **IKA Process**. Disponível em: <<http://www.ikaprocess.com>>. Acesso em: 7 maio 2018.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos**: teoria e aplicações práticas. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara koogan, 2017.

LEAL-CALDERON, F.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J. **Emulsion Science**: basic principles. 2. ed. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007.

MARTINI, T. L. **Influência dos impelidores e condições de mistura na produção de insumos químicos para o setor coureiro**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [S.l.]. 2010.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 4^a. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2017.

MATOS, S. P. D.; MACEDO, P. D. G. **Bioquímica dos alimentos**: composição, reações e práticas de conservação. 1^a. ed. São Paulo, SP: Érica, 2015.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsions: principles, practices, and techniques**. 3. ed. [S.l.]: CRC Press, 2015.

MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações. **Embrapa gado de corte**, Brasília, DF, n. 1^a, p. 176, 2015.

MONTALVO, M. E. D. A. **Escoamento de emulsões óleo em água através de microcapilares**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2008.

MOREIRA, N. X.; CURI, R.; MANCINI FILHO, J. Fatty acids: a review. **Brazilian Soc. Food Nutr.**, São Paulo, SP, v. 24, p. 105-123, dezembro 2002.

NESPOLO, C. R. et al. **Práticas em Tecnologia de Alimentos**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2015.

OLIVEIRA, G. M. **Obtenção e caracterização de bases lipídicas destinadas a estabilização do polimorfismo de lipídios com ênfase na manteiga de cacau**. Campinas, SP: [s.n.], 2016.

PARTICLE SCIENCES, D. D. S. Emulsions and emulsification. **Particle sciences - technical brief**, v. 9, 2009.

PEY, C. M. et al. Optimization of nano-emulsions prepared by low-energy emulsification methods at constant temperature using a factorial design study. **Colloids and surfaces a: physicochemical and engineering aspects**, v. 288, n. 1-3, p. 144-150, out. 2006.

PINHEIRO, D. M.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. A química dos alimentos: carboidratos, lipídios, proteínas e minerais. **Conversando sobre ciências em Alagoas**, Maceió, AL, p. 52, 2005.

PINHO, C. R. G. et al. Avaliação do escoamento de leite desnatado durante homogeneização a alta pressão (HAP) por meio de fluidodinâmica computacional (CFD). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, SP, v. 14, n. 3, p. 232-240, jul./set. 2011.

PINTO, W. D. J. **Bioquímica clínica**. 1^a. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara koogan, 2017.

RODWELL, V. W. et al. **Bioquímica ilustrada de Harper**. 30^a. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2017.

SANTANA, R. C. **Emulsões estabilizadas por colágeno: efeito da hidrólise térmica e do processo de homogeneização**. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

SANTOS, R. L. **Avaliação da influência da composição dos carreadores lipídicos nanoestruturados sobre o tamanho de partícula e eficiência de encapsulação para liberação controlada de carvacrol**. São Cristóvão, SE: [s.n.], 2017.

SIKORSKI, Z. Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical, Biological, and Functional aspects of food lipids**. 2, ilustrada, revisada. ed. [S.l.]: CRC Press, 2010.

SILVA, R. C.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciencia Farmaceutica**, São Paulo, SP, v. 42, n. 2, abr./jun. 2006.

SILVA, T. M. **O estudo do efeito da homogeneização de alto cisalhamento na estabilidade física de emulsões**. São Paulo, SP: [s.n.], 2015.

SOBRE a empresa: Tetrapak international SA. **site da Tetrapak**. Disponível em: <<https://www.tetrapak.com/br/processing/homogenization>>. Acesso em: 7 junho 2018.

SOLE, I. et al. Nano-emulsions preparation by low energy methods in ionic surfactant system. **Colloids and surfaces a: physicochemical engineering aspects**, p. 138-143, 2006.

TADROS, T. F. **Emulsion Formation and Stability**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.

TADROS, T. F. **Emulsion formation, stability and rheology**. [S.l.]: GmbH & Co, 2013.

TADROS, T. F. **Emulsions: formation, stability, industrial applications**. [S.l.]: Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2016.