



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA**

SIBELE LIANE ZULIAN

**ADIÇÃO DE ÁCIDO GRAXO DE SOJA COMO AGENTE
ESTABILIZANTE DA VISCOSIDADE DE LECITINA DE SOJA**

**FLORIANÓPOLIS
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA**

Sibele Liane Zulian

**ADIÇÃO DE ÁCIDO GRAXO DE SOJA COMO AGENTE
ESTABILIZANTE DA VISCOSIDADE DE LECITINA DE SOJA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Agenor Furigo Junior.

Coorientador (a): Dr^a Mara Cristina Picoli Zenevicz.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de
Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Zulian, Sibebe Liane

Adição de Ácido Graxo de Soja como Agente Estabilizante da Viscosidade de Lecitina de Soja / Sibebe Liane Zulian ; orientador, Agenor Furigo Junior ; coorientadora, Mara Cristina Picoli Zenevicz Florianópolis, SC, 2016
98 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química.

Inclui referências

1. Engenharia Química. 2. Lecitina de soja. 3. Ácido graxo de soja. 4. Viscosidade. 5. Índice de acidez. I. Furigo Junior, Agenor. II. Zenevicz, Mara Cristina Picoli. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. IV. Título.

Sibele Liane Zulian

**ADIÇÃO DE ÁCIDO GRAXO DE SOJA COMO AGENTE
ESTABILIZANTE DA VISCOSIDADE DE LECITINA DE SOJA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Química”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 12 de dezembro de 2016.

Prof^a. Dr^a. Cíntia Soares
Coordenador do Curso

Prof. Dr. Agenor Furigo Junior
Orientador

Dr^a Mara Cristina Picoli Zenevicz
Coorientadora

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Lindo Lerin
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Josamaique Gilson Venerai
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado ao meu querido Pai, que tão cedo nos deixou...

AGRADECIMENTOS

- ♥ Agradeço a todos os membros da banca, por suas contribuições na avaliação deste trabalho;
- ♥ Aos meus orientadores: Professor Agenor e Mara, por toda ajuda, apoio, auxílio, comprometimento, carinho e conhecimento a mim passado;
- ♥ Aos demais professores do programa, em especial à professora Débora, por toda atenção e carinho demonstradas;
- ♥ Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC;
- ♥ À Deus, pela vida e por mais esta conquista;
- ♥ À minha família por me apoiar, amar e entender as minhas ausências neste período. Obrigada mãe, meus irmãos Franciele e Cléber, meu filho Bruno e meu marido, companheiro e, sobretudo, amigo Josian, pela paciência, pelas palavras de incentivo, por estar ao meu lado em todas as horas. Amo vocês!!!
- ♥ Ao meu querido pai Cladir Zulian, exemplo de força e superação, a quem levo como exemplo em minha vida, que mesmo não estando mais entre nós, se faz muito presente em minha vida;
- ♥ À empresa Olfar, pela liberação de sua estrutura, disponibilização da equipe da qualidade para auxiliar a realização da parte experimental deste trabalho e pela dispensa do trabalho para a participação das aulas;
- ♥ Aos meus amigos e colegas da Olfar, Bruna, Sarah, Maiquel, Eduardo Keller, Eduardo Bonavigo, Fabiano, Ricardo, Moisés pelo apoio e conhecimento passado, o meu Muito Obrigada!
- ♥ Muitas pessoas passaram pelo meu caminho neste período, algumas pessoas eu agradeço de coração, e devo minha amizade, carinho, admiração e respeito, em especial para a Suzana, Ângela, Taís e Maria José;
- ♥ À minha amiga incondicional Mara Cristina Zenevicz, pessoa fundamental, que sempre me incentivou e me auxiliou período, meu muito obrigada pela casa, pelos passeios ombro amigo de sempre. Amo você!
- ♥ À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade em cursar o Mestrado em Engenharia Química;
- ♥ À todos.....Muito obrigada!!!

*“Que os vossos
esforços desafiem as
impossibilidades, lembrai-
vos de que as grandes coisas
do homem foram
conquistadas do que parecia
impossível”.*
(Charles Chaplin)

RESUMO

Neste trabalho, propôs-se o melhoramento na viscosidade da lecitina de soja, através da adição de ácido graxo de soja. O grande obstáculo perante a lecitina de soja expedida para mercado externo em tambores de 200 kg é referente à alta viscosidade do produto, visto que o mesmo demora um longo período até chegar ao seu destino final, o que acarreta na absorção de umidade e, conseqüentemente, o aumento da viscosidade, parâmetro este que dificulta o manuseio do produto. O presente trabalho teve como objetivo melhorar as características físico-químicas da lecitina de soja por meio da adição de ácido graxo de soja, obtendo a viscosidade ideal e mantendo os demais parâmetros dentro das especificações técnicas a fim de atender a indústria alimentícia. Foram testadas as concentrações de 1, 3 e 10 % (m/m) de AGS, e analisados os critérios de umidade, índice de acidez e viscosidade em escala laboratorial no decorrer do tempo. Após a avaliação dos resultados, foi verificado que a proporção ideal de ácido graxo de soja é 3 % (m/m). Esta concentração foi testada em escala industrial. Os resultados obtidos na indústria foram satisfatórios, onde o produto conservou suas características físico-químicas. Conseguiu-se obter um produto de qualidade, que mantém as características necessárias para seu uso e manuseio, com uma viscosidade ideal e atendendo as especificações técnicas respeitando os limites de índice de acidez, umidade e viscosidade estipulados pela legislação.

Palavras-chave: Lecitina de soja. Ácido graxo de soja. Viscosidade. Índice de acidez. Umidade. Especificações técnicas.

ABSTRACT

In this work, it was proposed to improve the viscosity of soy lecithin by adding soybean fatty acid. The major obstacle to soybean lecithin shipped abroad in 200 kg drums is the high viscosity of the product, since it takes a long time to reach its final destination, resulting in the absorption of moisture and, consequently, Viscosity increase, this parameter makes it difficult to handle the product. This study aimed to improve the physical and chemical characteristics of soybean lecithin by addition of soybean fatty acid, obtaining the ideal viscosity and maintaining the other parameters within the technical specifications in order to fulfill the requirements in the food industry. AGS concentrations of 1, 3 and 10 % (m/m) were tested and analyzed, criteria such as humidity, acid value and viscosity at laboratory scale over time. After evaluation of the results, it was found that the optimum ratio of soybean fatty acid was 3 % (m/m). This concentration was tested on an industrial scale. The results were satisfactory in the industry, where the product has retained its physical and chemical characteristics. It was managed to get a quality product, which maintains the characteristics necessary for its use and handling, with an ideal viscosity and maintaining the technical specifications within the limits of acid value, moisture and viscosity stipulated by the legislation.

Keywords: Soy Lecithin. Soybean Fatty acid. Viscosity. Acidity level. Humidity. Technical specifications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma do documento da dissertação	27
Figura 2 – Produtos fabricados e comercializados pela empresa Olfar a partir da soja.....	36
Figura 3 – Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: (i) saturados (a, palmítico com 16 carbonos; b, esteárico com 18 carbonos); (ii) insaturados com 18 carbonos (c, oleico com uma ligação dupla; d, linoleico com duas ligações duplas; e linolênico com três ligações duplas).....	47
Figura 4 – Ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras: (a) triacilglicerídeo; (b) diacilglicerídeo; (c) monoacilglicerídeo; (d) lecitina...	49
Figura 5 – Etapas de extração do ácido graxo de soja na empresa Olfar.....	51
Figura 6 – Diagrama do processo de degomagem com água.....	57
Figura 7 – Etapas da extração dos fosfatídios (lecitina).....	58
Figura 8 – Etapas do processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar.....	60
Figura 9 – Planejamento experimental das amostras analisadas em escala laboratorial.....	68
Figura 10 – Planejamento das amostras em escala industrial.....	70
Figura 11 – Ilustração do processo de adição do ácido graxo de soja no secador da lecitina.....	72
Figura 12 – Influência de diferentes concentrações de AGS na umidade na lecitina de soja.....	75
Figura 13 – Influência da adição de diferentes concentrações de AGS na viscosidade da lecitina de soja.....	76
Figura 14 – Influência de diferentes concentrações de AGS no índice de acidez da lecitina de soja.....	78
Figura 15 – Parâmetros estudados na adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja na lecitina de soja, sendo: A) Umidade; B) Viscosidade; C) Índice de acidez.....	80
Figura 16 – Comportamento da umidade na lecitina de soja com 3 % (m/m) de AGS em 3 bateladas de lecitina diferentes.....	81
Figura 17 – Viscosidade na lecitina de soja com 3 % (m/m) de AGS em 3 bateladas de lecitina diferentes.....	82
Figura 18 – Lecitina de soja sem adição de AGS.....	83
Figura 19 – Lecitina de soja com adição de 3 % (m/m) de AGS.....	83
Figura 20 – Índice de acidez na lecitina de soja com 3 % (m/m) de ácido graxo de soja em 3 bateladas de lecitina diferentes.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal (%) do grão de soja expresso em base seca.....	34
Tabela 2 – Composição de ácidos graxos do óleo de soja.....	35
Tabela 3 - Estruturas dos fosfolipídios.....	42
Tabela 4 - Composição de fosfolipídios de soja - base livre de óleo.....	45
Tabela 5 - Composição da lecitina de soja padrão - base lipídica.....	46
Tabela 6 - Composição de ácidos graxos da lecitina de soja padrão.....	46
Tabela 7 – Especificações do ácido graxo vegetal de soja.....	52
Tabela 8 – Especificações técnicas da lecitina de soja na empresa Olfar.....	54
Tabela 9 – Conteúdo típico de gomas de alguns óleos brutos.....	55
Tabela 10 – Certificado de Qualidade da lecitina de soja da empresa Olfar sem AGS e com adição de 3 % (m/m) de AGS.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGS	Ácido Graxo de Soja
AGL	Ácido Graxo Livre
AOCS	American Oil Chemists' Society
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BPF	Boas Práticas de Fabricação
FSSC	Food Safety System Certification
GFSI	Global Food Safety Initiative
ISO	International Organization for Standardization
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PCC	Ponto Crítico de Controle
PIB	Produto Interno Bruto
PPR	Programa de Pré Requisito
PPRO	Programa de Pré Requisito Operacional
SE	Secador
TQ	Tanque
VSC	Vertical Seed Conditioner

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	29
2. OBJETIVOS	31
2.1 OBJETIVO GERAL	31
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
3.1 A SOJA E SEUS SUBPRODUTOS	33
3.1.1 Lecitina de soja	37
3.1.2 Ácido graxo	46
3.1.3 Controle de Qualidade	52
3.2 OBTENÇÃO DA LECITINA DE SOJA COMERCIAL	54
3.2.1 Etapas do proceso de produção da lecitina de soja na empresa Olfar	60
3.2.1.1 Recebimento e armazenamento da matéria-prima ...	61
3.2.1.2 Condicionamento da soja	61
3.2.1.3 Quebra da soja e separação da casca	61
3.2.1.4 Laminação	62
3.2.1.5 Extração com solvente orgânico	62
3.2.1.6 Destilação da micela	63
3.2.1.7 Recuperação do solvente	63
3.2.1.8 Degomagem do óleo	64
3.2.1.9 Lecitina de soja	64
3.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTADO DA ARTE	64
4. MATERIAL E MÉTODOS	67
4.1 ESCALA LABORATORIAL	67
4.2 ESCALA INDUSTRIAL	69
4.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISES	73
4.3.1 Determinação da umidade	73
4.3.2 Determinação da viscosidade	73
4.3.3 Determinação do índice de acidez	74
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
5.1 ESCALA LABORATORIAL	75
5.1.1 Determinação da umidade	75
5.1.2 Determinação da viscosidade	76
5.1.3 Determinação do índice de acidez	77
5.1.4 Condições ideais encontradas no estudo em escala laboratorial	78

5.2 ESCALA INDUSTRIAL	81
5.2.1 Determinação da umidade	81
5.2.2 Determinação da viscosidade	82
5.2.3 Determinação do índice de acidez	84
5.2.4 Controle de Qualidade	85
6. CONCLUSÕES	89
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	91
8. REFERÊNCIAS	93

DIAGRAMA CONCEITUAL DO TRABALHO

ADIÇÃO DE ÁCIDO GRAXO DE SOJA COMO AGENTE ESTABILIZANTE DA VISCOSIDADE DE LECITINA DE SOJA

Por quê?

- Melhorar o parâmetro de viscosidade da lecitina de soja;
- Atender as especificações técnicas;
- Melhorar a relação empresa e o cliente.

Quem já fez?

- Há escassez referente a esta problemática na literatura.

Hipóteses

- É possível adicionar ácido graxo de soja na lecitina;
- É possível melhorar as características físico-químicas da lecitina com a adição de AG;
- As características físico-químicas do produto permaneceram inalteradas;
- Qual a proporção ideal de ácido graxo misturado na lecitina;
- Os resultados laboratoriais irão se reproduzir em escala industrial.

Metodologia experimental

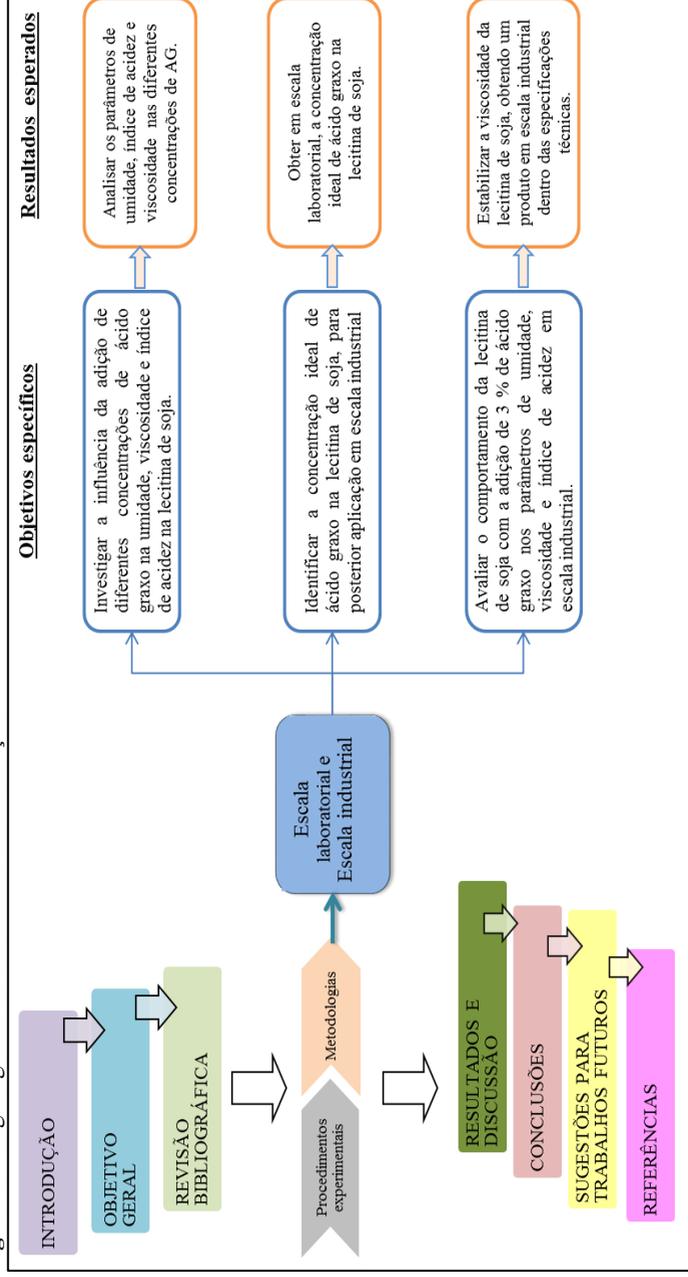
- Metodologias para determinação da umidade;
- Metodologias para determinação do índice de acidez;
- Metodologias para determinação da viscosidade.

Resposta

- Realizar um estudo prático e inovador, que possa trazer melhorias no processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar e, consequentemente, melhoria na estabilidade do produto final;
- Melhorar a viscosidade da lecitina de soja, adicionando ácido graxo no processo.

Este documento será apresentado conforme o esquema da Figura 1.

Figura 1 – Organograma do documento da dissertação



Fonte: AUTOR, 2016.

1. INTRODUÇÃO

A lecitina de soja possui alto valor comercial agregado, e é um dos carros-chefes da empresa Olfar. Ela é comercializada em tambores de 200 kg ou à granel, e expedida para o mercado interno e também exportada para diversos países, como Colômbia, Venezuela, Equador e Peru.

Por ser um produto higroscópico, a lecitina de soja absorve facilmente umidade, o que a torna mais viscosa e, conseqüentemente, dificulta o seu manuseio para retirá-la do tambor. Este problema de viscosidade elevada não é apresentado quando se mantém a lecitina em temperatura igual ou superior a 50 °C, o que facilita os carregamentos desse produto a granel, pois, além de ser mantida aquecida dentro da planta, a lecitina é mantida aquecida nos caminhões tanque, devido aos mesmos possuírem um sistema de isolamento térmico.

O grande problema deste produto é com relação à exportação em tambores de 200 kg, visto que a lecitina viaja por meses em navios até o destino final e, quando chega ao cliente, a viscosidade encontra-se elevada, gerando constantes reclamações, depreciando sua qualidade.

Há relatos antigos na literatura que a adição de aproximadamente 3 % (m/m) de ácidos graxos vegetais na lecitina de soja faz com que o produto apresente estabilidade em temperatura ambiente (BAYLEI, 1961; CIRCLE, DAUBERT, STANLEY, 1951).

Com base nestes aspectos, o objetivo deste trabalho foi realizar testes na lecitina de soja adicionando-se diferentes concentrações de ácido graxo de soja e caracterizando cada amostra, para estudar como o produto se comporta com e sem a presença de AG no decorrer do tempo. As variáveis analisadas para a estabilidade da lecitina de soja foram: umidade, viscosidade e índice de acidez.

A viscosidade é ajustada em função da facilidade de manuseio requerida. Esta corresponde a uma importante característica físico-química da lecitina de soja, que influencia no manuseio do produto.

A umidade é extremamente importante para assegurar a estabilidade microbiológica no produto. Seu valor deve ser inferior a 1 % (m/m), pois ela apresenta grande influência na viscosidade da lecitina e no tempo de armazenamento do produto.

O índice de acidez indica o grau de degradação da lecitina, devido à baixa qualidade da soja processada, ou condições inadequadas de processo. Para que a acidez não comprometa a qualidade do produto, o índice de acidez não deve ultrapassar o limite de 29 mgKOH/g.

Por se tratar de um assunto escasso de literatura, já que são poucas as empresas no Brasil que optam por processar a goma extraída do óleo bruto de soja, convertendo-a em lecitina, surge o desafio de realizar um estudo prático e inovador, que possa trazer melhorias no processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar com o objetivo de melhorar a estabilidade do produto final, obtendo um subproduto da extração de óleo de soja com alto valor agregado realizando pequenas alterações no processo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aprimorar as características físico-químicas da lecitina de soja, garantindo a viscosidade ideal e atendendo às especificações técnicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar a influência da adição de diferentes concentrações de ácido graxo de soja na umidade, viscosidade e índice de acidez da lecitina de soja.
- Identificar a concentração ideal de ácido graxo de soja na lecitina de soja, para posterior aplicação em escala industrial.
- Avaliar o comportamento da lecitina de soja com a adição de AGS na melhor condição obtida em escala laboratorial, nos parâmetros de: umidade, viscosidade e índice de acidez em escala industrial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresentará uma breve revisão acerca do estado da arte no qual o presente trabalho se insere, procurando evidenciar a relevância do tema sob investigação para a literatura científica. Inicialmente, será apresentada uma visão geral sobre a matéria-prima soja, evidenciando suas vantagens, aplicações e características. Posteriormente, será dada ênfase aos subprodutos da soja: lecitina de soja e ácido graxo de soja, e como é realizado o Controle de Qualidade da lecitina de soja na empresa Olfar. Por fim, será realizada uma breve explanação sobre a obtenção da lecitina comercial e as etapas do processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar.

3.1 A SOJA E SEUS SUBPRODUTOS

A planta da soja pertence à classe *Dicotyledoneae*, subclasse *Archichlamydae*, ordem *Rosales*, subordem *Leguminosinae*, família *Leguminosae*, subfamília *Papilionaceae*, tribo *Phaseoleae*, gênero *Glycine* L., subgênero *Glycine* (Moench) e à espécie *Glycine max* (L.) Merrill (GONG et al., 2004). A soja (*Glycine max* L.) é a principal cultura agrícola do Brasil, em volume e geração de renda. O complexo mercado da soja responde por aproximadamente 1,5 % do PIB do Brasil e as exportações são uma importante fonte de divisas internacionais do país (cerca de 11 % das exportações totais).

A soja é uma planta com ciclo anual, herbácea, ereta, autógama, apresentando variabilidade para as características morfológicas, que ainda podem ser influenciadas pelo ambiente, de porte herbáceo (de 0,80 a 1,5 m de altura) e constitui um dos mais importantes alimentos do homem, pois é rica em substâncias nutritivas. Possui um elevado teor de proteínas, gorduras, sais minerais e vitaminas que variam em proporções a depender, principalmente, de fatores botânicos e biológicos, conforme mostrado na Tabela 1. A composição básica do grão de soja é 1 % óleo bruto e 7 % farelo (ANDRADE, 2006).

Tabela 1 - Composição centesimal (%) do grão de soja expresso em base seca.

Composição	% em base seca
Proteínas	41,0
Lipídios	20,0
Carboidratos*	31,0
Cinzas	8,0

* No percentual de carboidrato estão incluídas as fibras.

Fonte: Adaptado de ANDRADE, 2006.

Em função do seu potencial produtivo, a soja ocupa posição de destaque na economia brasileira, sendo atualmente o segundo maior produtor mundial da oleaginosa. A soja origina produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria e recentemente, vem sendo utilizada também como fonte alternativa de biocombustível (ZAMBIAZZI, 2014).

A soja é empregada na alimentação humana [sob a forma de óleo de soja, tofu, molho de soja, leite de soja, proteína de soja, soja em grão entre outros, e animal (no preparo de rações)]. É um grão rico em proteínas, e fonte de algumas vitaminas do complexo B, como a riboflavina e a niacina e sais minerais, como o potássio, cálcio, magnésio, fósforo, cobre e zinco. Além destes nutrientes, a soja contém a isoflavona, também chamada de fitoestrógeno, que atua na prevenção de doenças crônico-degenerativas como o câncer de mama, de cólon de útero e de próstata. Sua estrutura química é semelhante ao estrógeno (hormônio feminino) e, por isso, é uma substância capaz de aliviar os efeitos da menopausa e da tensão pré-menstrual (MAGNONI, 2001).

A soja é um produto com grande expressão na economia externa e interna no Brasil, não só pelo seu valor nutricional como grão adequado para consumo, mas pela gama de produtos oriundos das frações do grão, tais como os altos teores de óleo e proteínas, como também, a boa valorização comercial de seus resíduos, em destaque a lecitina de soja (ANDRADE, 2006). Os principais subprodutos de soja são o ácido graxo, o farelo de soja, o óleo de soja e a lecitina de soja.

Apesar da vasta aplicação das proteínas da soja, o grão tem seu uso mais conhecido como matéria-prima para a extração de óleo de soja, o qual apresenta aproximadamente 98 % da sua composição (Tabela 2) formada pelos ácidos graxos como esteárico, linolênico, palmítico, oleico e linoleico. Além disso, ainda existem pequenas quantidades de componentes não-glicéricos, tais como fitoesteróis, ceras, hidrocarbonetos, carotenoides, tocoferóis e fosfatídios (NETO et al., 2000).

Sonntag (1979) e O'brien (1998) apresentam algumas das propriedades físicas do óleo de soja e sua composição.

Tabela 2 – Composição de ácidos graxos do óleo de soja.

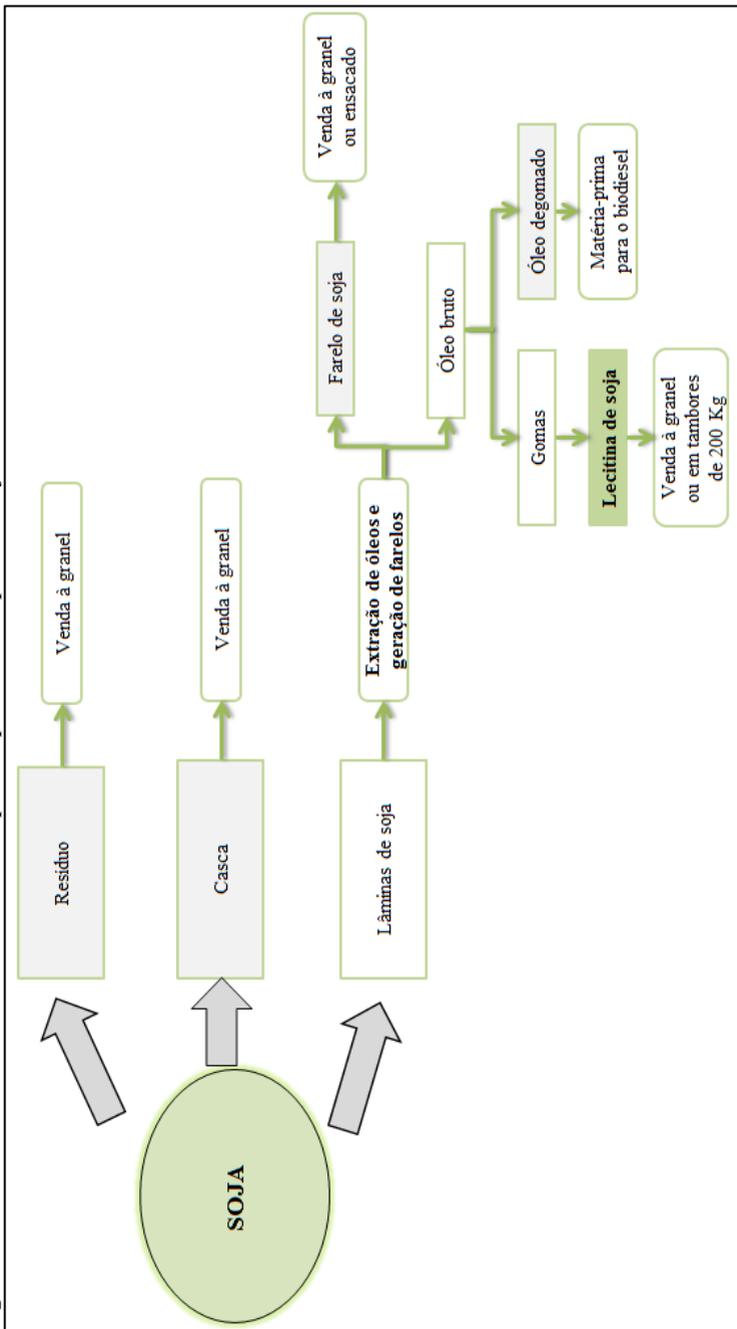
Nomenclatura	Ácidos Graxos	Teor de AGL (%)
Mirístico	C14:0	0,1
Palmítico	C16:0	10,6
Palmitoléico	C16:1	0,1
Margárico	C17:1	0,1
Esteárico	C18:0	4,0
Oleico	C18:1	23,3
Linoleico	C18:2	53,7
Linolênico	C18:3	7,6
Araquidônico	C20:0	0,3
Behênico	C22:0	0,3

Fonte: O'BRIEN, 1998.

O óleo de soja é, atualmente, produzido em maior volume no mundo. A soja contém 18 a 20 % de óleo e o farelo representa cerca de 79 % com um teor de proteína de 45 %. Suas vagens contêm até quatro sementes (DORSA, 2004).

Na planta de extração de óleo da empresa Olfar, a soja, que é a matéria-prima, dá origem ao resíduo de soja, casca de soja, farelo de soja, óleo de soja e lecitina de soja. A Figura 2 ilustra estas etapas.

Figura 2 – Produtos fabricados e comercializados pela empresa Olfar a partir da soja.



Fonte: AUTOR, 2016.

3.1.1 Lecitina de soja

A lecitina é o principal subproduto da fabricação do óleo vegetal, é de uso bastante difundido na fabricação de tintas, vernizes e nas indústrias farmacêuticas e alimentícias (OLFAR, 2016).

Lecitina, como é conhecida comercialmente, é um produto rico em fósforo, quimicamente denominado fosfatídios ou fosfolipídios. Os fosfatídios estão presentes em quase todas as células animais e vegetais, tais como: cérebro nervoso, fígado, rins, gema de ovo, pulmão, corpúsculos do sangue, pele, micro-organismo de todas as espécies, fungos, plantas, sementes de girassol e soja (BAILEY, 1961).

Embora a lecitina seja encontrada em maiores proporções nas gemas dos ovos, em torno de 4 a 12 % de lecitina, a sua extração é feita somente em pequenas escalas, e, segundo STANLEY (1951), sua industrialização é de custo oneroso. Já o leite possui em torno de 0,036 a 0,049 % e o óleo de soja de 1,65 a 3,08 % de lecitina.

O mercado de emulsificantes naturais é dominado pela lecitina, que representa uma variedade de fontes, formatos e funcionalidades. A fonte mais comum é a soja (com percentual de 2 a 3 % de lecitina), em virtude de sua disponibilidade. Estima-se que 95 % da lecitina seja produzida comercialmente a partir da soja. Outras fontes comerciais incluem o óleo de palma, o óleo de canola e o óleo de girassol, bem como leite e ovos (SPILBURG et al., 2003).

A lecitina de soja tem propriedade emoliente, emulsificante e solubilizante. Sendo assim, ela é muito utilizada nas indústrias farmacêutica e de alimentos. Tem aplicação em produtos farmacêuticos para uso oral, parenteral e tópico, onde é usada também para a formação de lipossomas. É constituinte da fase oleosa do gel transdérmico fazendo com que a droga carregada penetre mais facilmente. A lecitina é um suplemento fornecedor de colina, para distúrbios da memória e doença de Alzheimer. Tem também ação redutora do colesterol e triglicérides e ativadora da circulação, diminuindo assim o risco de doenças cardiovasculares por sua ação emulsificante, que não permite que haja depósito de gordura nos vasos sanguíneos. Melhora o desempenho físico de alguns atletas ajudando a diminuir a fadiga e o cansaço. É utilizada também como adjuvante nos regimes de emagrecimento, por sua presumível ação lipotrópica. Indicada também para tratamento dos sintomas da menopausa (BATISTUZZO, 2011).

A lecitina também apresenta propriedades particulares de melhoria de performance em formulações a base de gordura para fritura e panificação, e como tal tem sido utilizada. Adicionalmente, verifica-se

também seu uso industrial como um agente desmoldante na remoção imediata de formas de madeira e metal em sistemas de fundição de concreto (DORSA, 2004).

Parte da valorização comercial da lecitina de soja decorre de seus benefícios nutricionais e fisiológicos, o resultado de um estudo descrito por Marconcin (2008) que a utilizou como suplemento alimentar para cães. Dentre as diversas funcionalidades enumeradas, estão: a manutenção e regeneração hepática; prevenção da distrofia; ativação plaquetária; constituição das membranas celulares e manutenção fluídicas das mesmas; precursora de mediadores químicos da inflamação; controle dos níveis, solubilização e transporte de colesterol sanguíneo; aumento na produção de sais biliares; desenvolvimento do hipocampo e áreas envolvidas na formação e recuperação da memória, além da melhoria nos sintomas de depressão bipolar.

Na indústria alimentícia, a lecitina de soja está entre os tenso ativos com grande aplicação na gastronomia, visto que é um ingrediente de baixo custo, facilmente encontrado no mercado e possui importantes propriedades nutricionais. A lecitina é um fosfolipídio que, em função de sua estrutura química, pode ser solubilizada em soluções polares e apolares, o que gera uma grande versatilidade de utilização deste ingrediente. Cada vez mais a aplicação da lecitina como emulsificante vem sendo reconhecida (SALGADO, 2007).

Os emulsificantes são moléculas ativas que aderem à superfície das gotículas formadas durante a homogeneização, promovendo a estabilidade da emulsão. A maioria dos emulsificantes de alimentos são moléculas anfifílicas, ou seja, eles têm ambas as regiões polares e apolares na mesma molécula. Os tipos mais comuns utilizados na indústria de alimentos são emulsionantes de base lipídica (fosfolipídios) e biopolímeros anfifílicos (proteínas e polissacarídeos) (DICKINSON, 1992).

Em função dessas características anfifílicas, os emulsificantes reduzem a tensão interfacial das fases imiscíveis ou a energia necessária para deformar e romper uma gota, permitindo, portanto, que as duas fases se dispersem, formando uma emulsão estável (NIEUWENHUYZEN, 2010; MCCLEMENTS, 2008; ARAÚJO, 2004; BOBBIO, BOBBIO, 1992).

Segundo Araújo (2004), existem várias classes de emulsificantes que podem ser enquadrados como sendo naturais, sintéticos, não-iônicos (sem cargas) e os iônicos (com cargas). Os emulsificantes iônicos se dividem em: aniônicos (carga negativa), catiônicos (carga positiva), anfóteros ou zwitteriônico (carregada tanto positiva quanto

negativamente na mesma molécula, a exemplo a lecitina). As substâncias normalmente carregadas contêm um grupo polar ligado a uma cadeia de hidrocarbonetos, exibindo tanto características hidrofóbicas (porção da cadeia de hidrocarbonetos) e hidrofílicas (grupo polar) (ARAÚJO, 2004; KANICKE, HOLMBERG, 2002).

Os constituintes de uma emulsão interagem entre si, determinando as características físico-químicas e as propriedades organolépticas do produto final. Cada tipo de emulsificante apresenta propriedades funcionais que são determinadas unicamente pela sua estrutura química e, portanto, nenhum emulsificante é apropriado para todas as aplicações (ARAÚJO, 2004; BOBBIO, BOBBIO, 1992).

Os emulsificantes iônicos quando presentes na interface induzem o aparecimento de cargas elétricas na região. Com isso, próximo à interface acumulam-se cargas opostas a esta, formando um envoltório chamado de dupla camada elétrica, que é a responsável pelo aparecimento da repulsão eletrostática. Como parte da molécula do emulsificante fica voltada para o meio polar e a outra para o meio apolar, essa estruturação promove uma repulsão eletrostática estérica entre as gotículas de emulsões adjacentes (WONG, 1995; FRANCO et al., 1988). A estabilização estérica é consequência da interação física de substâncias de cadeias longas e partículas dispersas no meio contínuo, que quando no equilíbrio de cargas e termodinâmico, fazem com que as partículas permaneçam isoladas (MIKESKA, CANNON, 1984). Algumas moléculas como o ácido oleico ou esteárico, podem estabilizar uma suspensão também por adsorção, mas não tem uma cadeia carbônica longa o suficiente para prover uma estabilização estérica. Esse mecanismo é chamado de estabilização semiestérica (JOHNSON JR, MORRISON JR, 1988).

Os emulsificantes lipídicos mais utilizados em alimentos são os fosfolipídios. Todas as gorduras e óleos, bem como alimentos gordurosos apresentam essa classe de compostos. Em alguns óleos vegetais brutos, como óleos de milho, arroz, algodão e soja, os fosfolipídios podem estar presentes em níveis de 2 a 3 % (DEMAN, 1999).

Na estrutura molecular dos fosfolipídios há um grupo hidroxila do ácido fosfórico esterificado com um resíduo de diglicerídeo e outro grupo hidroxila do ácido fosfórico esterificado com colina, etanolamina, serina, inositol, glicerol ou diglicerídeo. Uma vez esterificados ao grupo fosfato estes resultarão em derivados que caracterizam os fosfolipídios, sendo os principais a fosfatidilinositol, fosfatidilcolina, fosfatidilserina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilglicerídeo e outros (GUNSTONE, 2001).

Estes derivados do ácido fosfatídico não são compostos químicos de composição definida, visto que cada um destes fosfolipídios pode conter diferentes ácidos graxos nas suas estruturas e, portanto, podem ser considerados como um grupo de compostos estruturalmente relacionados (POKORNÝ, 2006). As lecitinas são formadas pela mistura desses derivados do ácido fosfatídico. Segundo Deman (1999) e Fennema (1996), a distribuição de ácidos graxos nos fosfolipídios não é aleatória, mas têm os ácidos graxos saturados ocupando preferencialmente a posição sn-1 e ácidos graxos insaturados ocupando a posição sn-2. O fosfato é quase sempre ligado à posição sn-3 da molécula de glicerol (AKOH, MIN, 2008).

Por conter diferentes estruturas na molécula, os fosfolipídios apresentam regiões de diferentes polaridades, com uma zona polar localizada na região do grupo fosfato e na do glicerol; e uma zona apolar relacionada às cadeias de ácidos graxos. Essas características dão aos fosfolipídios a propriedade de serem compostos de superfície ativa (BELITZ, GROSCH, SCHIEBERLE, 2009).

O termo lecitina é uma denominação muito geral e comercial, que descreve a composição de componentes lipídicos de um emulsificante derivado do óleo bruto da soja. Entretanto, em termos químicos o nome lecitina também representa a classe das fosfatidilcolinas e são considerados sinônimos (RAJ et al., 2010).

Os fosfolipídios mais comuns na lecitina de soja são a fosfatidilcolina, a fosfatidiletanolamina e o fosfatidilinositol. O conteúdo de fosfatidilcolina varia na lecitina de 29 – 46 %, o de fosfatidiletanolamina de 21 – 34 % e o de fosfatidilinositol de 13 – 21 % (GARTI, 2002).

Como a lecitina comercial é uma mistura de fosfolipídios e outras substâncias, a sua atividade superficial é a resultante das atividades superficiais de todos os compostos presentes (McCLEMENTS, 2005). As estruturas dos diferentes fosfolipídios estão apresentadas na Tabela 3.

Na área de cristalização de gorduras, o entendimento do mecanismo de cada componente da lecitina é importante. Segundo Miskandar et al. (2006), a lecitina de soja pode agir como promotora ou inibidora da cristalização. Aquelas lecitinas que apresentam em sua composição maior proporção de grupos terminais polares, como o fosfatidilinositol, são pouco ativas na nucleação e no crescimento de cristais. As lecitinas com grupos terminais apolares ou lecitina concentrada em fosfatidilcolinas têm sido mais atuantes na nucleação. Davis e Dimick (1989) encontraram o mesmo comportamento.

A função básica da lecitina de soja como emulsificante será a de revestimento físico das partículas, principalmente daquelas que contêm gordura em sua composição, de tal forma que o óleo quando em meio aquoso, promove uma redução da tensão superficial entre as fases sólida e líquida. A diminuição na tensão superficial entre as fases faz com que estas se misturem formando apenas uma (VISSOTTO et al, 2006).

A lecitina melhora também a qualidade de muitas balas, incluindo os caramelos e toffers. Nas balas, dá maior brilho e melhor transparência. Nos chocolates, reduz a viscosidade e inibe a cristalização da gordura. Os fosfatídeos são instáveis sob as condições atmosféricas, tornando-se ranças, oxidando e escurecendo rapidamente com a exposição ao ar. No entanto, em presença do óleo de soja, como na lecitina comercial, são estáveis durante anos e podem ser usados como antioxidantes (MIYASAKI, 2013).

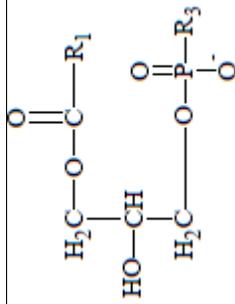
Tabela 3 - Estruturas dos fosfolipídios

Nome	Radical- R ₃	Estrutura química*
Estrutura geral dos fosfolipídios	R ₃	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \text{R}_1 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{P} - \text{R}_3 \\ \\ \text{O}^- \end{array} $
Ácido fosfatídico (PA)	-OH	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \text{R}_1 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{P} - \text{OH} \\ \\ \text{O}^- \end{array} $
Fosfatidocolina (PC)	-O-(CH ₂) ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \text{R}_1 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{P} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N}^+ - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \\ \text{O}^- \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array} $

Fosfatiletanolamina (PA)	$-\text{O}-(\text{CH}_2)_2(\text{NH}_3)^+$	
Fosfatidilserina (PS)	$-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$	
Fosfatidilinositol (PI)	 $(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6)$	
Fosfatidilglicerol (PG)	$-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$	

Estrutura geral dos lisofosfolipídios
(LP)

Fosfolipídios sem um
ácido graxo



*R1, R2- Ácidos graxos

Fonte: Adaptado de BELITZ, GROSCH, SCHIEBERLE, 2009; AKOH, MIN, 2008; GUNSTONE, 2001; DEMAN, 1999.

A produção de lecitina de soja tem início nos processos industriais para obtenção de óleos refinados que se dividem em duas partes: extração do óleo bruto e refino do mesmo. As etapas da produção do óleo bruto são (AMARAL; JAIGOBIND; JAIGOBIND,2006):

- Armazenamento da soja;
- Preparação da matéria prima e;
- Extração do óleo bruto

O armazenamento refere-se à etapa posterior ao beneficiamento dos grãos de soja por determinado período de tempo em estruturas conhecidas como silos, sob condições controladas, principalmente a umidade. Dependendo da demanda e produção de grãos, decorre-se à etapa de preparação para a extração do óleo bruto que envolve as sub-etapas de descascamento, trituração, laminação e cozimento. A etapa de extração do óleo bruto consiste na retirada do óleo mecanicamente por prensagem e/ou pelo contato do solvente com a estrutura sólida do grão preparado. O solvente mais utilizado nesta etapa é o hexano (MORETTO; FETT, 1998).

O óleo bruto extraído é composto por uma mistura de triglicerídeos (uma molécula de glicerol unida a três radicais de ácidos graxos), ácidos graxos livres, fosfatídios (lecitina), compostos oxigenados, pigmentos (caroteno, xantofilas, clorofilas), gossipol, quinonas, dicetonas, voláteis diversos, dentre outros (LOPES, 2008).

Na Tabela 4 está apresentada a composição das classes de fosfolipídios derivados do óleo bruto de soja.

Tabela 4 - Composição de fosfolipídios de soja - base livre de óleo.

Classe de Fosfolipídios	% (m/m)
Lisofosfolipídios	1 – 5
Ácido fosfatídico	0 – 12
Fosfatidilcolina	22 – 46
Fosfatidiletanolamina	21 – 32
Fosfatidilinositol	13 – 22
Fosfatidilserina	5 – 6

Fonte: POKORNÝ, 2006.

Na Tabela 5 está apresentada a composição completa da lecitina de soja.

Tabela 5 - Composição da lecitina de soja padrão - base lipídica.

Classe de Fosfolipídios	% (m/m)
Fosfatidilcolina	19 – 21
Fosfatidiletanolamina	8 – 20
Fosfatidilinositol	20 – 21
Outros fosfatídios	5 – 11
Óleo de soja	33 – 35
Esterol	2 – 5
Carboidratos livres	5
Água	1

Fonte: TANNO, 2012.

A composição de ácidos graxos presentes na lecitina de soja está descrita na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição de ácidos graxos da lecitina de soja padrão.

Ácidos graxos	Nº de Carbono	% (m/m)
Palmítico	C16:0	16
Esteárico	C18:0	4
Oleico	C18:1	17
Linoleico	C18:2	55
Linolênico	C18:3	7
Outros	-	1

Fonte: NIEUWENHUYZEN, TOMÁS, 2008.

3.1.2 Ácido graxo

Ácidos graxos são moléculas fornecedoras de energia, armazenados na forma de triacilgliceróis (MURRAY et al., 2007). Os ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos, geralmente com uma cadeia carbônica longa, com número par de átomos de carbono e sem ramificações, podendo ser saturada ou conter uma instauração (ácidos graxos monoinsaturados) ou duas ou mais insaturações (ácidos graxos poli-insaturados). O grupo carboxila constitui a região polar e a cadeia carbônica, a parte apolar (MARZZOCO e TORRES, 2007).

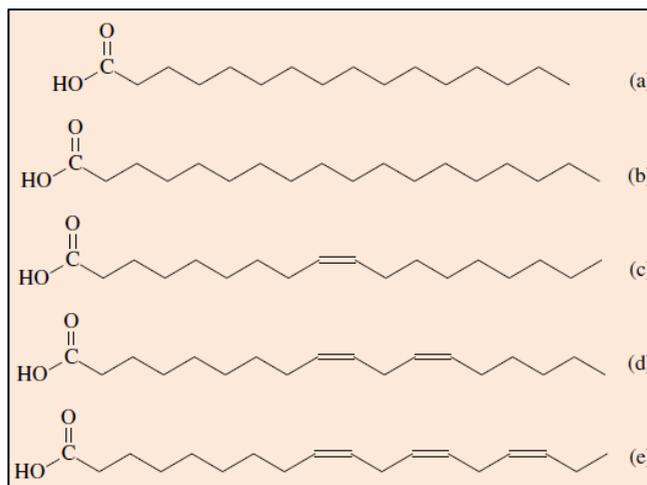
As gorduras animais e os óleos vegetais são misturas de triglicerídeos, que diferem na sua composição em ácidos graxos e, conseqüentemente, no seu ponto de fusão. Os triglicerídeos de gorduras animais são ricos em ácidos graxos saturados, que atribui a esses lipídios uma consistência sólida à temperatura ambiente. Já os triglicerídeos de

origem vegetal são líquidos por apresentarem ácidos graxos insaturados (MARZZOCO e TORRES, 2007). Quanto mais elevada for a concentração de ácidos graxos saturados nos lipídios, mais sólido ele se apresentará (MURRAY et al., 2007).

Os ácidos graxos saturados mais frequentes na alimentação de humanos são: láurico, mirístico, palmítico e esteárico (que variam de 12 a 18 átomos de carbono). Os ácidos graxos insaturados são classificados em duas categorias principais: poli-insaturados [sendo os principais representantes os ácidos linoleico, araquidônico, α -linolênico, eicosapentaenoico (EPA) e docosahexanoico (DHA)] ou monoinsaturados representados pela série ômega-9 (oleico). O ácido linoleico é o precursor dos demais ácidos graxos poli-insaturados, cujas principais fontes alimentares são os óleos vegetais de soja, milho e girassol (BORGES et al., 2014).

Os ácidos graxos diferem entre si pelo número de carbonos da cadeia e também pelo número de insaturações. A Figura 3 mostra os principais ácidos graxos existentes na natureza, os quais estão presentes na maioria dos óleos e gorduras (MARTIN et al., 2006).

Figura 3 – Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: (i) saturados (a, palmítico com 16 carbonos; b, esteárico com 18 carbonos); (ii) insaturados com 18 carbonos (c, oleico com uma ligação dupla; d, linoleico com duas ligações duplas; e linolênico com três ligações duplas).

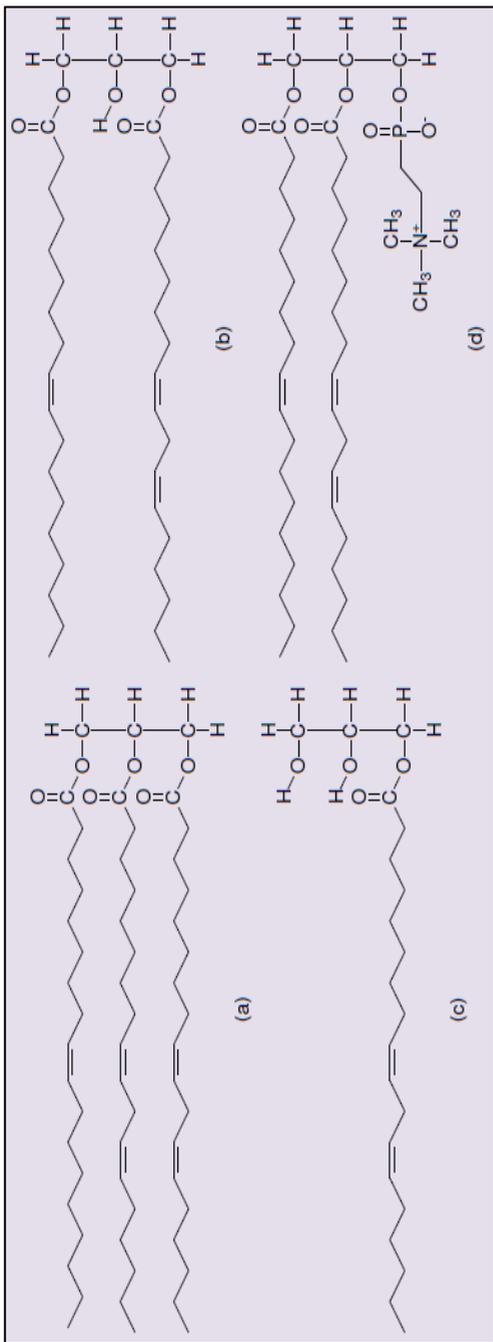


Fonte: RAMALHO e SUAREZ, 2013.

Nos óleos e gorduras, os ácidos graxos podem ser encontrados livres ou, preferencialmente, combinados. Na forma combinada, seus derivados são normalmente encontrados como monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos, os principais compostos dos óleos e gorduras (SUAREZ et al., 2007). Outra forma importante de ácidos graxos combinados nos óleos e gorduras são os fosfatídios. Estes compostos são derivados dos triglicerídeos, onde pelo menos um ácido graxo é substituído pelo ácido fosfórico ou um derivado. A Figura 4 mostra alguns exemplos de ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras.

O ácido graxo de soja é extraído da borra, que é o principal subproduto da indústria de refino de óleo de soja e é formada durante a etapa de neutralização de refino químico do óleo bruto. Ácidos graxos livres presentes no óleo são neutralizados através da adição de solução de álcalis, resultando em sabões. Esta borra, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos saponificados, reduzido valor econômico e grande disponibilidade nas indústrias de óleo e de biodiesel, é uma excelente matéria-prima para a obtenção de um concentrado de ácidos graxos livres (DORSA, 1998).

Figura 4 – Ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras: (a) triglicerídeo; (b) diglicerídeo; (c) monoglicerídeo; (d) lecitina

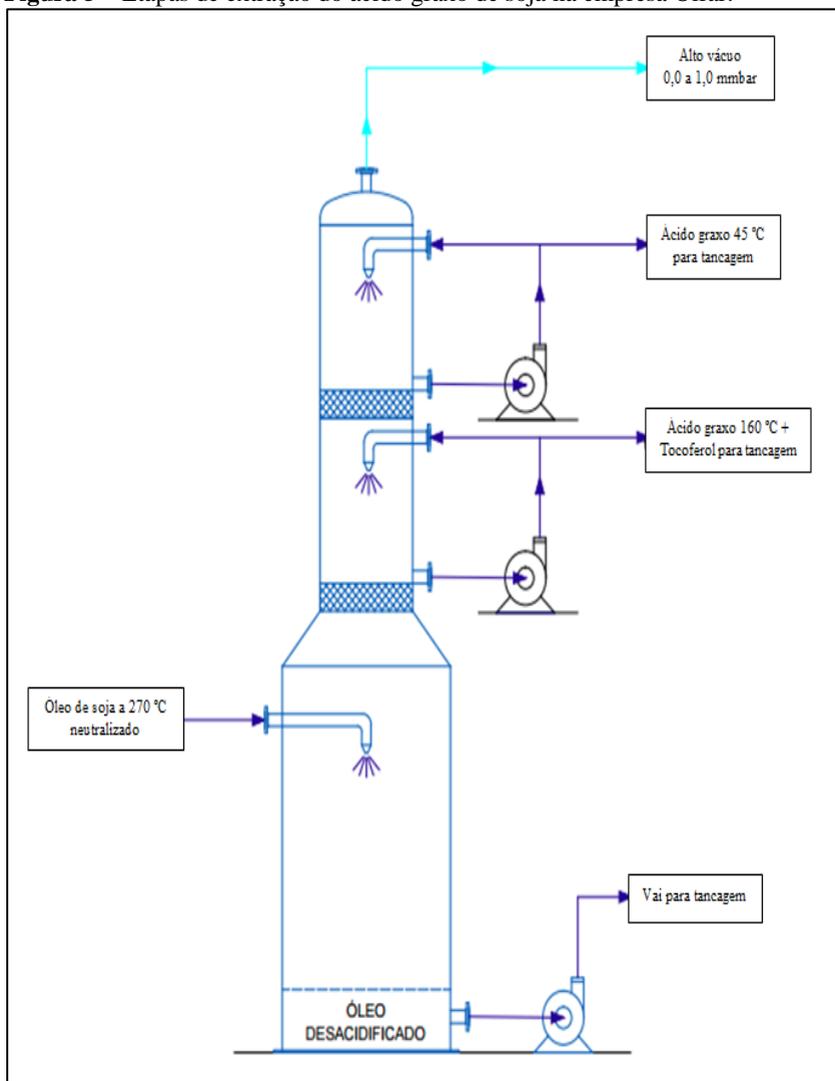


Fonte: RAMALHO e SUAREZ, 2013.

A Figura 5 ilustra como é realizada a extração do ácido graxo de soja na empresa Olfar.

A extração do ácido graxo de soja na empresa Olfar é realizada na coluna de desacidificação de óleo, que, como o nome mesmo diz, consiste em desacidificar o óleo, retirando ácido graxo e tocoferol. O óleo neutralizado de soja entra na coluna com 270°C (este óleo possui ácidos graxos). O ácido graxo e o Tocoferol, por serem mais voláteis que o óleo, evaporam, condensando no primeiro estágio da coluna, o qual tem uma recirculação a 160°C para condensar os gases que estão subindo. No estágio superior, ocorre o mesmo processo, porém, em temperatura de 45°C, para condensação final dos gases. O objetivo deste último estágio é condensar todos os gases que estão evaporando, para não saturar o sistema de vácuo. Neste estágio o ácido graxo vai para tancagem, para posterior adição na lecitina de soja.

Figura 5 – Etapas de extração do ácido graxo de soja na empresa Olfar.



Fonte: OLFAR, 2016.

As especificações técnicas do ácido graxo vegetal de óleo de soja comercial estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Especificações do ácido graxo vegetal de soja.

Análises	Especificações
Índice de Acidez (mgKOH/g)	195,0 – 205,0
Índice de Iodo (cgI ₂ /g)	125,0 – 135,0
Umidade (%)	Máximo 0,5
Cor Gardner	Máximo 2,5
Índice de Peróxido (meqO ₂ /Kg)	Máximo 3,0
Índice de Saponificação (mgKOH/g)	197,0 – 207,0

Fonte: ZENEVICZ, 2015.

3.1.3 Controle de Qualidade

Na empresa Olfar, a lecitina de soja expedida em tambores possui certificação Food Safety System Certification 22000 - FSSC 22000, que especifica requisitos para a gestão da segurança de alimentos.

Esta norma internacional regula a incorporação de todos os elementos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), sendo uma certificação completa, com base na ISO 22000.

A certificação FSSC 22000 combina benefícios de uma ferramenta de gestão de negócios que conecta a segurança de alimentos e processos comerciais, permitindo maior habilidade para atender os crescentes requisitos de clientes globais para a certificação de sistemas de segurança de alimentos de fornecedores aprovados pelo GFSI – Global Food Safety Initiative.

Um dos principais problemas relacionado ao processamento de alimentos é a segurança de alimentos, ou seja, o controle de perigos de contaminação dos alimentos devido a perigos físicos, químicos ou microbiológicos. Estes podem ocorrer durante todas as fases do processo, desde a recepção de matérias primas, durante o seu armazenamento, na preparação e por fim na confecção do produto final que chega ao consumidor. O APPCC é uma técnica usada na análise de potenciais perigos das operações, identificando onde estes podem ocorrer e decidindo quais os críticos para a segurança, os chamados pontos críticos de controle (PCC). Da identificação das operações críticas, são definidos os pontos de controle críticos e são definidas as ações a tomar. Mantendo estes pontos sob controle, garante-se a conformidade dos produtos expedidos.

Para controlar estes perigos e garantir a saúde dos consumidores, a organização deve determinar a estratégia a ser usada, combinando os

programas de pré-requisitos (PPR), programa de pré-requisitos operacionais (PPRO) e o plano APPCC (PCC).

A Norma ISO 22000 define da seguinte forma:

- ✓ Programa de pré-requisitos (PPR): condições básicas e atividades necessárias para manter um ambiente higiênico ao longo da cadeia produtiva de alimentos adequados para a produção, manipulação e suprimento de produtos finais seguros e de alimento seguro para o consumo humano (ISO 22000).
- ✓ Programa de pré-requisitos operacionais (PPRO): PPR identificado pelas análises de perigos como essencial para controlar a probabilidade de introduzir perigos à segurança de alimentos no ambiente de processo e/ou a contaminação ou a proliferação dos perigos relacionados à segurança de alimentos, nos produtos ou no ambiente de processo.
- ✓ Ponto crítico de controle (PCC): etapa na qual o controle pode ser aplicado e é essencial para prevenir ou eliminar um perigo relacionado à segurança de alimentos ou reduzi-lo a um nível aceitável.

Medidas de controle gerenciadas por PPRO devem ser monitoradas. Casos de desvios devem ser analisados, devendo a organização aplicar correções e ações corretivas. Ações sobre o produto potencialmente afetado podem ser necessárias.

As medidas de controle gerenciadas pelo plano APPCC devem ser monitoradas e o resultado obtido deve ser comparado com o limite crítico previamente estabelecido. Em casos de desvios, correções e ações corretivas devem ser tomadas, incluindo obrigatoriamente, uma ação sobre o produto potencialmente inseguro.

Em relação à necessidade de validação, medidas de controle gerenciadas por PPR não demandam de validação, já as controladas por PPRO ou pelo plano APPCC.

Por ser um produto certificado para segurança de alimentos, é realizado um controle rigoroso durante todo o processo de produção da lecitina de soja. São identificados os perigos e pontos críticos de controle (APPCC) ao longo do processo produtivo, onde cada perigo e ponto crítico identificado é validado através dos estudos de validação, para garantir que este perigo não afete o produto final.

Os estudos de validação para a lecitina de soja na empresa Olfar são:

- Aditivos e insumos usados na produção de lecitina de soja;
- Eficácia da remoção do solvente no produto final;

- Integridade do elemento filtrante utilizado na filtração da lecitina de soja;
- Esterilidade da lecitina de soja no processo de envase;
- Esterilidade da lecitina de soja quanto à filtração no processo;
- Validar alergênicos na lecitina de soja;
- Estabilidade físico-química e microbiológica da lecitina de soja durante todo o seu prazo de validade.

A periodicidade de cada estudo é estipulada internamente, dependendo da criticidade do perigo.

Os materiais que entram em contato com a lecitina de soja são classificados como críticos, e para realizar a compra dos mesmos, é necessário que o fornecedor atenda as fichas técnicas do produto elaboradas pela empresa Olfar.

A lecitina de soja destinada à exportação possui as mesmas especificações técnicas da lecitina destinada ao mercado interno. Porém, como para a exportação o produto demora um longo período até chegar ao seu destino final, o ideal é envasar a lecitina com, no máx., 0,40 % de umidade.

A Tabela 8 traz as especificações técnicas da lecitina de soja na empresa Olfar.

Tabela 8 – Especificações técnicas da lecitina de soja na empresa Olfar

Análises de qualidade	Padrões da legislação
Aspecto	Semilíquido
Aparência e Cor	Líquido viscoso marrom
Índice de Acidez	Máx. 29mgKOH/g
Insolúveis em Acetona	Mín. 62%
Insolúveis em Hexano	Máx. 1%
Índice de Peróxido	Máx. 5,0meq/Kg
Umidade	Máx. 1%
Cor (Gardner)	8 – 12
Viscosidade	80 – 120 P (25°C)
Densidade	0,98 – 1,10g/cm ³

Fonte: OLFAR, 2015

3.2 OBTENÇÃO DA LECITINA DE SOJA COMERCIAL

O óleo bruto, obtido por processos de prensagem ou extração por solventes, a partir de grãos de soja, é formado por glicerídeos e substâncias denominadas componentes não-glicerídeos. Estes últimos

componentes são de natureza muito diversa e sua presença no óleo bruto ou recém extraído é muito reduzida, geralmente variando de 1,1 a 3,2 % com média de 1,8 %. Estes, como relatado, são os fosfatídios ou fosfolipídios (OLIVEIRA, 2001).

Os diferentes tipos de óleos e gorduras contêm quantidades variáveis de fosfolipídios. Alguns óleos com seus conteúdos típicos de gomas são listados na Tabela 9.

Tabela 9 – Conteúdo típico de gomas de alguns óleos brutos.

Tipo de óleo	Fosfatídios (ppm)
Óleo de soja	700 – 1000
Óleo de canola	450 – 500
Óleo de milho	250 – 300
Óleo de girassol	300 – 1000
Óleo de arroz	450 – 700
Óleo de palma	20 – 30

Fonte: DORSA, 2004.

A degomagem com água corresponde à forma mais simples de se promover a redução de fosfatídios, principalmente quando se deseja extrair a lecitina da soja. Geralmente a quantidade de água empregada na hidratação varia de 0,5 a 3,0 % sobre o volume total de óleo bruto, determinando-se quase sempre a proporção mais adequada por meio de ensaios prévios em laboratórios (MORETTO; FETT, 1998).

O primeiro grupo de compostos a serem removidos do óleo bruto em sua maior parte coagulável e separável por hidratação libera uma massa de aspecto gomoso, daí a denominação de degomagem dado ao processo de separação das gomas do óleo, como fase prévia e independente das etapas de refino propriamente ditas, em que ocorrem as eliminações das substâncias do segundo grupo (BELITZ; GROSH, 1999).

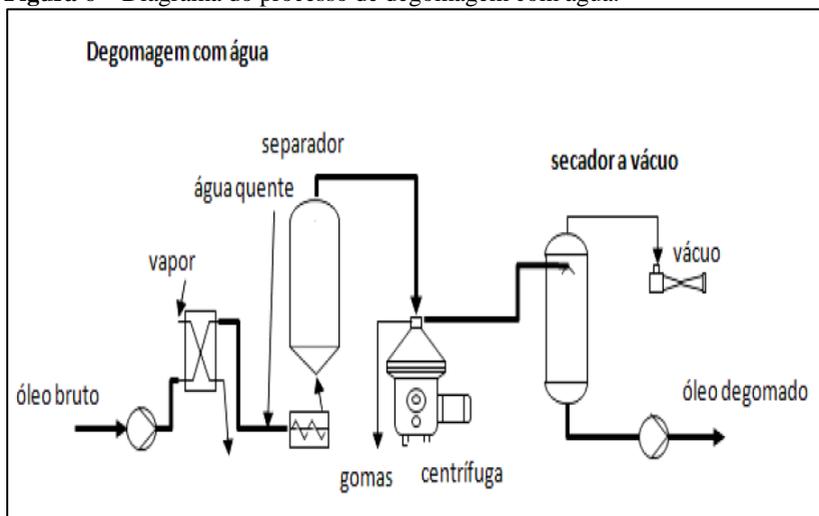
O motivo para se proceder à degomagem do óleo bruto é que durante a estocagem, as gomas nele contidas se hidratam e precipitam, arrastando óleo, com a formação de fundo de tanque, também denominados, borras. Estas borras de óleo causam problemas de hidrólise e rancificação, conseqüentemente aumentam a acidez e geram sabores e odores característicos (BELITZ; GROSH, 1999).

O grupo dos não-glicerídeos aglomeráveis (gomas) e separáveis por centrifugação, ao se ligarem com a água, formam as borras, e em seu conteúdo há uma proporção de óleo que varia segundo as condições de coagulação e separação. A esta porção denomina-se óleo arrastado na borra de lecitina. A quantidade de água, bem como a temperatura e a

eficiência da centrifugação no processo de obtenção da lecitina, são os fatores principais que mais estão relacionados com a presença do óleo nas borras (ALLEN et al, 1953a).

No processo de degomagem com água, o óleo bruto é aquecido aproximadamente a 90 °C, a água é adicionada e é dispersa no óleo e depois de um período de uns 5 minutos as gomas hidratadas podem ser removidas por centrifugação. A quantidade de água a ser usada é de preferência aproximadamente igual ao peso seco das gomas. Estes consistem em fosfatídios hidratáveis, triglicerídeos, compostos solúveis em água, como açúcares, se presentes, e claro, a água de hidratação. No caso de óleo de soja, as gomas podem ser secas para produzir lecitina de soja. Como não há mercado para produtos de lecitina derivados de outros óleos que não sejam de soja, óleos como o de canola e de girassol são só degomados para atender especificações comerciais e evitar depósitos em transporte e armazenamento. O processo de degomagem com água é levado a cabo comumente após a extração e se não estiverem sendo processadas gomas para lecitina, elas estão misturadas com o farelo (DORSA, 2004). A Figura 6 apresenta uma ilustração esquemática de uma instalação contínua de degomagem com água. Observa-se a injeção de água quente ao óleo pré-aquecido, para possibilitar a redução do tempo de hidratação em alguns minutos. Neste caso, o volume de água quente (vapor) a ser incorporado ao óleo, deve ser proporcional ao conteúdo de gomas presentes no óleo bruto. Esse processo de injeção proporciona uma mistura intensiva da água com o óleo, sendo que um misturador centrífugo para esta finalidade é o equipamento mais indicado. Este equipamento proporciona uma mistura intensa que é capaz de promover a hidratação espontânea dos fosfatídios, como resultado da fina dispersão da água no óleo (SANTOS; ZANETTI, 1981).

Figura 6 – Diagrama do processo de degomagem com água.



Fonte: DORSA, 1998.

A temperatura durante o processo necessita ser controlada e mantida constante, pois, uma baixa temperatura irá promover uma melhor degomagem, porém acarretará maiores perdas de óleo incorporado nas gomas. Uma alta temperatura promoverá menor perda de óleo nas gomas, porém, maior quantidade de gomas permanecerá em solução e não serão separadas através do processo, comprometendo a qualidade da lecitina e do óleo (DORSA, 1998).

A remoção dos fosfatídios e de grande parte de estruturas diferentes aos triglicérides do óleo bruto correspondem ao processo denominado degomagem. Os compostos eliminados na etapa de degomagem do óleo bruto são denominados de lecitina de soja e a separação destes resumidamente é feita normalmente por hidratação com água quente, separação por centrifugação e secagem à vácuo (MORETTO; FETT, 1998).

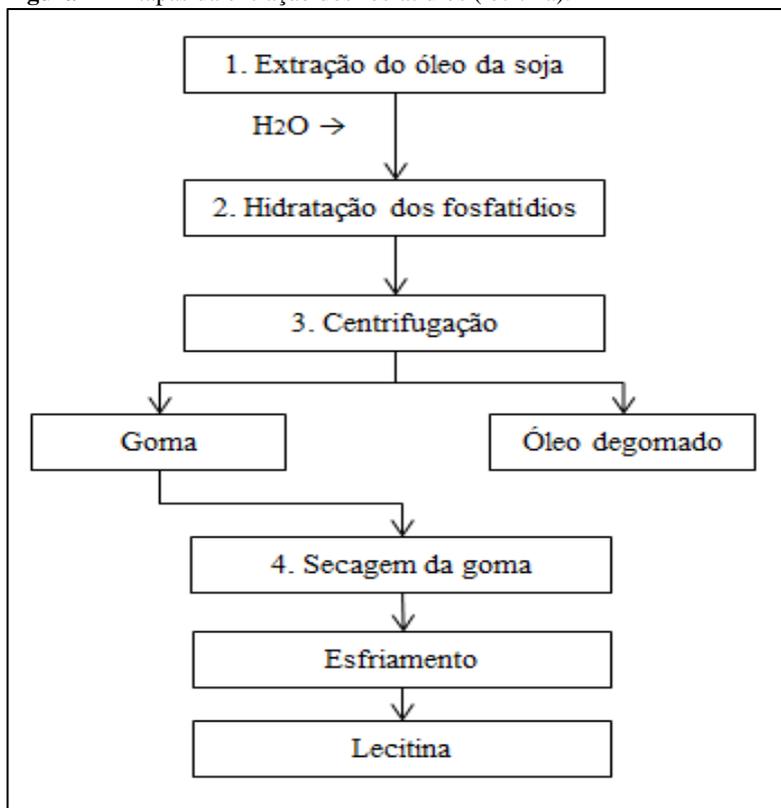
Na degomagem do óleo de soja para produção de lecitina, é uma prática corrente filtrar o óleo bruto para remover os finos de farelo que irão afetar a transparência da lecitina e contribuir no conteúdo de insolúveis em acetona. Se a centrífuga de degomagem for auto-limpante e as gomas forem destinadas a misturas com o farelo, pode não ser necessário filtrar o óleo bruto; entretanto, algumas plantas filtram o óleo bruto rotineiramente para prevenir o possível aumento da acidez durante a estocagem e reduzir perdas de refino (DORSA, 2004).

As borras ou gomas, obtidas através do refino do óleo, após a degomagem, contém cerca de 50 % de umidade quando não secas, mas após o processo de secagem a umidade deve-se situar no máximo a 1 % (DORSA,1998).

Tendo em vista a alta viscosidade da mistura e a impossibilidade de utilização de altos gradientes de temperatura na secagem, é importante a utilização de um evaporador de filme agitado no processo, utilizando-se como fluido de aquecimento água quente à temperatura controlada (60 °C) e vácuo relativamente alto. Desta forma, é evitada a alteração da cor e da própria qualidade da lecitina assim produzida, obtendo-se a chamada “lecitina de altíssima pureza” (DORSA, 2004).

A Figura 7 mostra as quatro etapas de extração dos fosfatídios.

Figura 7 – Etapas da extração dos fosfatídios (lecitina).



Fonte: Adaptado de BAILEY, 1961.

Na hidratação dos fosfatídios, adiciona-se água na proporção de 2 a 3 %. A mistura é feita por agitação mecânica contínua, numa faixa de temperatura de 60 à 100 °C, durante um período de 30 minutos à 1 hora, para que haja a hidratação completa dos fosfatídios. Teremos assim a goma ou a borra propriamente dita. Depois de hidratada, é removido o óleo por centrifugação. Uma lecitina na forma de borra contém 0,25 a 0,45 % de fosfatídios e 40 a 50 % de água. Os fosfatídios hidratados, comumente chamados de gomas, são insolúveis em óleo e tem um peso específico maior do que o do óleo. Estes pesos específicos mais elevados permitem uma fácil separação dos fosfatídios e óleos (BAILEY, 1961). A secagem da goma é realizada através de secadores, sob vácuo e numa faixa de temperatura de 60 à 100 °C, obtendo uma lecitina final com umidade inferior a 1 %.

Imediatamente após seca, a lecitina deve ser resfriada, preferivelmente em um resfriador agitado tipo “Votator”. Os equipamentos são todos de aço inoxidável em construção sanitária e compõem-se basicamente de:

a) *Bomba de alimentação de lecitina bruta*: bomba tipo monofuso dotada de variador de velocidade dimensionada para alimentar o evaporador de filme agitado.

b) *Filtros de segurança (opcional)*: conjunto de filtros de linha com tela filtrante em aço inoxidável (1 em stand-by) destinado a proteger a instalação contra materiais estranhos.

c) *Evaporador de filme agitado*: evaporador de filme descendente com superfície raspada, dotado de camisa de aquecimento com água quente (60 °C) e para operar sob vácuo de 20 mmHg.

d) *Bomba de descarga do evaporador*: bomba de lóbulos, construção sanitária projetada para trabalhar com produtos viscosos.

e) *Resfriador de lecitina*: projetado como resfriador horizontal com superfície raspada, dotado de camisa de água fria, construção sanitária, projetado para trabalhar com produtos viscosos.

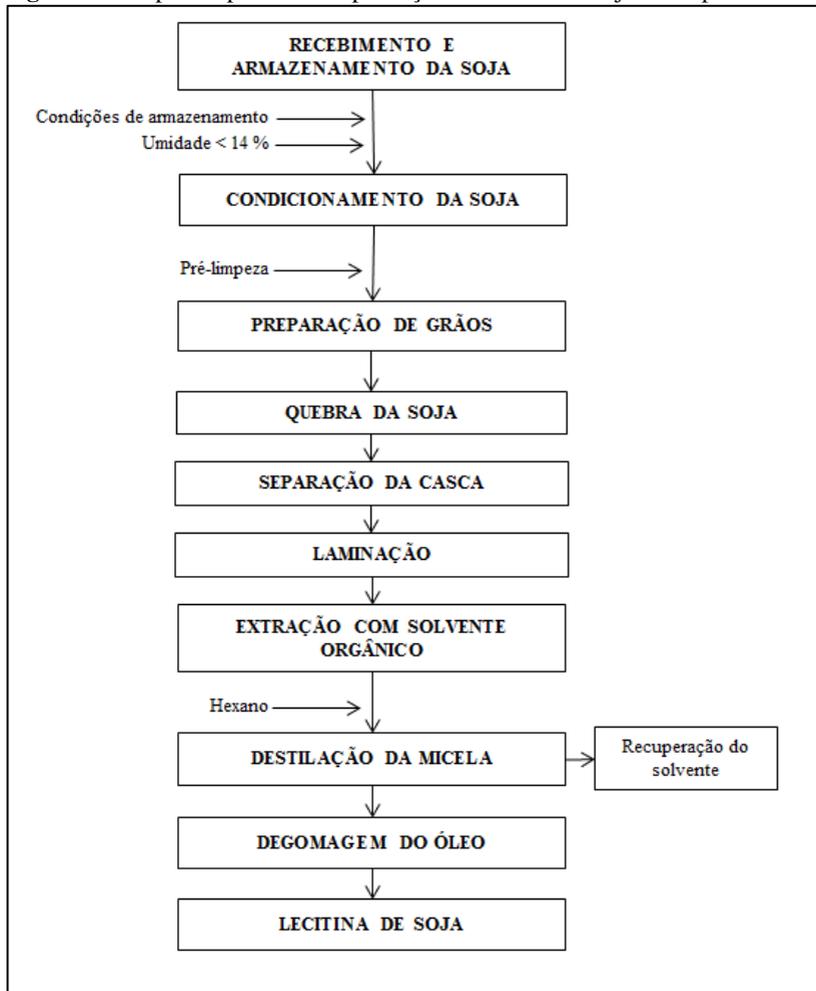
f) *Sistema de vácuo*: projetado como termo compressor de múltiplos estágios, projetado para produzir um vácuo de 20 mmHg, operando com vapor saturado seco a 10 kg/cm², dotado de condensadores barométricos de contato, com água a 30 °C (DORSA, 2004).

O secador é carregado com uma carga determinada de lecitina bruta que é aquecida através de uma serpentina rotativa interna de água quente. O equipamento trabalha sob vácuo e por tempo de secagem (DORSA, 2004).

3.2.1 Etapas do processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar

Os processos de produção da lecitina de soja na empresa Olfar estão descritos na Figura 8, desde o recebimento da matéria-prima, até a produção do produto final lecitina de soja.

Figura 8 – Etapas do processo de produção da lecitina de soja na empresa Olfar.



Fonte: OLFAR, 2016

3.2.1.1 Recebimento e armazenamento da matéria-prima

No período que antecede o processo da produção de óleo bruto degomado, é muito importante atentar para as condições do armazenamento da soja, pois incidem diretamente no rendimento e na qualidade do produto final.

Quando as sementes oleaginosas são armazenadas em más condições, podem ocorrer problemas tais como aquecimento das mesmas, chegando até a carbonização. Caso esteja com umidade acima de 14 %, ocorre um aumento da acidez, escurecimento do óleo contido na semente, tornando difícil a refinação e a clarificação, e ainda, modificações organolépticas, influenciando no sabor e no aroma do óleo produzido.

Na matéria-prima recebida na empresa, são avaliados por amostragem o teor de umidade, a quantidade de material estranho e a incidência de grãos quebrados, avariados e ardidos.

A eliminação da sujeira mais grosseira antes do armazenamento em silos metálicos é denominada pré-limpeza, a qual é realizada por máquinas especiais dotadas de peneiras vibratórias e de outros dispositivos que separam os grãos dos contaminantes maiores. O resíduo gerado nesta etapa é vendido a granel.

3.2.1.2 Condicionamento da soja

Para início do processamento, a soja é transportada até um condicionador vertical (VSC), localizado na preparação de grãos.

A função básica do VSC é condicionar a soja em temperatura e umidade corretas, para a posterior quebra, separação de cascas e laminação.

Os grãos, após serem pesados, entram no VSC pela parte superior e fluem por meio de uma série de seções de entradas de ar, seções de ar de exaustão, e seções de aquecimento indireto com a utilização de vapor d'água.

Quando estiver na parte inferior do equipamento, os grãos são descarregados por meio de válvulas rotativas, que através de inversor de frequência, regulam a produção desejada.

3.2.1.3 Quebra da soja e separação da casca

O objetivo dos quebradores é quebrar o grão de soja em partes adequadas para o descascamento e para a laminação, havendo um mínimo de finos. A casca é retirada por um complexo sistema de aspiração através

de ventiladores, ciclones, peneira e demais equipamentos, controlados por sistema automatizado.

A casca precisa ser removida do grão para aumentar o conteúdo da proteína e reduzir a fibra do farelo final. O processo de descascamento aumenta a capacidade da extração da planta, porque as cascas não passam pelo extrator. As cascas separadas são moídas e adicionadas no farelo final para ajustar os níveis da proteína conforme o padrão. O excedente é vendido e expedido a granel. Com a quebra dos grãos de soja, as polpas se separam facilmente das cascas.

3.2.1.4 Laminação

A soja é laminada para que se obtenha o formato ideal para a extração de óleo (aumento da superfície de contato). Os laminadores possuem rolos lisos e giram em sentidos opostos para promover a laminação dos grãos. Os cilindros ficam quase que em contato, sendo que a regulagem da distância entre estes é feita por um ajuste mecânico. As pressões hidráulicas mantêm os rolos pressionando a massa de grãos que passa por eles. Estas pressões são ajustadas de acordo com a espessura desejada das lâminas.

A pressão hidráulica dos rolos laminadores varia entre 50 e 70 kgf/cm².

É importante observar que pelo fato do óleo da soja estar contido em “bolsões”, também conhecidos como “esferozomas”, e em capilares fibrosos, a laminação faz com que ocorra melhor exposição deste óleo, facilitando a extração deste por banhos de solvente.

A espessura ideal da lâmina está entre 0,28 mm e 0,35 mm, gerando em média uma área de 1 cm² de superfície.

3.2.1.5 Extração com solvente orgânico

Nesse processo, o óleo é obtido por meio de extração com solvente químico orgânico. O solvente utilizado pela empresa é o hexano, com ponto de ebulição próximo de 70 °C.

As lâminas são introduzidas no extrator e o óleo aparece no material submetido à extração de duas formas:

- Primeiro: na forma de uma camada ao redor das partículas laminadas, que é recuperado por processo de simples dissolução, ou

- Segundo: contido nas células intactas, sendo removido do interior destas por difusão.

Durante o processo de extração, a velocidade do desengorduramento dos grãos laminados, no início, é muito rápida, decrescendo com o decurso do processo.

Na prática, não ocorre extração completa. O menor conteúdo de óleo no farelo após a extração gira em torno de 0,3 a 0,7 %.

A solução do óleo no solvente é chamada “micela” e o fator que define a velocidade de extração é a obtenção do equilíbrio no sistema óleo-solvente.

As principais condições que facilitam o processo de difusão são:

- espessura das lâminas;
- temperatura próxima ao ponto de ebulição do solvente (70 °C),

e

- umidade apropriada do material.

O hexano satisfaz uma série de exigências de um solvente apropriado, ele dissolve com facilidade o óleo, sem agir sobre outros componentes do grão; é imiscível em água e tem baixo calor latente de vaporização / mudança de fase líquido – vapor..

3.2.1.6 Destilação da micela

A micela que sai do extrator é usualmente filtrada, para remover os finos, e transferida para um sistema de evaporadores contínuos, no qual o óleo é separado do solvente por aquecimento sob vácuo, a uma temperatura entre 70 a 112 °C. Nestes equipamentos, o conteúdo de solvente no óleo pode ser reduzido até cerca de 5 %.

O hexano residual é destilado em uma evaporadora chamada coluna acabadora com insuflação de vapor direto.

3.2.1.7 Recuperação do solvente

A dessolventização da micela e do farelo remove praticamente todo o solvente utilizado na extração do óleo. A solubilidade do hexano na água, proveniente do vapor direto usado durante a dessolventização e tostagem, é mínima. A principal causa de perda do solvente é, portanto, a mistura incondensável formada entre seus vapores e o ar. A recuperação do solvente contido nessa mistura é efetuada com o emprego de colunas de absorção com óleo mineral.

Isso é possível, devido à maior solubilidade do hexano em óleo mineral do que no ar. Nessas instalações, os gases incondensáveis entram na parte inferior da coluna e o solvente é absorvido pelo óleo mineral em contracorrente, sendo esse contato aumentado por meio de anéis “Raschig”.

3.2.1.8 Degomagem do óleo

Esse processo tem a finalidade de remover os fosfatídios presentes no óleo, dentre eles, a lecitina de soja que possui valor comercial.

A degomagem reduz a quantidade de álcali a ser utilizada na subsequente etapa da neutralização. Os fosfatídios encontrados no óleo bruto de soja são de aproximadamente 3 %. Esses fosfatídios e as substâncias coloidais em presença de água tornam-se insolúveis tornando sua remoção mais fácil.

O óleo degomado, é armazenado em tanques para o devido uso posterior.

3.2.1.9 Lecitina de soja

A lecitina é uma combinação de fosfolipídios que ocorrem naturalmente nos grãos de soja. Gomas de lecitina são obtidas do óleo de soja, após a extração do óleo das lâminas de soja, por meio da degomagem efetuada pela adição de água e centrifugação.

Nesse estágio, as gomas contêm cerca de 40 % de umidade, 40 % de fosfolipídios e 20 % de óleo de soja. As gomas são secas sob alto vácuo, com temperatura entre 105 e 115 °C, através de um equipamento próprio e, após determinado tempo de processamento, forma-se a lecitina de soja. A lecitina de soja é filtrada para o setor de envase, onde é envasada em tambores de 200 kg ou expedida a granel.

3.3 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTADO DA ARTE

A lecitina de soja é amplamente empregada nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. Como produto farmacêutico, ela possui vários benefícios, como a redução do colesterol; redução dos efeitos da menopausa; melhor funcionamento do fígado; auxilia a saúde mental, dentre outros fatores. Na indústria alimentícia, a lecitina é mais utilizada como emulsificante, visto que, a maioria dos alimentos (industrializados ou não) necessita de emulsificantes.

A referida dissertação foi elaborada com o intuito de melhorar a viscosidade da lecitina de soja, visto que o produto é muito utilizado na exportação, e o problema maior referente à lecitina é quanto à absorção de umidade, o que a torna mais viscosa e, conseqüentemente, mais difícil de manuseá-la em tambores de 200 kg.

Diante do exposto na seção de revisão bibliográfica, no que concerne ao estado da arte, fica evidente a importância da realização deste trabalho, visto que, por se tratar de um problema direcionado à indústria, não há muitos trabalhos disponíveis na literatura sobre o caso. No entanto, é notável e muito importante os ganhos que a adição do ácido graxo de soja no processo de produção da lecitina de soja pode representar para as empresas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os materiais e métodos adotados para a realização dos experimentos, assim como os procedimentos laboratoriais utilizados. Este trabalho foi desenvolvido no laboratório da empresa Olfar S/A – Alimento e Energia.

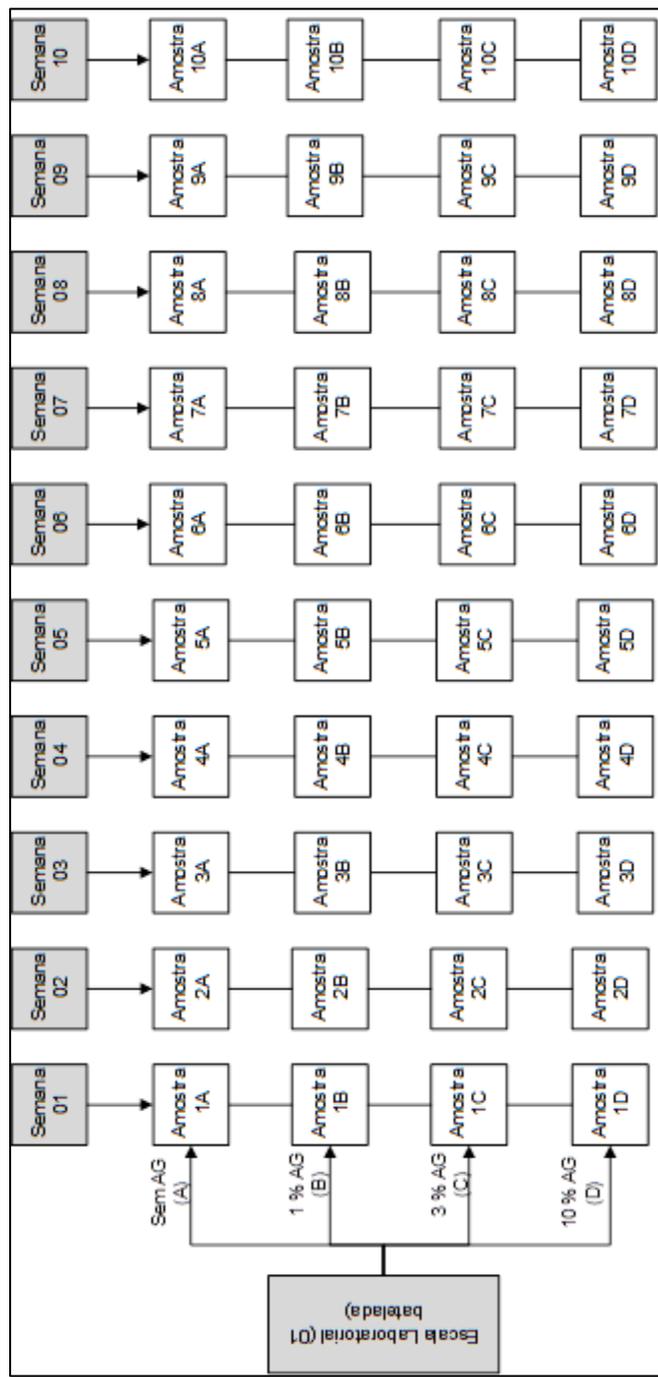
Foram realizadas análises de amostras em escala laboratorial e industrial. Primeiramente, foi concluída a etapa laboratorial, para depois comprovar os resultados obtidos em escala industrial.

As amostras foram analisadas uma a cada 7 dias, para verificar uma maior variação da matéria-prima. Na Olfar, é produzida uma batelada de lecitina de soja por dia, totalizando uma faixa de 4500 a 5500 kg a cada 24 horas.

4.1 ESCALA LABORATORIAL

Inicialmente foram coletadas 4 amostras de 10 kg de 1 batelada de lecitina de soja. Após, as mesmas foram fracionadas em 10 amostras, contendo 1 kg cada uma, totalizando 40 amostras. Os ensaios foram realizados em duplicata. A figura abaixo traz o fluxograma que demonstra como foi realizado o planejamento para a divisão destas amostras.

Figura 9 – Planejamento experimental das amostras analisadas em escala laboratorial.



Fonte: AUTOR, 2016.

As amostras foram identificadas da seguinte forma:

- Sem AGS: representadas pela letra “A”;
- Com 1 % (m/m) de AGS: representadas pela letra “B”;
- Com 3 % (m/m) de AGS: representadas pela letra “C”;
- Com 10 % (m/m) de AGS: representadas pela letra “D”.

Para a amostra com concentração de 1 % (m/m) de AGS, foram pesados 100 g do ácido graxo de soja; para a concentração de 3 % (m/m), foram pesadas 300 g e, nas amostras com 10 % (m/m) de AGS pesaram-se 1000 g de ácido graxo de soja.

Todas as amostras após serem adicionadas as quantidades de 1, 3 e 10 % (m/m) de ácido graxo de soja foram submetidas à agitação mecânica de 500 rpm por cerca de 30 minutos . Após a homogeneização completa das amostras, as mesmas foram subdivididas em partes iguais de 1 kg.

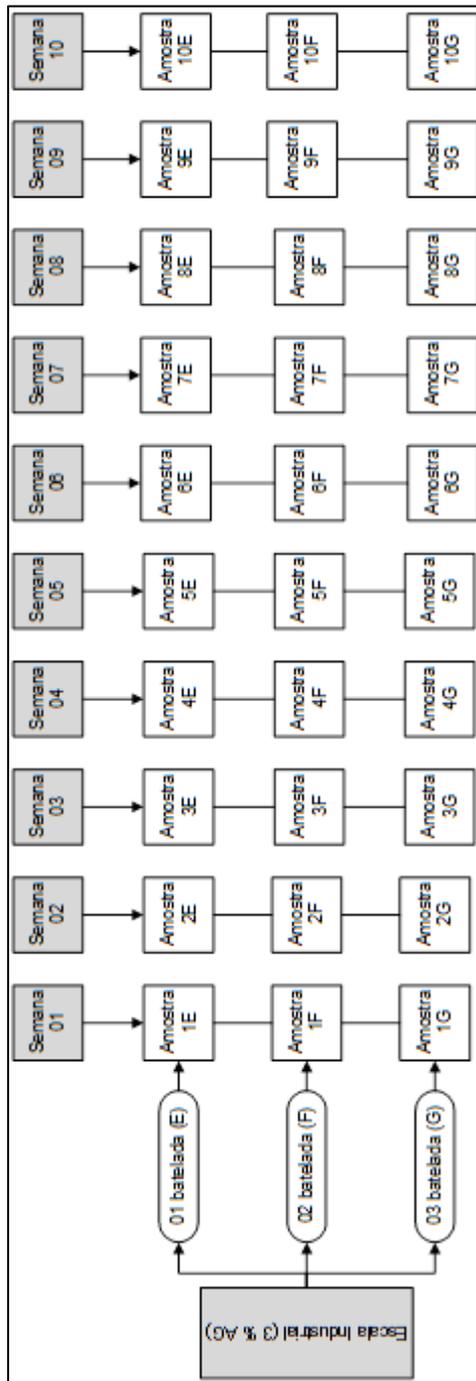
Os frascos com as amostras ficaram armazenados no laboratório da empresa, abertos e expostos a uma faixa de temperatura de 18 a 25 °C e umidade de 30 a 80 %, para que as amostras absorvam umidade para poder verificar como a viscosidade se comporta com o aumento da umidade, nas amostras com ácido graxo de soja.

Os parâmetros analisados em cada semana foram: umidade, viscosidade e índice de acidez, totalizando 4 amostras por semana, sendo uma delas sem ácido graxo de soja, e o restante com diferentes concentrações de AGS.

4.2 ESCALA INDUSTRIAL

Foram coletadas 30 amostras de 3 bateladas de lecitina de soja diferentes, todas com 3 % (m/m) de AGS. Cada batelada foi fracionada em 10 amostras. Os ensaios foram realizados em duplicata. A figura abaixo demonstra como foi realizado o planejamento para a divisão destas amostras.

Figura 10 – Planejamento das amostras em escala industrial.



Fonte: AUTOR, 2016.

As amostras foram identificadas da seguinte forma:

- Amostras da batelada 1: representadas pela letra “E”;
- Amostras da batelada 2: representadas pela letra “F”;
- Amostras da batelada 3: representadas pela letra “G”.

Para a concentração de 3 % (m/m) de ácido graxo na lecitina de soja, em escala industrial, foram adicionados 150 kg do AG em cada batelada.

O ácido graxo de soja (TQ-429) é adicionado antes de iniciar o processo de fabricação da lecitina, diretamente na massa da goma. A goma (TQ-414) e o ácido graxo de soja (TQ-429) vão para o secador (SE-415), conforme ilustra a figura 11. A temperatura do processo varia de 105 a 110 °C, com vácuo de 700 mmHg, com agitação.

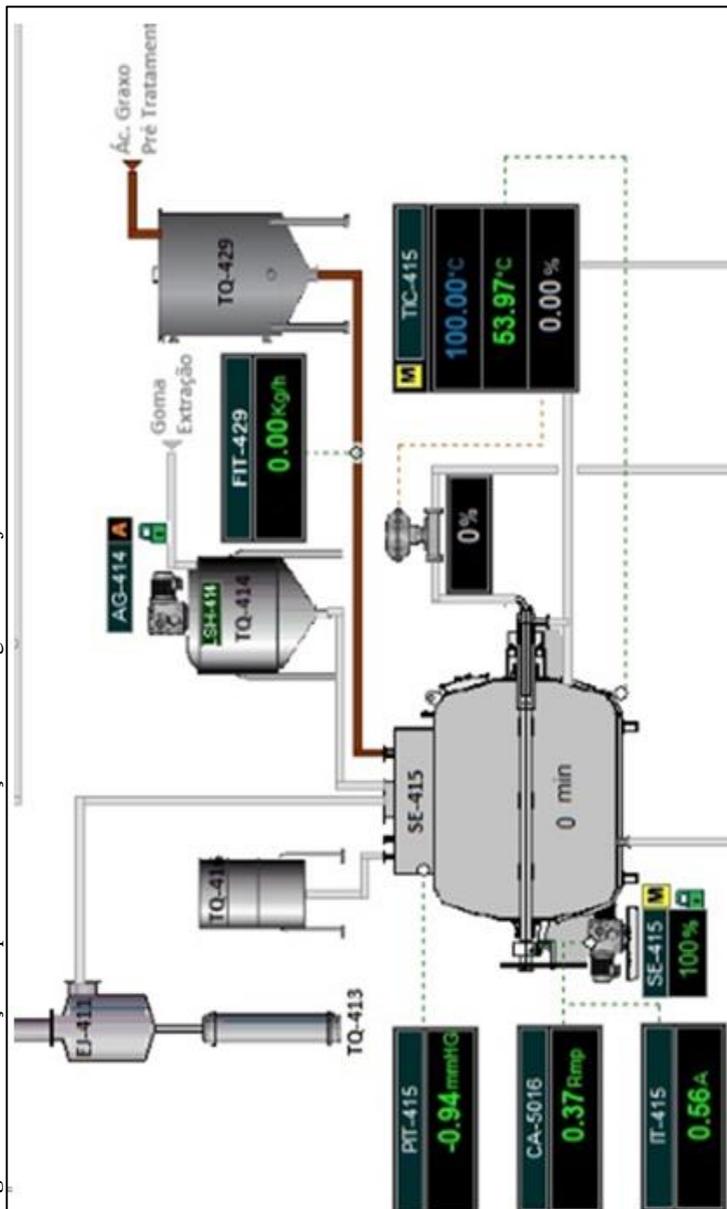
Conforme pode-se observar na figura, existe um tanque adicional com volume conhecido (TQ-429), o qual o AG é dosado por gravidade diretamente no tanque secador da lecitina.

Optou-se por dosar o ácido graxo de soja antes do processo de produção da lecitina, pois, se tratando em escala industrial, é mais viável adicionar dentro do processo e não em cada tambor. Este processo é importante, pois faz com que o produto fique mais homogêneo.

As amostras foram armazenadas no laboratório da empresa, abertas e expostas as mesmas condições de temperatura e umidade utilizadas em escala laboratorial, e analisadas uma amostra de cada batelada por semana, totalizando 10 semanas.

Os parâmetros analisados nestas amostras foram umidade, viscosidade e índice de acidez.

Figura 11 – Ilustração do processo de adição do ácido graxo de soja no secador de soja.



Fonte: OLFAR, 2016.

4.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISES

As análises de determinação de umidade, viscosidade e índice de acidez na lecitina de soja, foram realizadas conforme metodologias descritas abaixo.

4.3.1 Determinação da umidade

A determinação da umidade na lecitina de soja foi realizada segundo os procedimentos descritos na metodologia “AOCS Ca 2b-38 – Moisture and volatile matter”, consistindo, basicamente, na pesagem de 5 g de amostra em um cadinho de alumínio previamente aquecido em estufa à 130 °C por 1 hora, resfriado em dessecador e anotado seu peso.

Após, foi levado o cadinho com a amostra para a estufa de 130 °C por 2 horas. Decorrido este tempo, foi retirado o cadinho com a amostra da estufa e resfriado em dessecador até temperatura ambiente, para, após, pesá-lo novamente. O resultado segundo a metodologia é expresso em %.

$$Umidade_{(\%) } = \frac{(m_i - m_f)}{m_a} * 100 \quad (1)$$

Onde:

m_i : massa inicial do frasco e amostra, em g;

m_f : massa final do frasco e amostra, em g;

m_a : massa da amostra, em g;

4.3.2 Determinação da viscosidade

A determinação da viscosidade na lecitina de soja foi realizada segundo os procedimentos descritos na metodologia “AOCS Ja 10-87 – Recommended practice – Brookfield viscosity”. A análise consistia em aquecer cerca de 500 mL da amostra em banho de aquecimento à 25 °C. Após, o béquer com a amostra foi centralizado no viscosímetro (Brookfield modelo LVT), e realizado a leitura com o spindle nº 64 acoplado no equipamento. O resultado é expresso em Poises.

$$Viscosidade_{(P)} = \frac{(L_e * f_c)}{100} \quad (2)$$

Onde:

L_e : leitura do disco do equipamento, em cP;

f_c : fator de correção (500), em P,

4.3.3 Determinação do índice de acidez

A determinação do índice de acidez na lecitina de soja seguiu os procedimentos descritos na metodologia “AOCS Ja 6-55 – Acetone – Insoluble matter”. A análise foi baseada, basicamente, na pesagem de 2 g de amostra em um Erlenmeyer de 250 mL, dissolvido em 50 mL de éter de petróleo (marca Vetec), neutralizado com 50 mL de álcool etílico (marca Vetec) sob agitação, adição de 4 gotas de indicador (fenolftaleína 1 % (marca Vetec)) e titulação com KOH 0,1 mol/L (marca Vetec). O resultado seguindo a metodologia é expresso em mgKOH/g.

$$\text{Índice de acidez}_{(mgKOH/g)} = \frac{(V_a - V_b) * C_{KOH} * MM_{KOH}}{m_a} \quad (3)$$

Onde:

V_a : volume de KOH gasto na titulação da amostra, em mL;

V_b : volume gasto para titular o branco, em mL;

C_{KOH} : concentração molar do KOH usado na titulação, em mol/L;

MM_{KOH} : massa molar do KOH, em g/mol;

m_a : massa da amostra, em g.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho, o qual consiste em diminuir a viscosidade da lecitina de soja, adicionando o produto ácido graxo de soja.

Os resultados estão divididos em escala laboratorial e escala industrial.

5.1 ESCALA LABORATORIAL

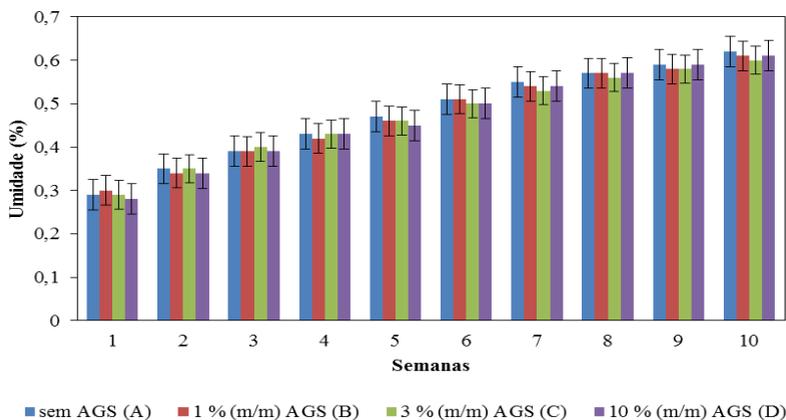
Abaixo serão apresentados os resultados obtidos nos testes da primeira etapa do trabalho: adição de ácido graxo de soja em diferentes concentrações na lecitina de soja, em escala laboratorial.

A proposta consistiu em investigar os parâmetros de umidade, viscosidade e índice de acidez, e analisar o comportamento da lecitina ao longo do tempo com e sem a presença de AGS.

5.1.1 Determinação da umidade

Na Figura 12 estão apresentados os resultados obtidos no estudo da adição de diferentes concentrações de AGS na lecitina de soja, em relação à umidade.

Figura 12 – Influência de diferentes concentrações de AGS na umidade na lecitina de soja.



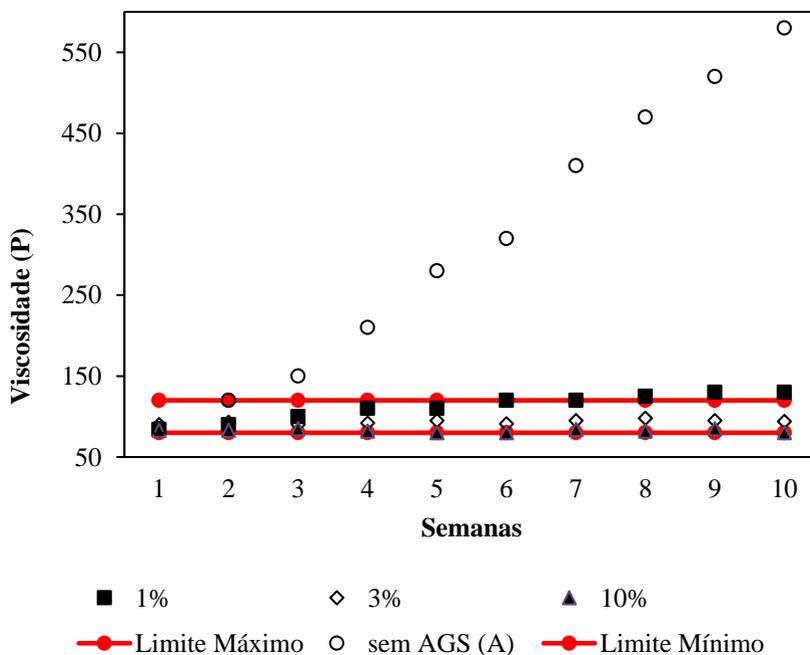
Fonte: AUTOR, 2016.

Através dos resultados encontrados, pode-se verificar que a umidade se mantém constante com a adição de diferentes concentrações de ácido graxo de soja. Todavia ela apresenta um aumento linear em função do tempo. Levando-se em consideração que a lecitina fica armazenada por longos períodos até seu uso, as amostras foram submetidas a condições semelhantes, para que os resultados se apresentassem o mais próximo da realidade industrial. Desta forma, pode-se verificar que o comportamento da umidade não é influenciado pela adição de ácido graxo de soja nas concentrações testadas, mas sofre alterações com o decorrer do tempo, o que já estava previsto.

5.1.2 Determinação da viscosidade

Os resultados obtidos para a determinação da viscosidade na lecitina de soja estão apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Influência da adição de diferentes concentrações de AGS na viscosidade da lecitina de soja.



Fonte: AUTOR, 2016.

Os dados obtidos experimentalmente mostram que sem adição de ácido graxo de soja, a viscosidade apresentou um aumento expressivo no decorrer do tempo, interferindo na qualidade do produto, pois a lecitina quando apresenta alta viscosidade dificulta seu manuseio. Variando-se as concentrações de ácido graxo de soja obtiveram-se resultados promissores: com a adição de 1 % (m/m), a viscosidade da lecitina apresentou pequenas variações, porém sua taxa aumenta com o decorrer do tempo, ultrapassando o limite de 120 P, gerando um produto fora da especificação. Adicionando-se 3 % (m/m) de ácido graxo de soja à lecitina, os resultados obtidos demonstram um comportamento adequado da viscosidade, pois a mesma se mantém com valores dentro da especificação. O melhor comportamento foi obtido com a adição de 10 % (m/m) de ácido graxo de soja, onde a lecitina apresentou estabilidade ao longo do tempo permanecendo na faixa ideal de valores de viscosidade entre 80 a 85 P. Desta forma, pode-se verificar que o comportamento da viscosidade na lecitina de soja está diretamente associado à adição de ácido graxo de soja.

MIYASAKI (2013) verificou que a viscosidade dos chocolates diminuiu com a adição de lecitina de soja. Comparando-se a este trabalho, conclui-se que a adição de ácido graxo de soja, em amostras com variação de umidade, mantém a viscosidade constante, facilitando o manuseio do produto.

5.1.3 Determinação do índice de acidez

O índice de acidez foi analisado para verificar como o ácido graxo de soja se comporta no produto final, visto que estamos adicionando acidez na lecitina, e o valor máximo no produto final não pode ser superior a 29 mgKOH/g.

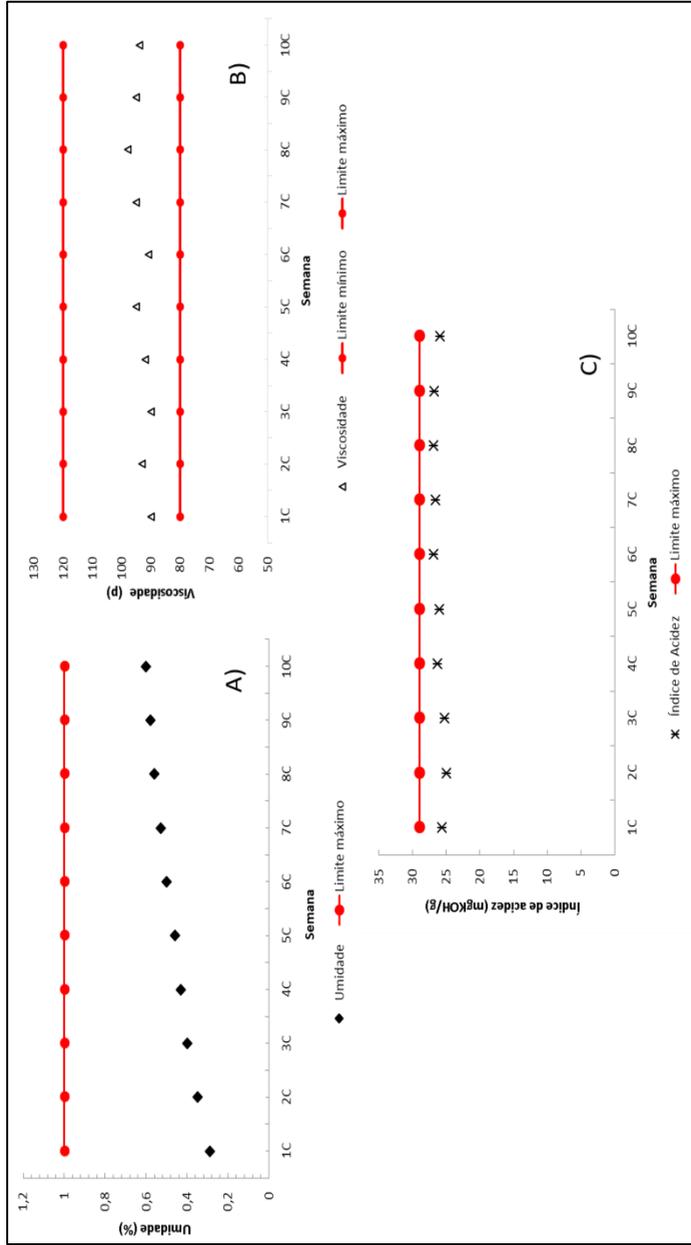
Os resultados obtidos para a determinação do índice de acidez na lecitina de soja estão apresentados na Figura 14.

Avaliando os resultados apresentados na Figura 14, pode-se notar que nas amostras em que não houve a adição de AGS, o índice de acidez permaneceu constante. Como já era esperado, com a adição de ácido graxo de soja, o produto sofreu um aumento no seu índice de acidez.

As concentrações de 1 e 3 % (m/m) de AGS permaneceram dentro das especificações técnicas do produto, que é de 29 mgKOH/g, sendo que a concentração de 3 % (m/m) apresentou maior estabilidade. Adicionando 10 % (m/m) de AGS, o produto aumentou muito seu índice de acidez, ficando fora das especificações, visto que o ácido graxo de soja possui uma acidez em torno de 195 à 205 mgKOH/g.

Estes resultados podem ser melhores visualizados no gráfico da Figura 15.

Figura 15 – Parâmetros estudados na adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja na lecitina de soja, sendo: A) Umidade; B) Viscosidade; C) Índice de acidez.



Pode-se concluir que, em escala laboratorial, a adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja na lecitina de soja foi a melhor condição encontrada, justificando o objetivo deste trabalho. Assim, foi analisado o produto também com a adição de 3 % (m/m) de AGS em escala industrial, com o intuito de tornar a lecitina um produto com uma viscosidade mais estável, o que facilitará o seu manuseio em tambores de 200 kg.

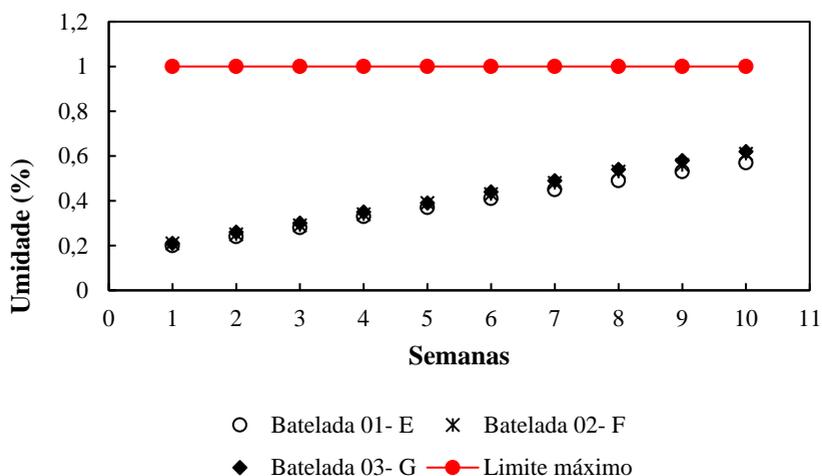
5.2 ESCALA INDUSTRIAL

Abaixo estão apresentados os resultados obtidos nos testes da segunda etapa do trabalho: adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja em três bateladas diferentes de lecitina de soja. A proposta de realizar esta segunda etapa foi verificar se os resultados obtidos em escala laboratorial se aplicam em escala industrial. Os critérios analisados são os mesmos realizados em escala laboratorial.

5.2.1 Determinação da umidade

Os resultados obtidos para a determinação da umidade da lecitina de soja estão apresentados na Figura 16.

Figura 16 – Comportamento da umidade na lecitina de soja com 3 % (m/m) de AGS em 3 bateladas de lecitina diferentes.



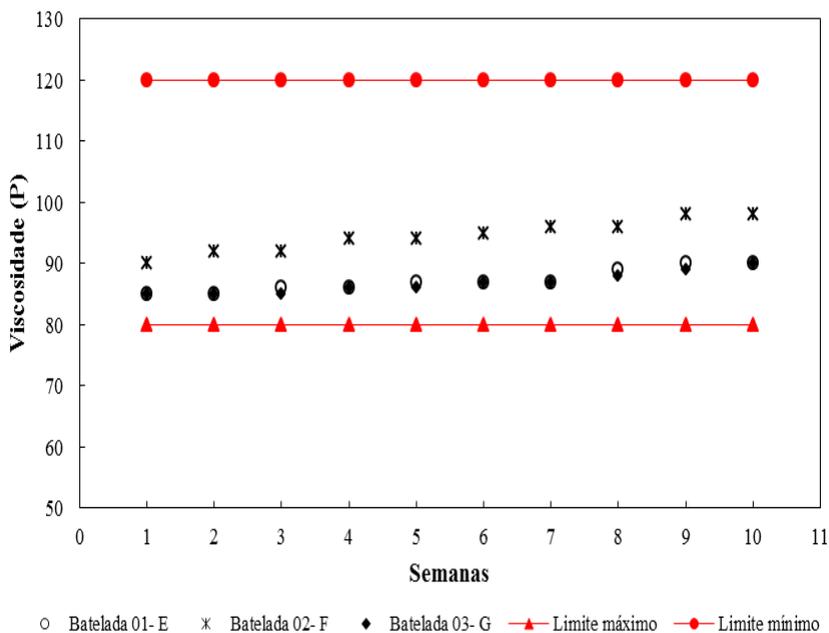
Fonte: AUTOR, 2016.

Conforme podemos observar no gráfico da figura 16, no decorrer das semanas, a umidade aumentou, porém, ainda assim está dentro da especificação técnicas do produto, que é de 1 %.

5.2.2 Determinação da viscosidade

Os resultados obtidos para a determinação da viscosidade na lecitina de soja estão apresentados na Figura 17.

Figura 17 – Viscosidade na lecitina de soja com 3 % (m/m) de AGS em 3 bateladas de lecitina diferentes.



Fonte: AUTOR, 2016.

Conforme pode-se observar no gráfico da Figura 17, a viscosidade das três bateladas de lecitina de soja obteve um ligeiro aumento linear, porém manteve-se dentro das especificações técnicas do produto, o que comprova que, mesmo com o incremento da umidade nas amostras, o ácido graxo de soja na proporção de 3 % (m/m) estabiliza o produto, mantendo-o com sua viscosidade ideal.

A figura 18 nos mostra a lecitina de soja sem a adição de ácido graxo de soja e a figura 19 nos traz a lecitina de soja com a adição de 3 % (m/m) de AGS, ao final do estudo, ou seja, após 10 semanas em condições forçadas de absorção de umidade (expostas ao ambiente).

Figura 18 – Lecitina de soja sem adição de AGS.



Fonte: AUTOR, 2016.

Figura 19 – Lecitina de soja com adição de 3 % (m/m) de AGS.



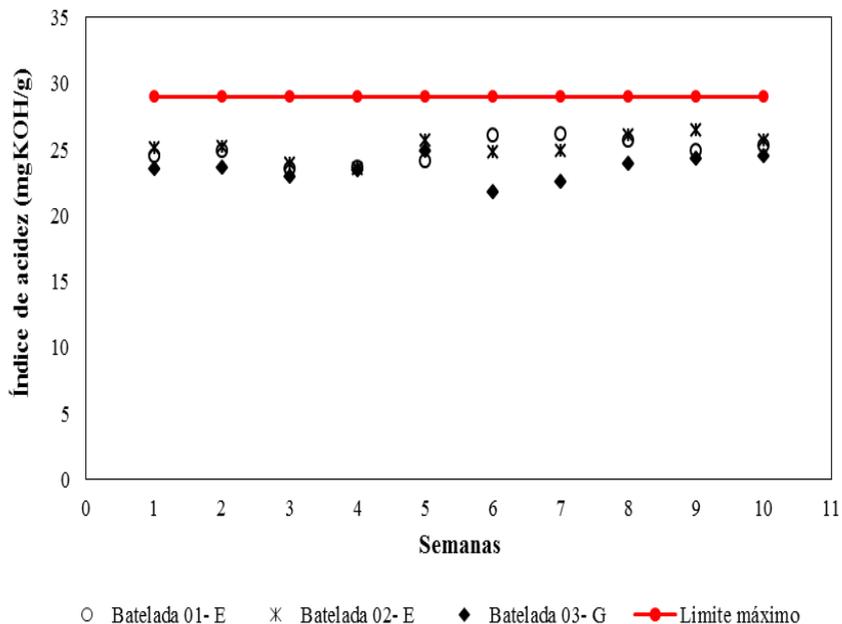
Fonte: AUTOR, 2016.

Pode-se observar claramente a diferença entre as Figuras 18 e 19 quanto à viscosidade da lecitina de soja. Sem a presença de ácido graxo de soja, ao absorver umidade, a lecitina fica muito viscosa, tornando difícil sua remoção e manuseio, ultrapassando os limites especificados. Com a adição de 3 % (m/m) de AGS, apesar de absorver umidade da mesma forma que a lecitina sem o ácido graxo de soja, o produto mantém sua viscosidade sem sofrer alterações, atendendo as especificações técnicas com valores de 80 – 120 P.

5.2.3 Determinação do índice de acidez

Este fator foi analisado para verificar se com o decorrer do tempo o produto aumenta a acidez na presença de 3 % (m/m) de AGS. A Figura 20 mostra os resultados obtidos.

Figura 20 – Índice de acidez na lecitina de soja com 3 % (m/m) de ácido graxo de soja em 3 bateladas de lecitina diferentes.



Fonte: AUTOR, 2016.

Ao final das 10 semanas de análise, pode-se observar que o índice de acidez da lecitina de soja com adição de 3 % (m/m) de AGS permaneceu constante e dentro das especificações técnicas do produto.

A determinação do índice de acidez dos produtos alimentícios está relacionada com o tempo de validade e modificações químicas, físicas e microbiológicas do produto, embalagem e tecnologias empregadas.

5.2.4 Controle de Qualidade

As análises físico-químicas realizadas pelas empresas que processam soja e lecitina de soja seguem algumas das metodologias nos planos de amostragem e métodos de ensaio elaboradas pela *American Oil Chemistry Society* (AOCS), bem como de seus parâmetros de qualidade.

A empresa Olfar realiza suas análises com base nas metodologias normatizadas, e seus parâmetros de qualidade baseiam-se nos órgãos legislativos vigentes, tais como o *Codex Alimentarius* (Código Alimentar), AOCS, ANVISA, MAPA, dentre outros.

A lecitina de soja com adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja foi monitorada durante todo seu período de validade, ou seja, dezoito meses, onde suas propriedades físico-químicas e microbiológicas permaneceram inalteradas.

A Tabela 10 mostra o certificado de qualidade da empresa Olfar para a lecitina de soja sem o ácido graxo de soja e com a adição de 3 % (m/m) de AGS.

Tabela 10 – Certificado de Qualidade da lecitina de soja da empresa Olfar sem AGS e com adição de 3 % (m/m) de AGS.

Análises		Sem AGS	3 % (m/m) AGS
Aspecto		Semilíquido	Semilíquido
Insolúveis em acetona		65,5400 %	62,3600 %
Insolúveis em hexano		0,1200 %	0,0796 %
Índice de peróxidos		0,0000 meq/Kg	0,0000 meq/Kg
Chumbo		< 0,038 mg/Kg	< 0,038 mg/Kg
Umidade		0,4300 %	0,3400 %
Cor		10,0000 Gardner	9,0000 Gardner
Viscosidade 25 °C		130 P	85 P
Densidade		1,0000 g/cm ³	1,0100 g/cm ³
Contagem de microrganismos aeróbios		4 x 10 ¹ UFC/g	4 x 10 ¹ UFC/g
Coliformes fecais a 36 °C		< 1 UFC/g	< 1 UFC/g
Coliformes fecais a 45 °C		< 1 UFC/g	< 1 UFC/g
Bolores e leveduras		< 1 UFC/g	< 1 UFC/g
Staphylococcus Aureus		< 1 UFC/g	< 1 UFC/g
Clostridium Sulfito Redutor		< 1 UFC/g	< 1 UFC/g
Salmonella sp		Ausente	Ausente
Aparência e cor		Líquido viscoso marrom	Líquido viscoso marrom
Índice de acidez		21,6200 mgKOH/g	25,7300 mgKOH/g

Fonte: OLFAR, 2016

Observando os laudos de análise do produto sem adição de ácido graxo de soja, e com a incorporação de 3 % (m/m) de AGS, pode-se verificar que o que difere expressivamente em ambos os laudos, é o fator viscosidade. Enquanto que a viscosidade, na lecitina sem AGS ficou em 130 P, não atendendo as especificações técnicas do produto, a lecitina com adição de 3 % (m/m) de AGS permaneceu com viscosidade em 85 P, tornando o produto adequado, respeitando os limites estipulados, além de facilitar o manuseio no interior dos tambores de 200 kg.

A análise de índice de acidez aponta para um aumento na acidez do produto que contém AGS, o que era esperado. Porém, mesmo com este aumento de acidez, o produto permanece dentro das especificações técnicas.

6. CONCLUSÕES

A adição de diferentes concentrações de ácido graxo de soja na lecitina de soja não influencia na umidade do produto, porém, ela age diretamente na viscosidade na lecitina, fazendo com que o produto, mesmo com umidade elevada, diminua e mantenha em níveis aceitáveis sua viscosidade. A adição de ácido graxo de soja também influencia no índice de acidez na lecitina de soja, quanto maior a concentração de AGS, maior será o índice de acidez no produto final.

Analisando os resultados obtidos, conclui-se que a adição de 3 % (m/m) de ácido graxo de soja foi a melhor condição estudada, pois com esta dosagem a viscosidade permanece estável durante todo o período de armazenamento do produto, além disso, o índice de acidez permanece dentro das especificações técnicas. Podemos observar visualmente a diferença da lecitina de soja com e sem a adição de ácido graxo de soja. Com AGS, o produto fica mais viscoso e homogêneo, já sem ácido graxo de soja, a lecitina endurece e fica notável a separação do óleo da lecitina de soja, caracterizando uma mistura heterogênea.

O controle de qualidade do produto com e sem ácido graxo de soja possui algumas diferenças quanto aos insolúveis em acetona, viscosidade e índice de acidez. As demais propriedades físico-químicas e microbiológicas não sofrem variação com a adição do ácido graxo de soja.

A adição de ácido graxo de soja à lecitina apresentou uma grande melhoria no processo de produção da empresa Olfar. Com este incremento de AGS, o produto apresentou boa estabilidade no que diz respeito à viscosidade, se mantendo dentro das especificações técnicas exigidas, melhorando a relação empresa e cliente e cessando os problemas gerados pela alta viscosidade da lecitina de soja.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Testar a influência da adição de óleo de soja na lecitina de soja, para avaliar como se comporta a viscosidade da lecitina;
- Mapear os fosfatídios presentes na lecitina de soja, a fim de caracterizar os diferentes tipos de matéria-prima (soja);
- Estudar se a água que é adicionada no processo de produção da lecitina de soja apresenta influência na qualidade do produto final. Avaliar a composição da água de poço artesiano e de osmose;
- Estudar a viabilidade para alterar o processo de produção de lecitina de soja, de batelada para processo contínuo.

8. REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais –. Sustentabilidade do complexo soja: reflexos da política econômica. [acesso 2015 Fev 28]. Disponível em: [http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/25072013-105434-37._sober.pdf].

AKOH, C.C.; MIN, D.B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology**. 3ed., Boca Raton: CRC Press, 2008. 928p

ALLEN, R. R. et al. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. 4 ed. 1 v. New York: Ed John Wiley & Sons, 1953a. 758 p.

AMARAL, L. do.; JAIGOBIND, S. J.; JAIGOBIND, A. G. A. **Óleo de soja**. ITPR – Instituto de Tecnologia do Paraná: Dossiê Técnico – TECPAR, 2006. 32 p.

ANDRADE, E. C. B. de. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 22 p.

AOCS (2009). Official method sander com mended practices of the American Oil Chemists' Society. Method Ca 2b-38.

AOCS (2009). Official method sander com mended practices of the American Oil Chemists' Society. Method Ja 10-87.

AOCS (2009). Official method sander com mended practices of the American Oil Chemists' Society. Method Ja 6-55.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 3ed, Viçosa: UFV, 2004, p.106-190.

BAILEY A.E. – in: **Aceites y grasas indústria les**. Editorial Reverte; S.A., 1961, 741 p.

BATISTUZZO J.A.O., ITAYA M., ETO Y., **Formulário médico-farmacêutico**. 4ºed., Pharmabooks, São Paulo, 2011.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4ed., Leipzig: Springer, 2009, p.158-245.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Ed. Varela, 1992.

BORGES, M. C.; SANTOS, F. M. M.; TELLES, R. W., CORREIA, M. I. T. D.; LANNA, C. C. D. **Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e lúpus eritematoso sistêmico: oq eu sabemos?** REVISTA BRASILEIRA DE REUMATOLOGIA – ELSEVIER. BELO HORIZONTE – MG, 2014.

CARVALHO, L.C, FERREIRA, F.M., BUENO, N.M., **Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer [Internet]. 2012; 8 (15): 1021-34.

CIRCLE, S. J. **Proteins and others nitrogenous constituents. In: soybeans and soybean products**. Markley, K. S. Ed. Vol. 1, cap. VIII; 275-370, 1951.

DAUBERT, B. F. **Chemical composition of soybeans oil. In: Soybeans and soybean products**. Markley, K, S. vol 1, cap V p. 157-211, 1951.

DAVIS, T.R.; DIMICK, P.S. **Lipid composition of high-melting seed crystals formed during cocoa butter solidification**. Journal of American Oil Chemists' Society, v.66, n.10, p.1494-1498, 1989.

DEMAN, J.M. **Principles of Food Chemistry**. 3ed., Maryland: Aspen, 1999, p.33-107.

DICKINSON, E. **An Introduction to Food Colloids**. 1ed., Oxford: Oxford University Press, 1992, 514p.

DORSA, R. **Tecnologia de óleos vegetais**. Campinas: GEA/WESTFALIA, 2004.

DORSA, R. **Tecnologia de processamento de óleos e gorduras vegetais e derivados**. São Paulo: GEA/WESTFALIA, 1998. 227 p.

FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 3ed., New York: Marcel Dekker, 1996, p.225-319.

FRANCO, Z.A.; TAVARES, A.F.C. GONZÁLES, G.; DIBAI, A.J.V.; PORTO, J.H.S. **Emulsões e Borrás (Parte 1): Teoria da formação e Quebra das emulsões**. Boletim Técnico Petrobras, v.31, n.2, p.95-103, 1988.

GARTI, N. **Food emulsifiers: structure-reactivity relationships, design, and applications**, In: MARANGONI, A.G.; NARINE, S. (Eds.). **Physical Properties of Lipids**. 1ed., New York: Marcel Dekker, 2002, p.265-386.

GUNSTONE, F.D. **Phospholipids**. In: GUNSTONE, F.D. (Ed.). **Structured and Modified Lipids**. 1ed., New York: Marcel Dekker, 2001, p.241-250.

ISO 22000:2005. **Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos – Requisitos para qualquer Organização na Cadeia Produtiva de Alimentos**.

JOHNSON JR, R.E.; MORRISON JR, W.H. **Ceramic Powder Dispersion in Nonaqueous Systems** In: MESSING, G. L.; MAZDIYASNI, K. S.; MCCAULEY, J. W.; HABER, R. A. (Eds). **Ceramic Powder Science - Advances in Ceramics**, v. 21. Westerville: American Ceramic Society, 1988. p.325-348.

KANICKE, J.R.; HOLMBERG, K. **Surface chemistry in the petroleum Industry** In: HOLMBERG, K. (Ed.) **Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry**. 1ed., New York: John Wiley & Sons, 2002, p.251-267.

LOPES, K. da S. **Avaliação da etapa de clarificação do óleo de soja através de planejamento composto central e investigação do potencial de melhoria energética no processamento da soja**. [dissertação de mestrado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2008.

MAGNONI, D. **A importância socioeconômica da soja**. Revista Qualidade em Alimentação e Nutrição, nº 9, 2001.

MARCONCIN, S. A. **Respostas fisiológicas em cães suplementados com lecitina de soja e lecipalm®: estudo sobre os parâmetros metabólicos, bioquímicos e hematológicos**. [dissertação de mestrado]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2008.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. ; VISENTAINER, J. V. Rev. Nutr. Camp. 2006, 19, 761. [CrossRef].

MARZZOCO, A., TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. – 3º ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

MCCLEMENTS, D.J. **Lipid-based emulsions and emulsifiers**. In: **AKOH, C.C.; MIN, D.B. (Eds). Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology**. 3ed., Boca Raton: CRC Press, 2008, p.63-97.

MENEZES, J.B.F., **Soja: origem, composição química, valor nutritivo e aplicações diversas**. Rev Inst Adolfo Lutz.1961;21:33-56.

MIKESKA, K.; CANNON, W. R. **Dispersants for tape casting pure barium titanate**. In: **MANGELS, J. A.; MESSING, G. L. (Eds). Forming of Ceramics - Advances in Ceramics**, v.9, Columbus: The American Ceramic Society, 1984, p.164-83.

MISKANDAR, M.S.; CHE MAN, Y.B.; RAHMAN, R.A.; AINI, I.N.; YUSOFF, M.S.A. **Effects of emulsifiers on crystallization properties of low-melting blends of palm oil and olein**. Journal of Food Lipids, v.13, n.1, p.57–72, 2006.

MIYASAKI EK. **Avaliação da adição de emulsificantes do tipo lecitinas modificadas na cristalização de manteiga de cacau e de chocolate amargo** [dissertação de mestrado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2013.

MORETTO, E; FETT. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 140 p.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K., RPDWELL, V. W. **Harper: Bioquímica ilustrada**. 27. Ed. São Paulo: McGrae-hill, 2007.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, v.23, p.531-537, 2000.

NIEUWENHUYZEN, W.V. **Lecithin and other phospholipids.** In: **KJELLIN, M.; JOHANSSON, I. (Eds.). Surfactants from Renewable Resources.** 1ed, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010, p.191-212.

NIEUWENHUYZEN, W.V.; TOMÁS, M.C. **Update on vegetable lecithin and phospholipid Technologies.** European Journal of Lipid Technology, v.110, n.5, p.472-486, 2008.

O'BRIEN, R. D., **Fats and Oils, Technomic Publishing Company.** Inc., Lancaster, Pennsylvania, 1998.

OLFAR S/A Alimento e Energia. Disponível em <<http://www.olfar.ind.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

OLIVEIRA, C. G. de. **Proposta de modelagem transiente para clarificação de óleos vegetais.** [dissertação de mestrado] - Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2001.

POKORNÝ, J. **Production, separation and modification of phospholipids for use in food.** In: **GUNSTONE, F.D. (Ed.). Modifying Lipids for Use in Food.** 1ed., Boca Raton: CRC Press. 2006. p.369-390.

RAJ, P.V.; NITESH, K.; CHANDRASHEKHAR, H.R.; MALLIKARJUNA-RAO, C.; VENKATA-RAO, J.; UDUPA, N. **Effect of lecithin and silymarin on d-galactosamine induced toxicity in isolated hepatocytes and rats.** Indian Journal of Clinical Biochemistry, v.25, n.2, p.169-174, 2010.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P.A. Z. **A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino.** Universidade de Brasília, Laboratório de Materiais e Combustíveis, Instituto de Química, INCTCatálise, 2013. Brasília/DF, Brasil.

ROCHA RS. **Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude** [dissertação de mestrado]. Teresina (PI): Universidade Federal do Piauí; 2009.

SALGADO, J. M. **Alimentos funcionais.** Disponível em: http://www.sbaf.org.br/sbarf/_alimentos/200506_Alimentos_Funcionais.htm. Acesso em: out.2016.

SANTOS, K. L.; Zanetti, E. L. S. **A soja no Brasil: Obtenção, Purificação e Usos da lecitina da soja**. 1. Ed. Campinas: ITAL, 1981. P. 963-971.

SONNTAG, N. O. V., FORMO, M. W., JUNGERMANN E., NORRIS, F. A., **Bailey's industrial oil and fat products**. v. 1, 4a ed., John Wiley & Sons, 1979.

SPILBURG CA, Goldberg AC, McGill JB, Stenson WF, Racette SB, Bateman J, McPherson TB, Ostlund RE Jr. **Fat-free foods supplemented with soy stanol-lecithin powder reduce cholesterol absorption and LDL cholesterol**. J Am Diet Assoc; 103:577-81, 2003.

STANLEY, J. **Production and utilization of lecithin**. In: **Soybeans and soybeans products**. Markley, K. S. vol 2, cap. XVI – 593 – 647. 1951

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R. **Transformação de Triglicerídeos em Combustíveis, Materiais Poliméricos e Insumos Químicos: Algumas Aplicações da Catálise na Oleoquímica**. Química Nova, v.30, p. 667-676, 2007.

TANNO, H. **Lecithin**. **Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry**. 6ed., Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, DOI: 10.1002/14356007.a15_293, 2012.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M. dos.; OLIVEIRA, S. J.R. de. **Avaliação da Influência dos Processos de Lecitinação de Aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó**. Campinas: Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2006. Jul-set. P. 666-671.

WONG, D.W.S. **Química de los Alimentos: Mecanismos y Teoría**. 1ed., Zaragoza: Editora Acribia, 1995, 476p

ZAMBIAZZI, E. V. **Aplicações da adubação potássica na cultura da soja** [dissertação de mestrado]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras, 2014.

ZENEVICZ, M. C. P. **Hidroesterificação Enzimática de Óleos de Soja e de Fritura em Sistema de Ultrassom** [tese de doutorado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2015.