

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENGENHARIA QUÍMICA

ANGÉLICA SILVANA BAZA HENRIQUE

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE ÓLEO NA GOMA
NA VISCOSIDADE FINAL DA LECITINA DE SOJA DE UMA
UNIDADE PRODUTORA DOS CAMPOS GERAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

ANGÉLICA SILVANA BAZA HENRIQUE

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE ÓLEO NA GOMA
NA VISCOSIDADE FINAL DA LECITINA DE SOJA DE UMA
UNIDADE PRODUTORA DOS CAMPOS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, do
Departamento de Engenharia
Química, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Sabrina Ávila
Rodrigues

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação da influência do teor de óleo na goma na viscosidade final da lecitina de soja de uma unidade produtora dos Campos Gerais

por

Angélica Silvana Baza Henrique

Monografia apresentada no dia 21 de outubro de 2019 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados¹. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Simone Bowles
(UTFPR)

Thais de Oliveira
(UTFPR)

Profa. Dra. Sabrina Ávila Rodrigues
(UTFPR)
Orientadora

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

¹ O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Sabrina Ávila Rodrigues por ter aceitado me orientar mesmo que de forma repentina, pela paciência e toda ajuda prestada durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Izabel e Edilberto, que mesmo de longe me apoiaram e deram todo suporte que precisei durante todos os anos da faculdade.

Aos meus amigos, que se tornaram minha família e sempre estiveram presentes quando precisei, dispostos a ajudar e me escutar.

À todas as pessoas incríveis que tive a oportunidade de conhecer durante essa jornada e a todos que de alguma forma contribuíram durante minha graduação, muito obrigada.

RESUMO

HENRIQUE, Angélica Silvana Baza. **Avaliação da influência do teor de óleo na goma na viscosidade final da lecitina de soja de uma unidade produtora dos Campos Gerais.** 2019. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

A soja se apresenta historicamente como uma leguminosa com muito valor agregado devido aos seus benefícios à saúde e aos produtos obtidos a partir dela, além de ser uma das principais produções e exportações do Brasil e dos Campos Gerais. Dentre esses produtos destacam-se o complexo soja formado pelo óleo e o farelo, onde pode-se incluir a lecitina. A lecitina é produto natural com coloração âmbar e alta viscosidade, é amplamente utilizada pelas indústrias alimentícia e farmacêutica devido as suas características de emulsificante e dispersante. A obtenção da lecitina se dá pelo processo de secagem da goma obtida na degomagem do óleo bruto, onde o mesmo é hidratado e centrifugado, dando origem a goma. A hidratação das gomas e secagem da lecitina são etapas críticas que afetam diretamente a qualidade do produto final. A viscosidade se apresenta como um parâmetro importante, pois além de impactar na utilização da lecitina, afeta no seu manuseio e transporte, podendo levar a grandes perdas de carga. Para o ajuste desse parâmetro óleo degomado e ácidos graxos vegetais são adicionados à lecitina. Este trabalho busca relacionar viscosidade à qualidade e especificações da matéria prima utilizada, refletidos pelo óleo presente na goma, para isto foram utilizados os métodos padronizados pela *American Oil Chemistry Society*. Foram comparados os dados de óleo na goma, óleo na goma base seca, viscosidade final da lecitina e umidade da lecitina. Os dados obtidos apresentaram grande variabilidade entre si, porém a influência do óleo na goma na viscosidade final da lecitina pôde ser observada, mostrando que são inversamente proporcionais, quanto maior o percentual de óleo na goma menor a viscosidade obtida, já a umidade não apresentou grandes impactos. A quantidade de óleo na goma varia tanto pela qualidade da soja utilizada no processamento quanto pelos parâmetros utilizados no processo, e a correção por meio da adição de óleo degomado se apresenta como uma alternativa.

Palavras-chave: Lecitina de soja. Viscosidade. Óleo na goma. Qualidade.

ABSTRACT

HENRIQUE, Angélica Silvana Baza. **Evaluation of the influence of gum oil content on the final viscosity of soy lecithin from a Campos Gerais production unit.** 2019. 73 f. Work of Conclusion Course (Graduation in Chemical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Soybean has historically presented itself as a valuable legume because of its health benefits and derivative products, being one of the main productions and exports of Brazil and Campos Gerais. Among these products stands out the soy complex formed by oil and bran, which can include lecithin. Lecithin is a natural product with amber color and high viscosity, is widely used by the food and pharmaceutical industries due to its emulsifier and dispersant properties. Lecithin is manufactured by drying the gum obtained from the crude oil degumming process, where it is hydrated and centrifuged, originating the gum. Gum hydration and the lecithin drying are critical steps that directly affect the quality of the final product. Viscosity is an important parameter, as it affects the use of lecithin and affects its handling and transport, leading to large losses. To adjust this parameter degummed oil and vegetable fatty acids are added to the lecithin. The presented work seeks to relate viscosity to the quality and specifications of the raw material used, reflected by the oil present in the gum, for this, the standardized methods by the American Oil Chemistry Society were used. Gum oil, dry base gum oil, lecithin final viscosity and lecithin moisture data were compared. The data obtained showed great variability among themselves, but the influence of oil on gum on the final viscosity of lecithin was observed, revealing that they are inversely proportional, the higher the percentage of gum oil, the lower the viscosity, whereas the moisture didn't show any great impact. The amount of oil in the gum varies as much by the quality of the soybean used in the processing as by the process parameters, and the adjustment with the addition of degummed oil proves to be a good alternative.

Keywords: Soy lecithin. Viscosity. Gum oil. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A evolução da área ocupada pela soja	18
Figura 2 - Distribuição das áreas plantadas e processadoras de soja	21
Figura 3 - Estrutura da lecitina	29
Figura 4 - Comportamentos de escoamento	34
Figura 5 - Estrutura química da lecitina.....	35
Figura 6 - Viscosidade vs. Umidade.....	37
Figura 7 - Tipos de microemulsão	38
Figura 8 - Distribuição dos segmentos da lecitina	40
Figura 9 - Processamento do complexo soja	44
Figura 10 - Processamento da soja.....	48
Figura 11 - Fluxograma da degomagem	50
Figura 12 - Degomagem de forma simplificada.....	51
Figura 13 - Secador de lecitina.....	52
Figura 15 - Viscosímetro Brookfield DV-I Prime	55
Figura 16 – Karl Fischer 870 KF Titrino Plus.....	55
Figura 17 - Amostra de goma.....	56
Figura 18 - Amostra de lecitina.....	56
Gráfico 1 - Relação entre o óleo na goma e a viscosidade da lecitina	62
Gráfico 2 - Comportamento do óleo na goma e da viscosidade da lecitina.....	63
Gráfico 3 - Relação entre a viscosidade e umidade da lecitina	64
Quadro 1 - Classificação das lecitinas de soja	32
Quadro 2 - Usos e funções dos fosfolipídios	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição média dos ácidos graxos no óleo de soja.....	24
Tabela 2 - Composição média dos grãos de soja	26
Tabela 3 – Concentração de minerais e conteúdo vitamínico nos grãos de soja	27
Tabela 4 - Composição dos aminoácidos essenciais presentes nos grãos de soja	28
Tabela 5 – Composição da lecitina de soja e de ovo	30
Tabela 6 – Conteúdo típico de gomas de óleos brutos	31
Tabela 7– Composição de fosfolipídios derivados do óleo bruto de soja – base livre de óleo.....	33
Tabela 8 – Composição típica do óleo de soja bruto.....	49
Tabela 9 - Média entre as duplicatas das análises de óleo na goma e viscosidade da lecitina	60
Tabela 10 - Desvio padrão entre as duplicatas	60
Tabela 11 - Desvio médio entre as análises de óleo na goma e viscosidade da lecitina	61
Tabela 12 - Resultados e desvio das análises de umidade das amostras de lecitina	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 SOJA.....	14
3.1.1 História	14
3.1.1.1 História no Brasil	15
3.1.2 Produção e Mercado	18
3.1.2.1 Produção e mercado nacionais	19
3.1.3 Produtos e o Complexo Soja.....	23
3.1.4 Características e Benefícios.....	25
3.2 LECITINA	29
3.2.1 Sobre a Lecitina.....	29
3.2.2 Características e Propriedades.....	33
3.2.3 Aplicações	40
3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	43
3.3.1 A Degomagem	48
3.3.1.1 Secagem da goma e obtenção da lecitina.....	51
4 MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.1 MATERIAIS	54
4.2 MÉTODOS	56
4.2.1 Óleo na Goma	57
4.2.2 Viscosidade da Lecitina.....	58
4.2.3 Umidade da Lecitina.....	58

4.2.4 Analise dos Resultados	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os principais objetivos das indústrias alimentícias são produtos de qualidade, valorização dos subprodutos e processos mais econômicos e ambientalmente corretos (SCHUCK, 2004).

A soja apresenta um grupo de setores ligados à sua cadeia produtiva, eles utilizam os derivados para produção de coprodutos para inúmeros fins, dentre eles: nutrição animal e humana, bens de consumo e energia (HIRAKURI et al., 2018).

A lecitina, um desses subprodutos, é definida como uma mistura de fosfatídeos. Sua estrutura é formada por ácidos fosfóricos ligados a bases nitrogenadas e a álcool cíclico, produzindo estruturas como a fosfatidilcolina (SOUZA, 2017). O nome lecitina deriva da palavra grega que significa “gema de ovo”, *lekitos*, fonte inicial desse composto (SOARES, 2004)

Os fosfatídeos hidratáveis representam 90% das gomas, já os não hidratáveis podem causar danos irreversíveis ao óleo e são considerados impurezas (CASTEJON, 2010). As gomas, hidratadas e separadas por centrifugação, possuem em sua composição uma quantidade de óleo que varia de acordo com as condições do processo e da matéria prima (soja) (ZULIAN, 2016).

A viscosidade é um parâmetro de qualidade da lecitina muitas vezes exigido pelo cliente. A lecitina comercializada, em tambores ou isotanques, é transportada por horas em temperaturas próximas a do ambiente. Quando é descarregada, a carga é tombada para remoção completa do produto, porém caso a lecitina esteja muito viscosa, essa retirada é comprometida ocasionando perdas de carga, levando a prejuízos e reclamações de clientes (PEREIRA, 2018). E para adequação dessa propriedade aos parâmetros exigidos para comercialização “a lecitina de soja comercial é padronizada com óleo de soja” (CASTEJON, 2015, p. 6).

O processo produtivo busca obter o melhor rendimento de óleo por meio da remoção das gomas presentes no óleo bruto, porém para adequação da viscosidade da lecitina obtida é necessária adição de óleo degomado ou refinado ao produto. Assim, questiona-se, qual a influência do óleo presente na goma na viscosidade final da lecitina?

Espera-se encontrar qual é essa relação, para entender se o óleo residual presente na goma tem impacto na viscosidade final da lecitina, requisito exigido por clientes. E ajudar futuros estudos a analisar se os gastos de adequação de processo para remoção das gomas sem residual de óleo justifica os gastos com a adição de óleo degomado para ajuste da viscosidade final da lecitina comercializada, buscando uma alternativa mais econômica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliar qual a influência do óleo presente na goma na viscosidade final da lecitina de soja comercializada por uma unidade produtora dos Campos Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o teor de óleo na goma;
- Avaliar a viscosidade final da lecitina de soja obtida pela secagem da goma;
- Avaliar a variação da viscosidade final da lecitina em função da variação do teor de óleo na goma.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentam-se alguns conceitos relacionados à soja, à lecitina e ao processamento para obtenção desse produto.

3.1 SOJA

3.1.1 História

A origem da soja, assim como de muitos alimentos, não é clara, porém existem registros sobre ser na região central da Ásia. Os primeiros registros da domesticação dessa leguminosa datam do século XI a.C., ao norte da China, e a sua produção se concentrou no oriente até o início do século XX. Ao se estabelecer como uma planta de inúmeros usos e sua importância como alimento crescer, a soja teve rápida expansão em regiões tropicais e subtropicais (TURNIPSEED; KOGAN, 1976; BONATO; BONATO, 1987).

Bonato e Bonato (1987) relatam que na literatura chinesa existem registros de que esse grão já era amplamente cultivado e consumido muito antes dos primeiros documentos feitos, sendo que o primeiro deles data de 2838 a.C. em um herbário chamado “PEN TS’ AO KANG MU”, já a recomendação sobre seu cultivo mais antiga é de 2207 a.C., tornando a soja uma das primeiras leguminosas a ser cultivada pelo ser humano. De acordo com Schuck (2004), existem registros de utilização da *Glycine max* como alimento que datam do período de construção das pirâmides do Egito. A soja é uma planta nativa da Manchúria, cultivada em regiões úmidas, áreas próximas a lagos e rios e foi durante a Primeira Guerra Mundial que ingressou na América, Europa e África (SOARES, 2004).

O nome do gênero da planta, *Glycine*, foi introduzido por Carl Linnaeus na primeira edição livro *General Plantarum*, já o nome científico *G. max* (L.) Merril foi proposto por Merril em 1917 e tornou-se o nome oficial da planta (CHEN et al., 2012). A evolução da soja ocorreu a partir de cruzamentos entres espécies

de soja selvagens feitas por cientistas chineses, sendo que no início ela era uma planta rasteira (DALL'AGNOL et al., 2007).

Na Europa, os primeiros relatos dos usos e benefícios da soja são atribuídos ao botânico alemão Engelbert Kaempher, que após passar alguns anos no Japão demonstrou as possibilidades desse grão com base na experiência adquirida lá no ano de 1712. Porém, o primeiro plantio ocorreu apenas em 1739, após o Jardim Botânico de Paris ter recebido alguns exemplares de missionários vindos da China (BONATO; BONATO, 1987).

Na América, a data do primeiro cultivo é de 1804 de relatos no Estado da Pensilvânia (EUA), contudo o interesse dos produtores só é datado a partir de 1880. Uma curiosidade sobre esse país, é que o americano Henry Ford, conhecido pela fabricação de carros, desenvolveu um carro com carroceria de plástico no ano de 1941, e ficou conhecido como “carro de soja” (BONATO; BONATO, 1987; CHEN et al., 2012). Após a Primeira Guerra Mundial a soja ganhou um papel significativo nos EUA, já que regiões pouco produtivas puderam regenerar seu solo devido a fixação de nitrogênio e se tornarem produtivas, sendo capazes de atender as demandas governamentais. Atualmente o óleo de soja é a fonte primária para produção de biodiesel nos EUA (CHEN et al., 2012). No Brasil a soja tem suas primeiras referências datadas de 1882 na Bahia, onde Gustavo D'utra fez os primeiros relatos de experimentos realizados e na Argentina foi em 1909 na Estação Experimental de Córdoba (BONATO; BONATO, 1987; CHEN et al., 2012).

3.1.1.1 História no Brasil

Em São Paulo, por volta do ano de 1908 imigrantes japoneses realizaram os primeiros plantios com o objetivo de aproveitar em sua alimentação, o estudioso Daffert informa os primeiros estudos da planta na Estação Agrônômica de Campinas por volta de 1892. Contudo o ingresso oficial da soja deu-se no estado do Rio Grande do Sul no ano de 1914, atribuída ao professor F. G. Graig no que atualmente é a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (BONATO; BONATO, 1987).

No início, a soja foi cultivada com a finalidade de produzir forragem e grãos para a engorda de suínos, na região das Missões, no município de Santa

Rosa (RS), que é considerado o berço da produção nacional. O interesse de produtores levou a estudos visando desenvolver espécies mais adequadas a rotação de cultura com o trigo e ao desenvolvimento de máquinas agrícolas mais adequadas (BONATO; BONATO, 1987).

No estado do Paraná o primeiro registro data de 1936, quando agricultores catarinenses e gaúchos se fixaram nas regiões Sudeste e Oeste com atividade de criação de suínos. A cultura não teve grande desenvolvimento até o início da década de 50, quando em 1953 devido as perdas sofridas pelas culturas de café ao norte do estado levaram os produtores a migrarem de produção para bancar os custos da renovação dos cafezais. No ano de 1975 o Paraná detinha a maior produtividade nacional, atingindo 2221 kg/ha (BONATO; BONATO, 1987).

A soja apareceu pela primeira vez em estatísticas oficiais em 1941 no Rio Grande do Sul, e seu estabelecimento se deu pela construção da primeira indústria de processamento de soja no estado. Em São Paulo as primeiras estatísticas oficiais datam de 1945, seu desenvolvimento nesse estado ocorreu de maneira mais lenta devido a agricultura diversificada que existia lá. Internacionalmente o Brasil começou a figurar no mercado apenas em 1949, porém existem registros da primeira exportação em 1937, quando foram exportados cerca de 6420 kg de soja gaúcha (BONATO; BONATO, 1987).

As primeiras indústrias de processamento de soja se estabeleceram no estado do Rio Grande do Sul, a primeira em 1941, em 1955 no município de Santa Rosa e três anos depois a S. A. Moinhos Rio-Grandense iniciou suas operações. A capacidade esmagadora cresceu rapidamente chegando a uma taxa de 162,90% entre os anos de 1976 e 1985, ultrapassando a oferta de matéria prima (BONATO; BONATO, 1987).

Na década de 50 surgiu a necessidade de encontrar um plantio para rotação com a cultura de trigo que recebeu incentivos do governo federal, e em 1960 a soja começou a ser utilizada para esse fim. Essa combinação se mostrou muito praticável, pois era possível compartilhar maquinário, solo e insumos, em uma região com aspectos propícios. Assim a produção do Brasil cresceu de 0,5% da produção mundial em 1954 para 16% em 1976. A chamada “Revolução Verde”, caracterizada pela ampla mecanização e utilização de agroquímicos com

créditos financiados pelo governo, também contribuiu para a produção de soja em escala comercial (SCHLESINGER, 2008).

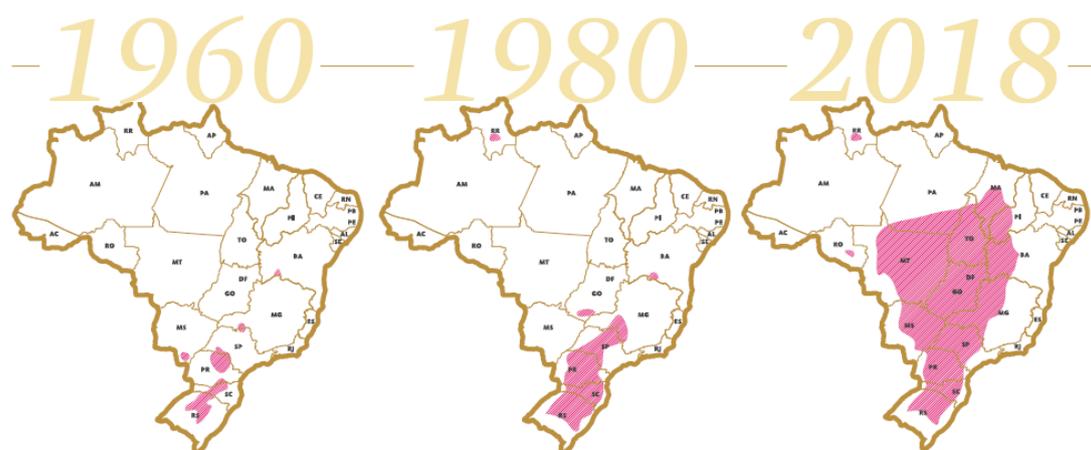
Os pesquisadores Silva, Lima e Batista (2010) afirmam que a concentração inicial da produção da soja no sul do Brasil, principalmente até a década de 70, se deve ao fato de ser uma produção de climas temperados e subtropicais. Em 1972 com a criação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) foram elaboradas técnicas que possibilitaram a produção no Cerrado (LEMOS et al., 2017).

A partir dos anos 90 com a abertura ao investimento estrangeiro e importações, multinacionais do ramo de alimentos começam a dominar o ramo agropecuário e a soja passa a ser produzida com utilização de alta tecnologia. Levando às quatro maiores empresas do segmento aumentassem continuamente sua participação no processamento e exportação do complexo da soja. As quatro multinacionais que dominam esse mercado são: ADM, Cargill, Bunge e Louis Dreyfus. Historicamente elas se dedicavam ao comércio dos grãos, porém passaram a operar também no processamento, além de adquirir pequenas empresas e fazer parcerias, ampliando o domínio do setor (SCHLESINGER, 2008).

A primeira grande expansão da soja no Brasil ocorreu entre 1970 e 1973, quando o grão passou a ocupar o lugar de culturas como o arroz, feijão, mandioca, milho e café. No Paraná, em 1970, mais de 2 milhões de pessoas abandonaram o campo e a soja passou a ocupar 109 mil pequenas propriedades (SCHLESINGER, 2008).

Hoje em dia, a soja ocupa todo o território nacional, incluindo as regiões Norte e Nordeste, sendo muito comum produtores do Sul trocarem suas pequenas propriedades, por maiores nessas regiões que viabilizam a mecanização. Contudo a produção familiar perdura até hoje e isso se deve à possibilidade de rotação com o trigo e à proximidade a locais de exportação, reduzindo despesas com transporte (SCHLESINGER, 2008). A evolução da área ocupada pela soja pode ser vista na Figura 1 abaixo.

Figura 1 - A evolução da área ocupada pela soja



Fonte: CESB (2018)

No Brasil, antes da cultura de soja, a agricultura era de subsistência e se tornou agroindustrial. A soja causou uma revolução comparável à da cana de açúcar e do café. Essa cultura foi responsável pela mecanização das lavouras; expandir a fronteira agrícola; modernizar os transportes e levar a população para o interior (CAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

3.1.2 Produção e Mercado

A produção de soja no contexto mundial esteve concentrada no Oriente, em países como a China, Japão e Coreia até o início da década de 50. No Ocidente, a produção começou a se intensificar a partir de 1940, sendo que no ano de 1942 os Estados Unidos contaram com 36,5% da produção mundial, ocupando a primeira posição na produção do grão (BONATO; BONATO, 1987). O crescimento da produção mundial de soja entre 1970 e 2007 foi de 763%, chegando em 236 milhões de toneladas, sendo a principal oleaginosa produzida mundialmente (DALL'AGNOL et al., 2007). Atualmente a soja é uma cultura de importância mundial, parte integrante dos alimentos biotecnológicos geneticamente modificados (GM), atingindo 93% dos grãos comercializados em 2010 (CHEN et al. 2012).

Segundo Gazzoni e Dall'Agnol (2018), entre 1980 e 2018, juntos Estados Unidos, Brasil e Argentina foram responsáveis pela produção de 85% dos grãos. Sendo que o Brasil apresenta o maior potencial para expansão da área cultivada.

Em relação ao mercado mundial do grão, atualmente a China possui papel importante, pois sua produção é menor do que a quantidade consumida levando a importação de grandes quantias dessa *commoditie* de países como o Brasil. Sob outro aspecto é possível dizer que o país asiático prefere investir na sua capacidade de processar a soja (HIRAKURI et al., 2018). Entretanto, a China reduziu a importação de farelo devido ao surto de peste suína, a guerra comercial entre os chineses e estadunidenses reduziram muito as exportações dos EUA. Já em relação ao mercado nacional, as exportações do grão do Brasil foram 2% do estimado, atingindo 10,5 milhões de toneladas, o óleo está sendo amplamente utilizado para geração de biodiesel levando a estoques mais baixos (CONAB, 2019).

3.1.2.1 Produção e mercado nacionais

Agronegócio pode ser interpretado como a totalidade que envolve os setores produtivos, fabricação de insumos e o processamento. No Brasil a soja foi um dos grãos responsáveis pela inserção desse conceito no país, devido a necessidade de gerenciamento criada, tanto por parte dos produtores quanto de esmagadores e negociantes (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010).

No Brasil a produção de soja encontrou ótimas circunstâncias para uma rápida expansão, dentre elas destacam-se: fácil adaptação da planta e das técnicas de cultivo utilizadas no sul dos EUA, rotatividade com a cultura de trigo e possibilidade de mecanização (BONATO; BONATO, 1987). Devido a Lei Kandir e a política de importações da China, principal mercado da soja brasileira, que favorece as indústrias lá instaladas, a exportação dos grãos é favorecida em detrimento do óleo, farelo e demais produtos processados (PEREIRA, 2004; SILVA; LIMA; BATISTA, 2010). Os principais destinos da soja brasileira exportadas são China e União Europeia, sendo que as importações chinesas cresceram 280% entre 2001 e 2011 (JUNIOR et al. 2018).

De acordo com Silva, Lima e Batista (2010) as cinco principais causas para a elevação da procura pela soja brasileira são: crescimento da economia chinesa e indiana, acréscimo da renda *per capita*, maior distribuição do produto,

maior facilidade de investimentos em empresas de diversos países e abertura econômica de países antes considerados comercialmente fechados.

A soja tem pouca aceitação como um alimento *in natura* principalmente devido ao odor e sabor desagradáveis. No entanto, diversos alimentos são produzidos a partir do grão: os alimentos naturais são divididos em fermentados onde se encontra o shoyu, misso, nato entre outros, já os não fermentados são tofu, leite de soja, kinako e outros (PAPALEO, 2004). Esse fato é reafirmado por Hirakuri e Lazzarotto (2014), eles alegam que cerca de 90% da soja consumida é direcionada para o esmagamento para a produção de óleo e farelo, conseqüentemente, também de lecitina.

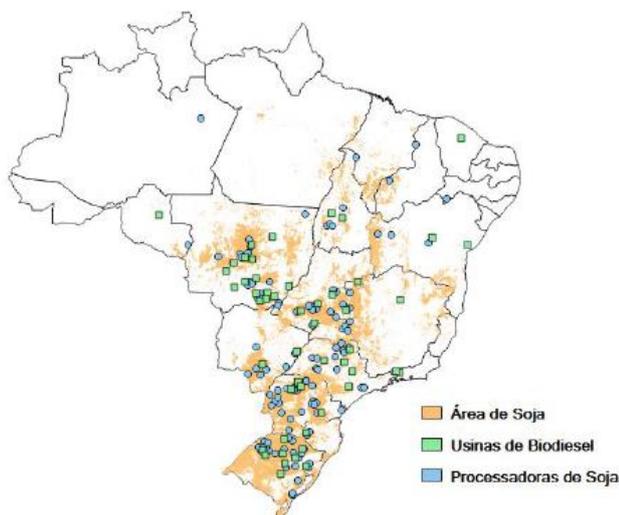
A demanda por carne faz com que o farelo se torne um dos principais derivados da soja, fomentando a demanda de soja nos últimos anos e o Brasil assume a segunda posição na exportação desse produto com quase 31,6 milhões de toneladas em 2017. Já em relação ao óleo, a quantia manufaturada é maior que a necessidade interna, permitindo que o mesmo fosse utilizado como matéria prima para geração de biocombustível (HIRAKURI et al., 2018).

No Brasil a comercialização da soja está dividida entre as empresas multinacionais Bunge, ADM, Cargill e LDC que compram dois terços da produção, o restante é comercializado pelas cooperativas que negociam diretamente com o produtor. Essa comercialização dos grãos ocorre de três formas: venda antecipada, venda no período de colheita e estocagem para especulação. A armazenagem é comum devido a sazonalidade da produção, que em determinadas épocas existe em grande quantidade. Porém essa oferta é atingida por fatores como produtividade, área plantada, clima, logística, entre outros (JUNIOR et al., 2018).

Os Campos Gerais, microrregião de Ponta Grossa, é composto por: Carambeí, Castro, Ponta Grossa e Palmeira. No século XVIII, era passagem obrigatória das rotas comerciais para fornecimento de São Paulo e Minas Gerais. Atualmente, a proximidade dessa região com a capital, Curitiba, o porto de Paranaguá e ser um ponto de convergência entre os fluxos procedentes das demais regiões paranaenses e do Brasil, faz sua economia ser favorecida. A cidade de Ponta Grossa se caracteriza pela indústria agroquímico-moageira, destacando-se a moagem de soja e produção de fertilizantes. Onde existe uma produção concentrada de *commodities*, produção importante para o setor

agroindustrial (TISSIANO; CARVALHO, 2018). Na Figura 2, a distribuição das plantações e indústrias no país pode ser observada.

Figura 2 - Distribuição das áreas plantadas e processadoras de soja



Fonte: ABIOVE (2019)

A soja tem papel importante no desenvolvimento das regiões agrícolas, gerando diversos empregos direta ou indiretamente, levando progresso para regiões distantes dos grandes centros econômicos. A produção de soja gera 17 milhões de empregos no Brasil, estimulando investimentos em educação e formação profissional, além de aumentar a renda familiar. Ela coloca o Brasil como importante *player* mundial do mercado de produtos agrícolas, apesar disso, uma das fragilidades do setor é a dependência em relação aos preços internacionais (HIRAKURI et al., 2018; ABIOVE, 2019, apud GONDIN, 2019; GONDIN, 2019).

Porém essa enorme produção de soja tem seus aspectos negativos. No Brasil, o Cerrado, considerado a savana de maior biodiversidade do mundo possuindo inúmeras espécies de pássaros e plantas, é um dos biomas mais danificado pela expansão da soja. A agricultura de subsistência também é afetada, se tornando inviável diante do avanço das propriedades de grande porte, além da contaminação que podem sofrer pelos agroquímicos utilizados, levando a sua população a se mover para periferias. Outro recurso natural afetado é a água, que está se tornando cada vez mais escassa e levando

grandes potências mundiais a assumirem o papel de importadores, deixando de produzir (SCHLESINGER, 2008). Além disso, ao dar prioridade a produtos menos processados e com menor valor agregado se reduz os investimentos e captação de mão de obra qualificada (LEMOS et al., 2017).

No Brasil as principais culturas são soja, milho, algodão e arroz, e correspondem a mais de 94% da produção dessa safra (2018/2019). O principal produto é a soja, sendo que o Brasil se tornou o quarto maior produtor de óleo e o segundo maior produtor de farelo do mundo, principalmente devido ao crescimento da demanda por carnes e conseqüentemente farelo e óleo. No ano de 2016 quase 14% das exportações brasileiras foram do complexo soja, representando um valor de U\$ 25,4 bilhões (LEMOS et al., 2017; CONAB, 2019). A soja teve um crescimento de 1,9% na área planta, contudo 4,2% de produção reduzida, sendo que as regiões Sul e Centro-Oeste correspondem a 78% dessa produção (CONAB, 2019).

O Brasil, juntamente com EUA e Paraguai, são grandes produtores e exportadores de soja, além disso exportam grande quantidade de farelo. Já em relação ao óleo, apenas o residual é exportado por conta da geração de biodiesel no caso do Brasil e EUA. Em contrapartida, a Argentina utiliza quase toda a sua produção para esmagamento interno e exportação dos derivados (LEMOS et al., 2017). De acordo com o CEPEA (2019), os preços do complexo soja caíram esse ano devido ao possível alto volume produzido pela Argentina, baixa demanda, entre outros fatores, porém essa queda foi limitada por conta do dólar valorizado. A baixa velocidade de exportação também foi atribuída à dificuldade de embarque, em parte por conta das chuvas que atrasaram a programação de escoamento.

A produção de soja no Brasil apresenta algumas desvantagens em relação a outros lugares, como o escoamento, que possui um alto custo para o transporte e a grande quantidade de soja escoada logo após a produção. Esse problema está associado ao armazenamento, que é limitado gerando a necessidade da venda mais rápida e grandes oscilações de preço. O armazenamento deficitário também dificulta a estocagem de produtos com qualidades e características diferentes (DALL'AGNOL et al., 2007).

3.1.3 Produtos e o Complexo Soja

As principais utilizações dessa oleaginosa são obtenção de óleo e fabricação de ração animal. Sua importância econômica está muito associada ao seu grande potencial produtivo, sua composição química e adaptabilidade (SOARES, 2004).

Segundo Pereira (2004) o complexo da soja é composto basicamente pelos produtos obtidos direto da lavoura e do processamento primário, ou seja, o grão, farelo e óleo. Esses produtos fazem parte do que é conhecido como *commodities*, sendo homogêneos e com pouca diferenciação/classificação. Outro conceito amplamente utilizado é que o complexo soja abrange a cadeia produtiva desde a produção interna para esmagamento e transformação da soja nos principais produtos como óleo e farelo, até a produção para exportação (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010).

O óleo bruto e o farelo podem ser vendidos ou utilizados para a fabricação de outros produtos. O farelo é utilizado juntamente com outros materiais para a produção de ração, porém pode ser diretamente usado para esse fim devido ao baixo custo e alto valor proteico. Normalmente o farelo comercializado possui valores de proteína bruta variando entre 44 e 48%. Já o óleo bruto passa pela degomagem para remoção dos solúveis, como os fosfolipídios (LEMOS et al., 2017).

O farelo de soja devido à grande quantidade de proteína, torna-se uma das principais fontes de proteína para produção animal. Isso contribui para a expansão da produção da soja, que contribuiu para o aumento de consumo de carne em diversas partes do planeta, principalmente na Ásia (PEREIRA, 2004).

O óleo de soja tem sua estabilidade limitada por conta do ácido linoleico presente, mesmo com alta quantidade de tocoferol. Ele é composto por tri-insaturados (40 a 60%), di-insaturados (30 a 35%) e mono-insaturados (até 5%) (DORSA, 2004). O óleo cru contém inúmeras impurezas que devem ser removidas para adequação da cor, sabor e aparência, além da estabilidade do óleo. São consideradas impurezas do óleo: fosfolipídios, fosfatídeos, metais, peróxidos, ácidos graxos livres e pigmentos (PAPALEO, 2004). A principal característica dos lipídios é ser insolúvel em água (hidrofóbico), os mais conhecidos são: ceras, esteróis, ácidos graxos e derivados, e carotenoides. Os

óleos e gorduras, grupo dos lipídios, são caracterizados por possuírem ácidos graxos como elementos principais, estando entre as primeiras matérias primas utilizadas para fins não alimentares por humanos (RAMALHO; SUAREZ, 2012). Os principais ácidos graxos presentes no óleo de soja estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição média dos ácidos graxos no óleo de soja

Ácido Graxo	%
Palmítico	9
Esteárico	4
Oleico	24
Linoleico	54
Linolênico	8
Outros	1

Fonte: Adaptado de Carrão-Panizzi e Mandarinó (1998)

De acordo com Ramalho e Suarez (2012, p. 4) “são denominados ácidos graxos os ácidos carboxílicos com cadeia longa”, eles são diferenciados entre si pelo número de carbonos e de insaturações. Ácidos graxos podem estar livres ou combinados em óleos e gorduras. Eles podem ser obtidos durante o processo de refino do óleo. Os fosfatídeos são uma importante forma de ácidos graxos presentes nesse grupo de lipídios, são oriundos dos triglicerídeos com um ácido fosfórico ou derivado substituindo o ácido graxo (RAMALHO; SUAREZ, 2012).

Existem diversos produtos à base de soja, como: hambúrgueres vegetarianos, embutidos de carne, barras de cereais entre outros. Na Ásia existem diversos alimentos tradicionais a base de soja como o tofu. Atualmente existe o leite de soja (extrato hidrossolúvel de soja) consumido por pessoas com intolerância a lactose e a farinha de soja, como substituta da de trigo que possui glúten (ZAKIR; FREITAS, 2015). O shoyu foi criado na China há mais de 2500 anos, é um condimento obtido a partir da fermentação produzida com fungos *Aspergillus oryzae* ou *Aspergillus soyae*, a massa fermentada é prensada para obtenção do líquido que então é salgado (CHEN et al., 2012). O tocoferol (Vitamina E) encontrado na soja e obtido no processo de refino de óleo é um antioxidante lipossolúvel natural encontrado nas membranas celulares, ele age

pontualmente sobre radicais livres resultantes do oxigênio protegendo contra a oxidação lipídica (FREITAS; MORETTI, 2006).

Papaleo (2004) divide os derivados da soja em quatro grupos:

- Produtos não desengordurados: a farinha integral de soja que é obtida diretamente dos grãos, o leite de soja, além do próprio grão;
- Produtos do farelo não desengordurado: a farinha e o farelo variando apenas no tamanho da partícula, os concentrados e isolados proteicos são obtidos a partir da farinha desengordurada, as proteínas texturizadas obtidas a partir da farinha;
- Produtos do óleo bruto: óleo refinado e lecitina;
- Produtos de tradição oriental: shoyu, misso, natto, tempeh, sufu conhecido como queijo chinês, tofu, yuba e kinako.

3.1.4 Características e Benefícios

A *Glycine max* faz parte das dicotiledôneas. Foi disseminada mundialmente por viajantes ingleses e imigrantes japoneses e chineses, que já cultivavam o grão a mais de 5000 anos (GONDIN, 2019). A soja possui ciclo anual, é uma herbácea, ereta, faz autofecundação, com variadas propriedades morfológicas, é influenciada pelo ambiente, com porte variando entre 0,80 a 1,50 m de altura, sendo um importante alimento devido a sua capacidade nutritiva (ZULIAN, 2016).

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.) Merril (GONG et. al, 2004, apud ZULIAN, 2016, p. 33)

A descrição do grão de soja feita por Zakir e Freitas (2015) é “grão pertencente à família do feijão, apresenta formato arredondado e cor amarelada, possui um excelente valor nutritivo”. Também ressaltam o importante papel desempenhado na composição de tecidos devido a atividade de reguladora enzimática desempenhada pelos minerais presentes no grão. Os lipídios da soja auxiliam na absorção das vitaminas A, D, E e K, sendo que a vitamina E é a principal vitamina presente no grão, o tocoferol. Essa vitamina é um antioxidante

natural que protege contra a ação de radicais livres e reforça os sistemas muscular e reprodutor. A constituição do grão de soja se modifica de acordo com genótipo e condições climáticas, dentre eles pode-se destacar temperatura, luminosidade, umidade do solo, sendo que esses fatores influem na quantidade de proteínas, porque os lipídios se desenvolvem antecipadamente. Ela é repleta de minerais como magnésio, zinco, ferro, cobre, fósforo, sendo que a quantidade desse mineral é correspondente à de lecitina. Dentre as variedades cultivadas no Brasil, a Santa Rosa é a que possui menor quantidade de fósforo (PAPALEO, 2004).

A *Glycine max* é altamente adaptável e se desenvolve em diversos tipos de solo e clima, sendo mais comumente cultivada em regiões chuvosas. Essa diversidade genética é a chave para o sucesso do cultivo dessa planta considerada milagrosa por conter proteína de boa qualidade e ácidos graxos essenciais não sintetizados pelo ser humano (IQBAL et al., 2010). Além de ser classificada como um alimento funcional devido aos benefícios que traz a saúde (ZAKIR; FREITAS, 2015).

Segundo Carrão-Panizzi e Mandarino (1998), a soja é sobretudo uma fonte de proteínas, contendo cerca de 35% de carboidratos totais, desses tem-se os carboidratos ditos insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) que são achados na casca e dentre seus benefícios encontram-se o auxílio na digestão de alimentos e prevenção de incidência de câncer. Os pesquisadores da EMBRAPA concluem que a soja e seus derivados se tornam uma opção para complementar a dieta tradicional. A composição média dos grãos de soja está na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição média dos grãos de soja

	%
Proteína	0,16 - 0,47
Óleo	0,42 - 0,82
Minerais	0,22 - 0,24
Açúcares	0,37

Fonte: Adaptado de Carrão-Panizzi e Mandarino (1998)

Sobre as características do óleo de soja, um dos principais derivados da soja, Carrão-Panizzi e Mandarino (1998) afirmam que ele apresenta alta

digestibilidade e não contém colesterol, além disso 60% dos ácidos graxos presentes são compostos pelos ácidos graxos essenciais linoleico e linolênico.

Segundo Freitas e Moretti (2006) a soja é um grão rico em substâncias que atuam prevenindo doenças degenerativas, além de altamente proteico. Estudos sobre os benefícios do consumo de soja e seus derivados foram desenvolvidos, pois em países asiáticos, onde são amplamente consumidos, taxas de problemas cardiovasculares, câncer no seio e na próstata, sintomas da menopausa e osteoporose são menores que em países ocidentais que ingerem muito menos soja (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

Segundo Zulian (2016) a soja contém um nutriente chamado isoflavona que age prevenindo doenças cardio-degenerativas, das quais o câncer de mama e de próstata se destacam, esse nutriente também possui propriedades que auxiliam no alívio de dores menstruais e efeitos da menopausa. Zakir e Freitas (2015) destacam que a soja é um alimento quase completo, que além de nutritivo traz diversos benefícios a saúde. Dentre eles pode-se destacar a prevenção e redução de doenças como diabetes, colesterol, hipertensão e cânceres, que está associado a presença de isoflavonas, compostos químicos da classe dos fitoestrógenos. Além disso a soja contém as vitaminas A, B₆, B₁₂, C e K que não podem ser sintetizadas pelo organismo, sendo necessária sua obtenção por meio da alimentação (CHEN et al., 2012). Os minerais e vitaminas presentes na soja se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 – Concentração de minerais e conteúdo vitamínico nos grãos de soja

Minerais	Mg/100g	Vitaminas	Mg/100g
Cálcio	0,16 - 0,47	Retino (A)	2 µg
Fósforo	0,42 - 0,82	Tiamina (B1)	660 µg
Magnésio	0,22 - 0,24	Riboflavina (B2)	220 µg
Zinco	0,37	Niacina	2,2
Ferro	0,9 - 1,5	Ácido Ascórbico	0

Fonte: Adaptado de Carrão-Panizzi e Mandarino (1998)

Silva et al. (2006) revelam que mesmo com a alta produtividade, versatilidade e suas propriedades funcionais, essa leguminosa é pouco consumida entre os brasileiros, que culpam o sabor e o odor desagradável dos grãos devido aos seus fatores antinutricionais. Contudo, a adição de derivados

de soja leva a produção de alimentos menos calóricos, altamente proteicos e nutritivos e com valor reduzido, mesmo assim a grande parte dos subprodutos da soja são destinados ao consumo animal. Ela é a fonte de proteína utilizada mais largamente para produção de proteína animal e o óleo de soja é o segundo mais consumido mundialmente (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Os fatores antinutricionais da soja incluem inibidores de tripsina e fitatos (SONG; AN; KIM, 2003). A tripsina é uma enzima essencial para nutrição de animais monogástricos (CHEN et al., 2012). Os pesquisadores Maidala, Doma e Egbo (2013) discorrem sobre esses fatores presentes nos grãos de soja, eles reduzem biodisponibilidade de nutrientes e a digestibilidade. Esses fatores podem ser contornados por alguns processos como: cozimento, torração, extrusão, fermentação entre outros. Eles também destacam o fato de a proteína de soja ter qualidade semelhante à da carne e leite.

O alto teor de proteína presente faz da soja uma excelente fornecedora de aminoácidos que não são sintetizados pelo corpo humano (CHEN et al., 2012). Alguns aminoácidos essenciais presentes na soja se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição dos aminoácidos essenciais presentes nos grãos de soja

Aminoácidos	%
Cistina	1,3
Isoleucina	4,5
Leucina	7,8
Lisina	6,4
Metionina	1,3
Fenilalanina	4,9
Treonina	3,9
Triptofano	1,3
Tirosina	3,1
Valina	4,8

Fonte: Adaptado de Carrão-Panizzi e Mandarino (1998)

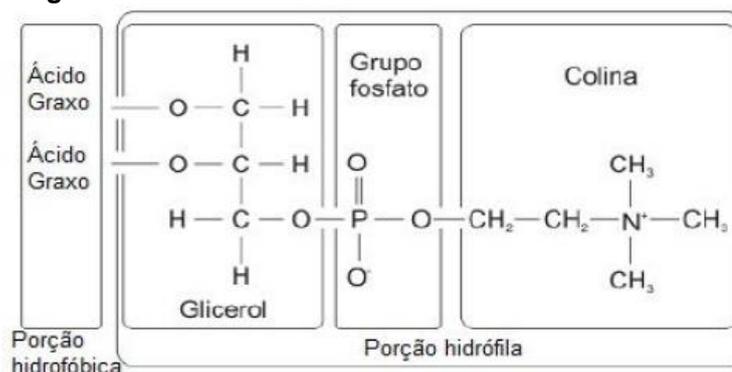
As proteínas presentes na soja conferem diversas características que despertam interesse, como aderência e elasticidade utilizada em assados e carnes, também são utilizadas para produção de salsichas e linguiças devido suas propriedades adesivas (WOLF, 1970)

3.2 LECITINA

3.2.1 Sobre a Lecitina

A lecitina foi descoberta por um químico francês, Maurice Gobley, em 1846, ele isolou uma substância da gema do ovo e a nomeou lecitina, em homenagem ao nome grego para gema (*lekithos*). Posteriormente a mesma substância foi isolada de outros materiais orgânicos como sangue, cérebro e outros. A característica importante desse material era conter um fósforo ligado a um lipídio (BUESCHELBERGER, 2004). A estrutura da lecitina encontra-se na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura da lecitina



Fonte: Furtado (2012)

A lecitina é constituída por triglicerídeos, açúcares, glicolipídios, além dos fosfolipídios, sendo um produto natural, estável a temperatura ambiente, biodegradável. Além disso, possui uma estrutura molecular ambifílica, onde o ácido fosfórico é a parte hidrofílica e a cadeia de ácidos graxos a parte hidrofóbica, e é o tamanho dessa cadeia que concede uma característica mais hidrofóbica ou não à lecitina (SCHUCK, 2004). Esse emulsificante é formado por compostos ricos em fósforo: lipídios apolares (ácidos graxos) e estruturas lipídicas apolares (fosfolipídios), os quais estão presentes em todos os animais e vegetais, sendo encontrados nos órgãos vitais (cérebro, rins, etc.) nos animais, já nos vegetais nas sementes, amêndoas e grãos (SOARES, 2004).

Entre as primeiras substâncias isoladas da lecitina, um composto contendo colina, por ser o primeiro a ser isolado, foi chamado de lecitina, por isso, frequentemente componentes com colina são chamados de lecitina. Porém, em termos comerciais, esse nome se refere a uma mistura de fosfolipídios (BUESCHELBERGER, 2004).

A fonte mais comum de lecitina é a soja, calcula-se que cerca de 95% da lecitina vem da soja, outras fontes conhecidas são: ovo, leite e óleo de palma. A lecitina pode ser comercializada de diversas formas, com variadas funcionalidades, dominando o mercado de emulsificantes naturais (ZULIAN, 2016; FANI, 2016). A tecnologia de produção da lecitina a partir da soja tornou a utilização do ovo como fonte principal antieconômica. A diferença da lecitina obtida dessas duas fontes se concentra na quantidade de ácidos graxos e colesterol: a lecitina de soja não possui colesterol e contém maior quantidade de ácidos graxos, além disso a lecitina de ovo tem um custo mais elevado (SOARES, 2004). A Tabela 5 apresenta um comparativo entre a composição da lecitina de ovo e de soja.

Tabela 5 – Composição da lecitina de soja e de ovo

Lipídios Polares	Soja	Ovo
Fosfatidilcolina	20 – 22	68 – 72
Fosfatidiletanolamina	21 – 23	12 – 16
Fosfatidilinositol	18 – 20	0 – 2
Ácido fosfatídico	4 – 8	-
Esfingomielina	-	2 – 4
Outros fosfolipídios	15	10
Glicolipídios	9 – 12	-

Fonte: Adaptado de Soares (2004)

As lecitinas vegetais são obtidas como subproduto do refino de óleo vegetal. Para estabilizar o óleo e permitir o refino, fosfo e glicolipídios devem ser removidos por meio do processo conhecido como degomagem. Sendo esta a maneira mais comum de se obter a lecitina comercial a partir do óleo bruto de soja, com o objetivo de remover a maior quantidade de goma possível para melhor refino do óleo (BUESCHELBERGER, 2004; CASTEJON, 2010).

De acordo com Schuck (2004, p.16) “os fosfolipídios são substâncias de composição química semelhante aos lipídios, mas contendo nitrogênio e fósforo”. Eles são retirados do grão juntamente com o óleo por meio da extração com solvente. A estrutura dos fosfolipídios é resultante dos triglicerídeos, onde uma molécula de ácido graxo é substituída por um éster de ácido fosfórico.

As gomas são formadas por estruturas coloidais, provenientes de fosfatídeos, proteínas, sais e muita umidade. Diferentes óleos e gorduras possuem variadas quantidades de fosfolipídios, também conhecidos como fosfatídeos, principais integrantes das gomas. As gomas hidratáveis podem ser retiradas com facilidade do óleo por meio da adição de água em quantidade proporcional a de gomas (CASTEJON, 2010).

A Tabela 6 mostra a quantidade de goma encontrada em diferentes tipos de óleo vegetal.

Tabela 6 – Conteúdo típico de gomas de óleos brutos

Tipos de Óleo	Fosfatídeos (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: Adaptado de Dorsa (2004)

Os ácidos fosfórico e cítrico podem ser adicionados na degomagem para tornar hidratáveis os fosfatídeos ditos não hidratáveis, porém isso não é recomendado para processos em que as gomas tem o objetivo de produzir lecitinas comerciais, pois escurecem a mesma e a fazem perder sua característica emulsificante (CASTEJON, 2010).

Para se obter uma lecitina de qualidade, a soja deve ser de boa procedência, ter tido um processo de secagem adequado e estocada corretamente, sem grãos fermentados ou impurezas que aceleram a oxidação (CASTEJON, 2010). Mesmo se tratando exclusivamente da lecitina de soja, fatores como clima, região geográfica, armazenagem e processamento impactam na qualidade final da lecitina. Por isso é comum misturar diferentes

lecitinas brutas para garantir a qualidade e uma composição coerente (BUESCHELBERGER, 2004).

Diversas modificações são realizadas para adequar a lecitina aos seus mais diversos usos, dentre elas encontram-se: a enzimática (a enzima altera a estrutura do fosfolípido), hidroxilação (melhorar as propriedades emulsificantes para sistemas óleo/água), acetilação (melhora as propriedades hidrofílicas) e hidrogenação (torna o produto mais resistente a oxidação e transforma ácidos graxos insaturados em saturados) (BUESCHELBERGER, 2004).

Existem três classificações de lecitina: naturais, refinadas e quimicamente modificadas. Nas últimas suas propriedades emulsificantes e miscibilidade em fase aquosa são modificadas devido a alterações químicas (CASTEJON, 2010). Essas alterações tem o objetivo de mudar as características emulsificantes da lecitina e melhorar a dispersão em fase aquosa (DORSA, 2004). As lecitinas podem ser classificadas de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das lecitinas de soja

CLASSIFICAÇÃO DAS LECITINAS DE SOJA	
<i>Natural</i>	
A) Plásticas	1. Não branqueadas
	2. Branqueadas
	3. Duplamente branqueadas
B) Fluidas	1. Não branqueadas
	2. Branqueadas
	3. Duplamente branqueadas
<i>Refinadas</i>	
A) Misturas especiais – naturais	
B) Isentas de óleo	
C) Fosfatídeos isentos de óleo fracionados	1. Solúveis em álcool
<i>Quimicamente modificadas</i>	

Fonte: Dorsa (2004, p.16)

O mercado de lecitina está calculado entre 100 e 150 mil toneladas, porém a produção mundial chega em até 374 mil toneladas, esse excedente pode regressar para a extração, sendo adicionado ao farelo ou adicionado a borra obtida no refino do óleo (DORSA, 2004). A Europa não consegue suprir sua necessidade de lecitina e desde 2002 importa de outros países, como o Brasil (CASTEJON, 2015).

3.2.2 Características e Propriedades

A denominação comercial lecitina especifica “composição de componentes lipídicos de um emulsificante derivado do óleo bruto de soja” (ZULIAN, 2016, p. 40), porém esse termo também é considerado sinônimo das fosfatidilcolinas. Na lecitina de soja, os fosfatídeos mais frequentemente encontrados são: fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e fosfatidilinositol (ZULIAN, 2016). Isso pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7– Composição de fosfolipídios derivados do óleo bruto de soja – base livre de óleo

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

Fonte: Adaptado de Zulian (2016)

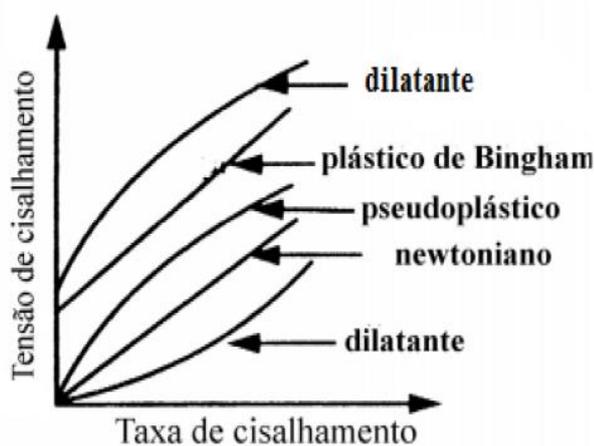
A lecitina é uma mistura de fosfatídeos e fosfolipídios, diferenciados pela quantidade de ácidos graxos presentes. Ambos têm um radical de glicerina, que pode estar ligado a outro radical, diferenciando assim, qual molécula compõe a lecitina (PEREIRA, 2018). Eles não possuem uma composição definida, por serem formados por diversos ácidos graxos diferentes (ZULIAN, 2016). O óleo é um lipídio formado essencialmente por triglicerídeos extraído de plantas, já a lecitina compõe de 1,5 a 3,0% do óleo bruto, sendo considerada uma importante fonte de colina (MARTÍNEZ, 2012).

Segundo Fani (2016, p.35) “a lecitina é formada por uma mescla de fosfolipídios (50%), triglicerídeos (35%), glicolípídios (10%), carboidratos, pigmentos, carotenoides e outros microcompostos”. Sendo que os fosfolipídios, componentes ativos da lecitina, são responsáveis pelas propriedades tensoativas. A lecitina de soja é composta por uma combinação de açúcares, ácidos graxos, fosfolipídios, glicolípídios, triglicerídeos, e outros compostos de baixo teor. Dentre os pigmentos da lecitina, os de maior destaque são: clorofila

(verde), carotenoides (amarelo e vermelho) e produtos da degradação de proteínas (marrom) (CASTEJON, 2015).

A lecitina contendo água comporta-se como um fluido de Bingham, já com óleo o comportamento é pseudoplástico, conforme a redução da umidade. Esses tipos de fluido são chamados não newtonianos e apresentam a propriedade de possuir uniformidade entre a taxa de cisalhamento e taxa de deformação sob as mesmas condições. Tem-se como exemplo de fluidos de Bingham as margarinas e pasta de dente, já de pseudoplásticos tem-se as polpas de frutas. Dentre os compostos presentes na lecitina que influenciam seu comportamento reológico destacam-se os fosfolipídios (CASTEJON, 2015). A Figura 4 mostra a diferença entre esses tipos de fluidos.

Figura 4 - Comportamentos de escoamento

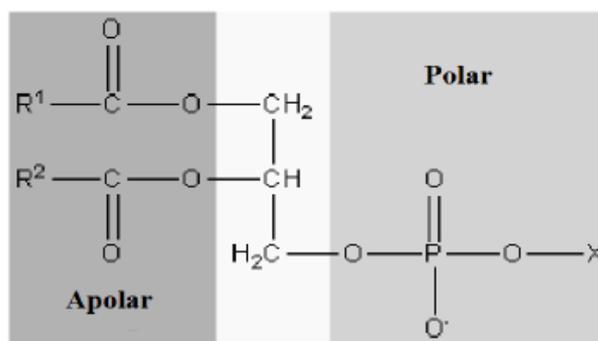


Fonte: Castejon (2015)

A característica da lecitina de emulsificante se deve ao revestimento físico das moléculas, reduzindo a tensão superficial entre as fases líquida e sólida. Os fosfolipídios tendem a formar um filme em volta de partículas sólidas, evitando a formação de grupos e melhorando a dispersão (CASTEJON, 2010). A redução da tensão superficial entre as partes leva a mistura das fases formando uma única (ZULIAN, 2016). Porém, Bueschelberger (2004) afirma que devido ao fato da lecitina ser um material natural formada por uma complexa mistura de componentes com superfície ativa é difícil determinar informações sobre suas propriedades emulsionantes.

A lecitina possui uma estrutura molecular anfifílica proporcionada pelos fosfolipídios: porção hidrofílica pelo ácido fosfórico e a parte hidrofóbica pelos ácidos graxos (MARTÍNEZ, 2012). Os fosfolipídios são lipofílicos e lipofóbicos devido ao caráter polar e apolar. Sua estrutura é formada por ácidos fosfóricos ligados a bases nitrogenadas e álcool cíclico produzindo fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina entre outras que compõe a lecitina comercial (CASTEJON, 2010). A polaridade da lecitina pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 - Estrutura química da lecitina



Fonte: Hammes (2013)

A lecitina refinada é um líquido marrom âmbar, com aroma e sabor próprios, com alta viscosidade, aparência de um líquido gorduroso e consistência plástica, solúvel em hexano, tolueno e outros hidrocarbonetos. A coloração está vinculada a origem e condições do processo, já sua consistência depende do teor de óleo, ácidos graxos e umidade. Os lipídios estão presentes em cerca de 60 - 70%, o óleo em 30 - 40% e a umidade 0,5 - 2%, pois o crescimento microbiano depende da água presente, mais de 60% de insolúveis em acetona, acidez representada por valores menores que 35 mg de hidróxido de potássio por grama e peróxido com menos de 10 meq/kg. Ela é considerada um surfactante não tóxico, foi classificada como segura para consumo humano pela *Food and Drug Administration* (FDA) (FANI, 2016; SOARES, 2004; BUESCHELBERGER, 2004).

A lecitina de soja tem sua qualidade determinada pelos métodos propostos pela *American Oil Chemistry Society* (AOCS) e abrangem: índice de acidez (quantidade de ácidos graxos livres), insolúvel em acetona, índice de

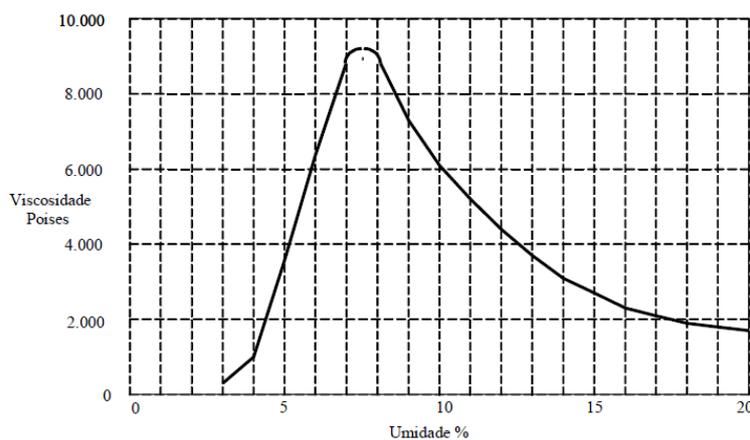
peróxidos (grau de oxidação), viscosidade e insolubilidade em hexano (quantidade de impurezas sólidas) (FANI, 2016).

Segundo Castejon (2010) os parâmetros e as metodologias da AOCS trazem:

- Insolúveis em acetona: apresenta o total de fosfolipídios presentes na lecitina, fração hidratável removida do óleo;
- Insolúveis em hexano: representa as impurezas insolúveis polares presentes na lecitina, como sais de cálcio e magnésio;
- Viscosidade: relaciona quantidade de fosfolipídios, umidade e acidez, e diz respeito a facilidade do manuseio do produto;
- Umidade: estabilidade microbiológica, o valor deve ser sempre inferior a 1%;
- Índice de acidez: aponta o grau de degradação da lecitina;
- Índice de peróxido: mostra o estágio de deterioração, ou seja, oxidação dos fosfolipídios;
- Cor: propriedade estética que mostra o excesso de temperatura no processo. Secagem excessiva ou utilização de agentes branqueadores, afetam a viscosidade.

Os insolúveis em acetona representam a quantidade de fosfolipídios presentes, pois lipídios polares são insolúveis em acetona. Então esse valor serve como padrão para a quantidade de fosfolipídios na lecitina (BUESCHELBERGER, 2004). A viscosidade do óleo bruto está associada a goma presente, que deverá passar pelo processo da degomagem posteriormente, e a goma obtida é a lecitina com água adicionada na etapa de hidratação (PEREIRA, 2018).

Quando a lecitina possui umidade acima do determinado, sua viscosidade é impactada e o produto fica com aspecto de cera (PEREIRA, 2018). O impacto da umidade na viscosidade da lecitina pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Viscosidade vs. Umidade

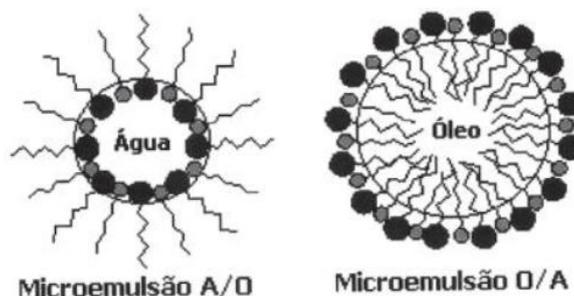
Fonte: Dorsa (2004)

A porcentagem de matéria insolúvel em acetona é referente a quantidade de fosfatídeos e fosfolipídios presentes na amostra de lecitina, sendo que o valor agregado desse produto é relacionado a esses compostos, portanto quanto maior a porcentagem, melhor será o produto. Já a matéria solúvel em acetona refere-se à quantidade de óleo na amostra, e é possível dizer que, quanto maior essa quantidade, menor será a viscosidade (PEREIRA, 2018).

A lecitina é considerada um emulsificante natural formado por fosfolipídios importantes para a formação de membranas biológicas, participarem de processos biológicos nos animais (SOUZA, 2017). Além disso também é utilizada como dispersante, solubilizante e instantaneizante (CASTEJON, 2015). Emulsões podem ser definidas como a mistura entre dois ou mais líquidos que normalmente são imiscíveis, um dos líquidos é a fase dispersa que forma gotículas na outra fase, a fase continua (CASSIDAY, 2014). A função dos emulsificantes é melhorar a textura, volume, maciez, aeração, homogeneidade, estabilidade, proporcionando maior qualidade aos produtos. No mercado existem inúmeros emulsificantes como: celulose, gomas, oligossacarídeos e a lecitina (SOUZA, 2017).

As emulsões podem ser classificadas como óleo/água quando forem gotículas de óleo na água e água/óleo quando for o inverso. As emulsões O/A são estabilizadas por emulsificantes solúveis em água, já as A/O por aqueles solúveis em óleo (CASTEJON, 2015). Conforme o mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Tipos de microemulsão



Fonte: Castejon (2015)

Dependendo do tipo de lecitina escolhida, tanto emulsões água/óleo quanto óleo/água podem ser preparadas. Pois fosfolipídios diferentes possuem diferentes propriedades emulsificantes, e o padrão fosfolipídico de uma lecitina determina o tipo de emulsão obtido. Emulsões óleo em água são as mais comuns na indústria alimentícia, presentes em maioneses, molhos, patês, porém não são aplicações tradicionais da lecitina, sendo utilizadas mais recentemente. Já as emulsões água/óleo, das quais as margarinas fazem parte, são estabilizadas pela lecitina devido a fosfatidiletanolamina presente (BUESCHELBERGER, 2004).

Os fosfolipídios, que conferem a lecitina suas propriedades tensoativas, são compostos por três componentes em quantidades semelhantes: fosfatidilcolina (característica emulsionante óleo/água), fosfatidiletanolamina e fosfatidiletanosinol (característica emulsionante água/óleo) (FANI, 2016; CASTEJON, 2010). A fosfatidilcolina é o principal fosfolipídio responsável pela redução da viscosidade, já a fosfatidiletanolamina possui maior efeito no rendimento. (BUESCHELBERGER, 2004).

Emulsificantes formam barreiras físicas evitando que as partículas se aglutinem, diminuindo a tensão superficial entre as fases. Os emulsificantes podem ser catiônicos (carregado positivamente), aniônicos (carregado negativamente) e não iônicos (não carregados). Eles são surfactantes que estabilizam soluções, sendo que surfactantes são substâncias com superfície ativa que reduzem a tensão superficial entre líquidos ou sólidos/líquidos (CASSIDAY, 2014). De acordo com Zulian (2016) a lecitina se enquadra nos iônicos que podem ser chamados de anfóteros ou zwitteriônico, aqueles carregados positivamente e negativamente na mesma molécula

As aplicações da lecitina são direcionadas de acordo com duas características a cor e a viscosidade. A viscosidade da lecitina de soja pode ser melhorada na indústria com a adição de óleo de soja refinado, influenciando na sua comercialização tanto com relação a classificação, aplicação e valor nutricional (CASTEJON, 2010).

A viscosidade da lecitina é uma propriedade físico-química muito significativa, pois possui grande influência no manuseio do produto, sendo essa a razão de ser necessária sua adequação. Outra propriedade importante é a umidade, que deve ser menor que 1% (m/m) para segurança microbiológica da lecitina, e também por influenciar na viscosidade e tempo de armazenamento. A lecitina de soja é exportada e comercializada internamente tanto a granel quanto em tambores de 200 kg. Durante o transporte ela absorve umidade, devido a sua propriedade higroscópica, tornando-se um produto ainda mais viscoso e atrapalhando sua manipulação, principalmente quando se trata dos tambores, já que muitos caminhões possuem sistemas de aquecimento (ZULIAN, 2016).

Estudos mostram que uma adição de 3% (m/m) de ácido graxo vegetal leva a lecitina a apresentar maior estabilidade em temperatura ambiente (ZULIAN, 2016). Ela pode ser branqueada pela adição de peróxido de hidrogênio. As lecitinas prontas necessitam de certa quantidade de ácidos para prevenir a separação das fases, isso pode ser obtido pela adição de ácidos graxos. Portanto a quantidade de ácido é um parâmetro para o tempo de conservação (BUESCHELBERGER, 2004).

Ácidos graxos possuem cadeia carbônica longa, são monocarboxílicos, com número par de carbonos, sem ramificações e sendo possível ser saturados ou insaturados com uma ou mais insaturações, são moléculas provedoras de energia, sendo que a cadeia carbônica desses ácidos são a região apolar e o grupo carboxila a polar. Os ácidos graxos se diferem pelo tamanho da cadeia e número de insaturações. Encontram-se livres ou combinados, dentre as combinações existentes destaca-se a encontrada em óleos e gorduras, os fosfatídeos, que são provenientes dos triglicerídeos onde um ácido graxo foi trocado por um ácido fosfórico (ZULIAN, 2016).

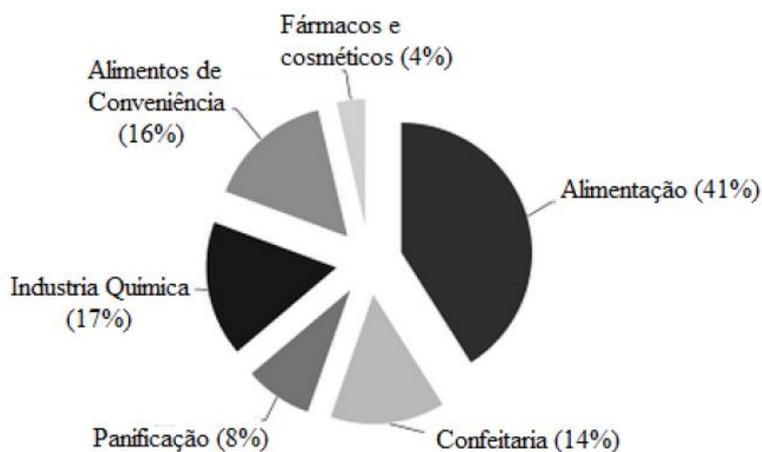
A lecitina possui grande quantidade de material graxo e para adequação físico-química e redução da viscosidade óleo de soja é adicionado. Esse material

graxo, além dos ácidos graxos, contém clorofila, proteínas, carotenoides, sais e outros compostos hidratáveis (CASTEJON, 2015).

3.2.3 Aplicações

A lecitina apresenta algumas características das quais pode-se destacar: agente dispersante, agente emulsificante, antioxidante para compostos orgânicos, inibidor de cristalização e redutor de viscosidade (CASTEJON, 2010). Possui diversas utilidades sendo empregada em inúmeras indústrias como a farmacêutica, alimentícia, fabricação de tintas e vernizes, dentre outras. É o principal subproduto da fabricação de óleo de soja, sendo rica em fósforo devido aos fosfatídeos ou fosfolipídios, essas substâncias são encontradas em quase todas as células animais e vegetais. Devido a estrutura química desses fosfatídeos a lecitina pode ser aplicada tanto em soluções polares como apolares, ampliando sua utilidade (ZULIAN, 2016). A distribuição das aplicações pode ser analisada na Figura 8.

Figura 8 - Distribuição dos segmentos da lecitina



Fonte: Adaptado de Norn (2015)

Na indústria farmacêutica, o seu uso inclui os benefícios: redução de colesterol e efeitos da menopausa, melhor funcionamento do fígado, dentre outros (ZULIAN, 2016). Por possuir colina em sua composição, é considerada um suplemento que ajuda no tratamento de Alzheimer e é ativadora da circulação,

reduzindo os riscos de doenças cardiovasculares. Além da propriedade de redução de colesterol (VEIGA; CHALLIOL, 2014). Dentre os fosfolipídios a fosfatidilcolina é a mais relevante, pois entre seus componentes encontra-se a colina, que é um nutriente importante para ativação plaquetária, sinalização molecular, iniciadora do neurotransmissor acetilcolina, função hepática e formação de constituintes de membranas celulares. Outras propriedades da lecitina são sua ação antioxidante e estimulante da divisão celular, ao fornecer fosfolipídios, contribuindo para que as células exerçam suas funções eficientemente. Além disso, a ingestão de lecitina ajuda a modular a função e composição das células de defesa (MARCONCIN et al., 2009). A lecitina de soja possui as propriedades de preservar a hidratação de tecidos e auxilia o processo de cicatrização da pele, além de ser um agente protetor devido a sua característica antioxidante (FERREIRA et al., 2012; MARTINEZ, 2012).

Os fosfolipídios possuem propriedades muito importante para os animais como melhorar a digestibilidade de gorduras, controlar absorção de colesterol, incorporam ácidos graxos apolares, aumentam a emulsão de lipídios no intestino delgado. Além disso, a lecitina conta com uma característica antioxidante que contribui para a desaceleração da peroxidação de nutrientes presentes em rações animais (SOUZA, 2017).

A lecitina é um subproduto da soja com alto valor comercial, vastamente utilizada nas indústrias alimentícia e farmacêutica, sendo sugerida para pessoas com problemas de hipercolesterolemia e para auxiliar na manutenção de células nervosas (ZAKIR; FREITAS, 2016).

As propriedades emoliente e solubilizante, além da de emulsificante, são motivos pelos quais é amplamente utilizada pelas indústrias alimentícia e farmacêutica. Também é utilizada em dietas de emagrecimento, devido sua ação lipotrópica. Melhoria de desempenho de atletas, atuando na redução de cansaço e fadiga. Outra propriedade é o melhor desempenho de receitas a partir de gorduras para panificação e fritura, maior brilho para balas e evita a cristalização da gordura em chocolates (ZULIAN, 2016). A lecitina é muito utilizada na fabricação de chocolates, porque reduz a viscosidade e o limite de escoamento, sendo que ela possui forte efeito sobre a viscosidade plástica. O limite de escoamento refere-se a força necessária para o início do escoamento do

chocolate. Um excesso de lecitina impacta no tamanho dos cristais e derretimento (CUNHA; QUAST; LUCCAS, 2010).

Emulsificantes podem influenciar o processo de cristalização de óleos e gorduras, tornando-o mais rápido ou mais lento, devido as suas diferentes propriedades hidrofóbicas, sendo que a lecitina se encontra entre um dos mais utilizados (CORREA; RIBEIRO; KIECKBUSCH, 2015).

Na indústria alimentícia, devido as propriedades nutricionais, baixo custo e disponibilidade no mercado, a lecitina se encontra entre os tensoativos mais utilizados. Sua utilização está muito associada a seu caráter emulsionante, mas também à sua molhabilidade e dispersibilidade. Sendo utilizada na fabricação de maionese, margarina evitando separação de fases durante o armazenamento, na fabricação de chocolates facilitando a dispersão de gorduras, reduzindo a viscosidade evitando a perda de aromas, na indústria de leite em pó aumentando a estabilidade e a validade do leite, na de biscoitos melhorando a resistência e elasticidade facilitando a estampagem e reduzindo quebras, para fabricação de sorvetes como inibidor de cristalização, na produção de massas alimentícias melhorando a uniformidade, na panificação para emulsão e retenção de umidade, também é empregada como desmoldante industrial (FANI, 2016; ZULIAN, 2016).

Furtado (2012) menciona a utilização da lecitina na produção avícola como fonte de fosfolipídios e colina, vitamina importante para o desenvolvimento das aves, gerando resultados mais efetivos do que os com colina sintética.

Outra utilização da lecitina é como diluente para criopreservação de sêmen bovino. Em um estudo comparativo com a lecitina obtida a partir de gema de ovo, a lecitina de soja se mostrou como a melhor opção devido à segurança sanitária (FELÍCIO, 2008).

De forma resumida os usos e funções dos fosfolipídios se encontram no Quadro 2.

Quadro 2 - Usos e funções dos fosfolipídios

USOS E FUNÇÕES DOS FOSFOLIPÍDIOS	
Produto	Função
Alimentos	
Solúveis	Agente umedecedor e dispersante; emulsificante
Panificação	Modificação das propriedades de panificação; emulsificante; antioxidante
Chocolate	Redução da viscosidade; antioxidante
Margarina	Emulsificante; agente antirrespingos; antioxidante
Dietéticos	Suplemento nutritivo
Nutrientes	
Substitutos do leite	Emulsificante; agente umedecedor; dispersante
Indústria	
Inseticidas	Emulsificante; agente dispersante; substâncias ativas
Tintas	Agente dispersante; estabilizador
Fitas magnéticas	Agente dispersante; emulsificante
Couro	Agente amaciante; óleo penetrante
Têxtil	Amaciante; lubrificante
Cosméticos	
Cabelos	Estabilizador de espuma; emoliente
Pele	Emulsificante; emoliente; umectante; umedecedor
Farmacêuticos	
Nutrição parental	Emulsificante
Supositórios	Agente atenuador; veículo
Crems, loções	Emulsificante; facilitador de penetração

Fonte: Dorsa (2004, p.15)

3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO

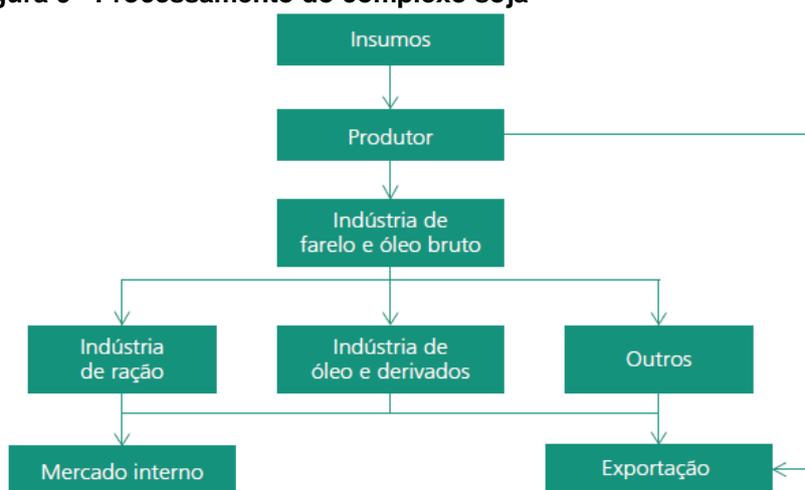
Três produtos primários são obtidos a partir do processamento da soja, e são eles a lecitina, o óleo e o farelo. Demais produtos derivados da soja são obtidos com tecnologias específicas a partir dos produtos primários (SCHUCK, 2004).

Na indústria a soja recebida é classificada conforme seu índice de umidade e impurezas, posteriormente passa por um sistema de peneiras para remoção de materiais grosseiros e finos como folhas, galhos e vagens. O grão então é preparado por meio da quebra, condicionamento, laminação e, às vezes, extrusão, sendo encaminhado para a extração. A extração por solvente baseia-se em colocar a matéria prima em contato com um solvente que possua afinidade com o óleo. Então o óleo é submetido ao processo de degomagem (SCHUCK, 2004).

Normalmente a soja chega na indústria por meio de caminhões e trens, passam pela classificação onde amostras são retiradas para análise da qualidade dos grãos (GONDIN, 2019).

Após a classificação os grãos são encaminhados para a moega onde são descarregados. Então passam por peneiras vibratórias para uma pré-limpeza para remoção de materiais que possam causar fermentação e reduzir a qualidade da matéria prima como: palha, material verde, pedras, talos, entre outros. Logo após essa etapa a soja é seca para a redução da umidade, que ao chegar na fábrica normalmente se encontra maior que 12%, e então é armazenada, ou segue para o esmagamento (SOUZA, 2017; GONDIN, 2019; ZULIAN, 2016). Esse processo de secagem importante para prevenir a fermentação do grão (LEMOS et al., 2017). O processamento da soja está representado de forma resumida na Figura 9.

Figura 9 - Processamento do complexo soja



Fonte: Lemos (2017)

No início do esmagamento a soja é quebrada em quebradores de rolo, equipamentos que possuem dois rolos com ranhuras e cada uma girando em velocidades diferentes. A quebra é feita para se obter grãos quebrados em 8 partes. A casca é separada por um fluxo de ar, por serem mais leves são arrastadas e os grãos (mais pesados) continuam o processo. Depois da quebra, a soja segue para o condicionamento, onde o condicionador “cozinha” e fornece umidade ao grão, esta etapa é necessária para garantir a maleabilidade ideal

para o processo seguinte. Na laminação, os grãos passam por rolos lisos, obtendo-se lâminas (SOUZA, 2017; GONDIN, 2019).

Posteriormente aos processos onde os grãos são descascados e o cotilédone é triturado, aquecido, laminado e expandidos. A massa resultante é misturada com solvente, então a miscela, que é a mistura desse solvente com o óleo bruto, passa por um sistema de evaporação para a obtenção do óleo bruto (LEMOS et al., 2017).

Quando as oleaginosas utilizadas para extração de óleo possuem um teor de óleo inferior a 20%, como o caso da soja, utiliza-se extração por solvente. Nesse tipo de extração normalmente é utilizado hexano, porém esse solvente apresenta algumas desvantagens (SOARES, 2004).

O hexano é utilizado como solvente pois ele atende diversos requisitos que o tornam mais adequado: dissolve com facilidade o óleo sem afetar outras propriedades da soja, é imiscível em água e possui baixa temperatura de vaporização (ZULIAN, 2016). Porém, seu alto custo e inflamabilidade são grandes desvantagens (RAMALHO; SUAREZ, 2012).

O óleo se solubiliza no solvente por meio de dois mecanismos: pela difusão onde o óleo passa pelas paredes semipermeáveis da célula chegando ao líquido, ou por simples contato do solvente com as células destruídas durante um processo de prensagem ou moagem (RAMALHO; SUAREZ, 2012).

A mistura do óleo com solvente é chamada de miscela, a miscela que sai do extrator passa por evapores contínuos para a remoção de solvente, esse solvente retorna ao processo. De maneira semelhante, o farelo passa por um dessolventizador para retirar o solvente, que também retorna para ser reutilizado, além de tostar reduzindo a atividade ureática, então é resfriado para estabilização da umidade. O óleo, chamado de óleo bruto, contém diversas substâncias indesejáveis, como o tocoferol (que confere cor e odor), lecitina (emulsiona com água) e ácidos graxos livres (RAMALHO; SUAREZ, 2012; GONDIN, 2019).

Para utilização como fonte de proteína, exemplo alimentação animal, o farelo deve ser torrado ou aquecido para desativar os fatores antinutricionais presentes na soja: inibidor de tripsina, estaquiose, rafinose e fitato (SOARES, 2004).

O óleo bruto extraído contém diversas estruturas dentre elas triglicerídeos, fosfatídeos, ácidos graxos livres, pigmentos, compostos oxigenados e muitos outros. O processo de refino do óleo tem o objetivo de remover componentes não glicerídeos, ou seja, purificá-lo. Essas substâncias são separadas em aquelas que podem ser removidas por processos físicos e as que apenas processos físico-químicos apresentam resultados satisfatórios (CASTEJON, 2010).

A degomagem tem a finalidade de remover os fosfolipídios do óleo de soja bruto. Os fosfolipídios constituem de 1 a 2% dos lipídios totais do óleo de soja, eles contribuem para o escurecimento do óleo durante a desodorização e perdas durante a neutralização, sua remoção leva a melhora oxidativa do óleo em decorrência da retirada de ferro e cobre presentes. A degomagem deve ser feita para remover agentes emulsificantes e materiais que se depositam durante armazenamento do óleo, que resultariam em perdas, pois arrastam o óleo ao precipitar. Essas borras levam a rancificação do óleo, aumentando acidez e odores, além da perda de óleo. E a eficiência dessa etapa é influenciada diretamente pela qualidade do óleo bruto (SOARES, 2004; CASTEJON, 2010).

Quando as gomas retiradas da degomagem se destinam para a produção de lecitina, a utilização de ácido não é recomendada, pois escurecem o produto final. Os ácidos são utilizados para remoção de sais de cálcio e magnésio do óleo (SOARES, 2004). Todas as etapas da produção afetam a qualidade da lecitina produzida. A obtenção da lecitina é baseada na afinidade dos fosfolipídios com água, sendo que a degomagem possui papel importante na produção de óleo de soja, pois melhora a estabilidade e facilita o refino (SCHUCK, 2004).

O objetivo do refino é obter um produto com paladar neutro, boa aparência, livre de substâncias tóxicas e indesejáveis, e resistente à oxidação. Ele consiste em três etapas posteriores a degomagem: neutralização, branqueamento e desodorização, necessárias para retirada das substâncias que afetam a estabilidade e qualidade do óleo (SOARES, 2004).

O óleo passa pelo refino, que consiste nas etapas de degomagem, neutraliza, branqueamento e desodorização. A degomagem tem a finalidade de remover os fosfatídeos do óleo, cerca de 3% do mesmo. A neutralização constitui-se na remoção dos ácidos graxos livres por meio da adição de soda

caustica. O óleo neutro e seco passa então pelo branqueamento onde terras de adsorção são responsáveis pela remoção de pigmentos, principalmente clorofila. Por fim a desodorização é responsável pela remoção das substâncias que dão cor, odor e sabor desagradáveis ao óleo, como: cetonas, aldeídos, carotenoides, álcoois e ácidos graxos livres ainda presentes, nessa etapa o vácuo é extremamente importante, porque diminui o consumo de vapor e tempo de processo (GONDIN, 2019).

A função da neutralização é remover os ácidos graxos livres encontrados no óleo, para isto é adicionado uma solução alcalina que reage com esses ácidos graxos e produzem sabão e água. Essa adição pode levar a saponificação do óleo e conseqüente arraste do mesmo pelos sabões formados elevando a perda do refino. Para a obtenção de resultados satisfatórios nesse processo é necessário a adição de álcalis em excesso. Após a reação com a soda adicionada ocorre a centrifugação para remoção dos sabões, então o óleo é lavado com água e novamente centrifugado. Por fim o óleo neutro é seco ou segue para a clarificação (SOARES, 2004).

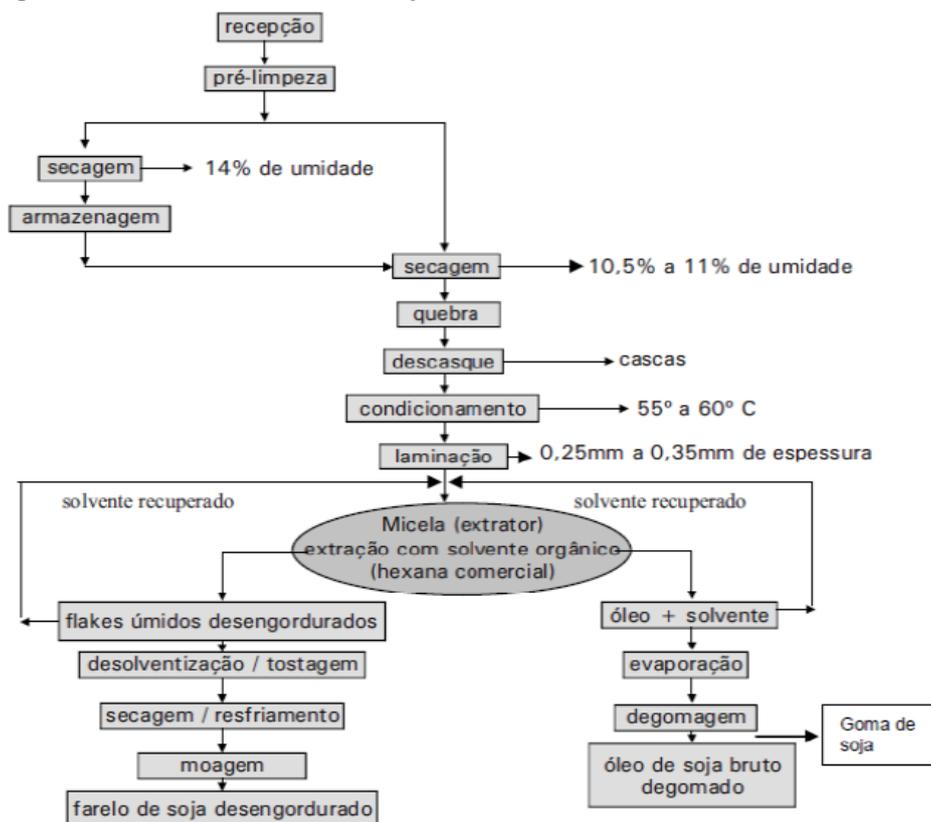
O óleo neutro ainda possui partículas e impurezas que dão cor e odor ao óleo. A clarificação compreende a retirada ou redução da quantidade de pigmentos, traços de metais, produtos de oxidação, entre outros, por meio da adição de terras de adsorção (naturais ou ativadas) ao óleo (SOARES, 2004).

No processo de branqueamento normalmente são utilizadas sílicas tratadas, pois nas condições a quais são submetidas possuem alta capacidade de adsorção de fosfolipídios. Já argilas são menos utilizadas aos custos e problemas ecológicos envolvidos (SOARES, 2004).

O óleo clarificado possui baixo teor de ácidos graxos livres e pigmentos, porém pode conter aldeídos, cetonas, peróxidos, álcoois, hidrocarbonetos e vários outros compostos. A desodorização é o processo para remoção desses compostos e a sua eficiência está relacionada a: temperatura, pressão, tempo e fluxo de vapor. O vapor utilizado nessa etapa tem tanto a função de destilação quanto de agitação, e o vapor adicionado deve saturar com as substâncias voláteis a serem removidas. Entretanto o óleo de soja não deve ser submetido a temperaturas maiores que 255°C, pois acima desse valor pode ocorrer a isomerização do ácido linoleico e a formação de isômeros trans de ácidos graxos (SOARES, 2004).

No processo de desodorização é obtido o tocoferol, a vitamina E que possui importante característica antioxidante. Pode ser utilizado nas indústrias cosmético e farmacêutica, além da suplementação e como aditivo em alimentos (GONDIN, 2019). O fluxo do processamento da soja, está resumido na Figura 10.

Figura 10 - Processamento da soja



Fonte: Souza (2017)

3.3.1 A Degomagem

A lecitina é obtida a partir do processo de produção do óleo refinado de soja, que possui duas etapas principais: extração do óleo e refino. O óleo bruto é formado por uma combinação de triglicerídeos, que são basicamente uma molécula de glicerol ligada a três radicais de ácidos graxos, fosfatídeos que são a lecitina, pigmentos como a clorofila, ácidos graxos livres (conhecidos como FFA – *Free Fatty Acids*), compostos oxigenados, quinonas, voláteis diversos, entre outros (ZULIAN, 2016). A composição do óleo bruto está na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição típica do óleo de soja bruto

Componentes	%
Triacilgliceróis	95 – 97
Fosfolípidios	1,5 – 2,5
Insaponificáveis	1,6
Fitosteróis	0,33
Tocoferóis	0,15 – 0,21
Hidrocarbonetos	0,014
Ácidos Graxos Livres	0,3 – 0,7

Fonte: Adaptado de Soares (2004)

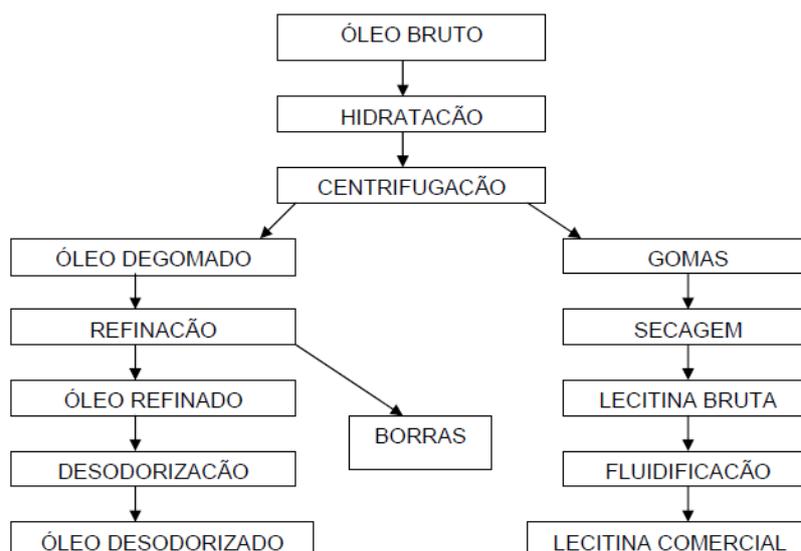
Os primeiros compostos retirados do óleo bruto são separados por hidratação pois são coaguláveis, resultando em uma massa de aparência gomosa. O nome dessa etapa é degomagem e deriva desse processo de desagregação das gomas do óleo, nesse processo são removidos os fosfatídeos do óleo bruto. Caso essas gomas não sejam utilizadas para produção de lecitina, podem ser adicionadas ao farelo, também é comum filtrar o óleo bruto antes da degomagem para remoção de finos de farelo e outras substâncias (ZULIAN, 2016).

Durante a degomagem a goma possui cerca de 40% de umidade, 40% de fosfolípidios e 20% de óleo de soja. A goma retirada após a hidratação possui uma composição de cerca de 50% de fosfolípidios e 25% de óleo. Para a obtenção da lecitina, essa goma deve ser aquecida sob vácuo e depois filtrada chegando a um produto com cerca de 65% de fosfolípidios (FURTADO, 2012; ZULIAN, 2016).

Resumidamente, a degomagem baseia-se na adição de 1 a 3% de água ao óleo aquecida a uma temperatura em torno de 70°C sob agitação por 20 a 30 minutos. O precipitado formado é removido por centrifugação (5000 a 6000 rpm). Então as gomas são secas em uma temperatura de até 80°C sob vácuo. O resultado desse processo é a lecitina comercial contendo 60% de fosfolípidios, 38% de óleo e umidade (CASTEJON, 2015). Esse óleo é chamado de óleo degomado. Desse processo, a lecitina resultante possui alto valor comercial (RAMALHO; SUAREZ, 2012). A finalidade dessa etapa é minimizar o residual de fósforo no óleo (BUESCHELBERGER, 2004).

De acordo com Castejon (2015) alguns autores se referem a degomagem como uma etapa de pré-refino. O objetivo dessa etapa é retirar os fosfolipídios, conhecidos como gomas, e substâncias coloidais do óleo bruto de soja. Outros autores, como Soares (2004) referem-se a essa etapa como a primeira do refino de óleo. O fluxo desse processo se encontra na Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma da degomagem



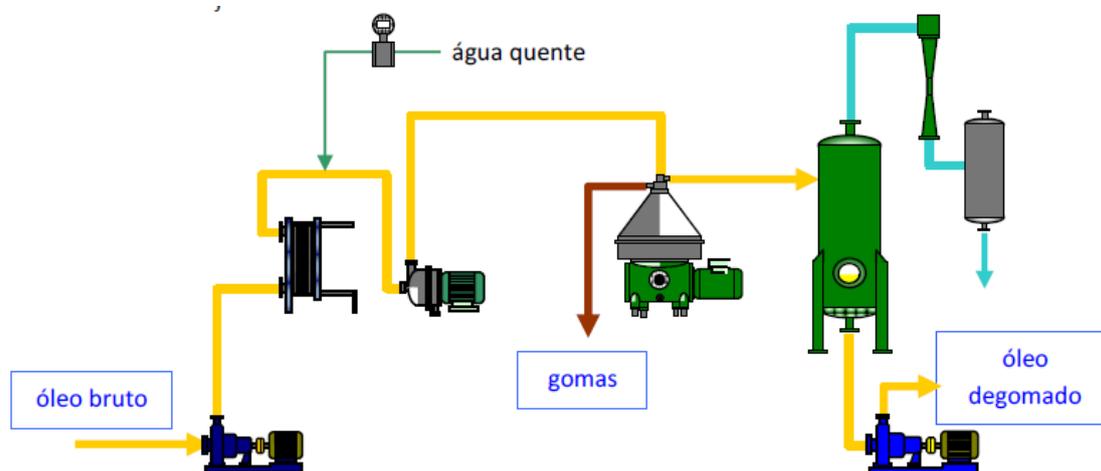
Fonte: Papaleo (2004)

As gomas, hidratadas e separadas por centrifugação, possuem em sua composição uma quantidade de óleo que varia de acordo com as condições do processo e da matéria prima (soja). Os principais fatores que influenciam nessa quantidade são temperatura, quantidade de água e eficácia da centrifugação. Uma temperatura baixa possibilita uma melhor degomagem, porém com maior arraste de óleo, já uma alta temperatura diminui a perda de óleo, contudo mais goma não será separada prejudicando a qualidade da lecitina e do óleo degomado. Para uma boa separação a água é adicionada numa proporção de 2 a 3,2% (ZULIAN, 2016). Esse processo se dá pela hidratação do óleo com água quente e posterior centrifugação. Os fosfolipídios presentes no óleo cru comprometem a hidrogenação e reduzem a estabilidade (PAPALEO, 2004). A hidratação dos compostos presentes, levam ao aumento da densidade com posterior precipitação (SCHUCK, 2004). Calcula-se que a temperatura ideal de degomagem encontra-se entre 55 e 80°C, pois acima de 80°C por um longo

tempo ocorre a peroxidação de açúcares com conseqüente escurecimento da lecitina, influenciando na sua qualidade (CASTEJON, 2010).

As gomas obtidas após o processo de degomagem possuem 50% de umidade, chegando a menos de 1% após a secagem. Essa goma arrasta consigo diversos compostos hidrossolúveis encontrados no óleo bruto, e todos eles compõem a lecitina comercial (CASTEJON, 2010). A degomagem possui um rendimento de 97%, portanto a cada tonelada de óleo bruto 30 kg de goma são produzidas (SOUZA, 2017). A Figura 12 mostra de forma simplificada a degomagem.

Figura 12 - Degomagem de forma simplificada

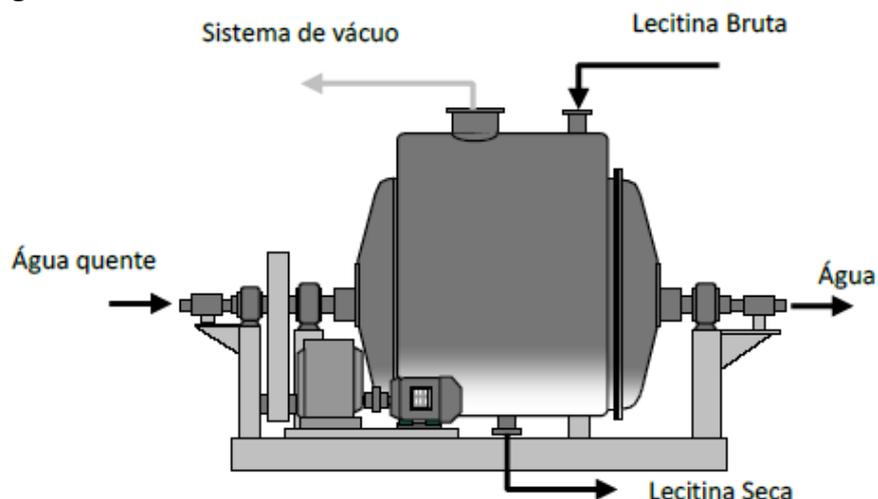


Fonte: Dorsa (2004)

3.3.1.1 Secagem da goma e obtenção da lecitina

No processo de secagem da lecitina, onde obtém-se uma umidade máxima de 1%, deve-se utilizar um secador/evaporador de filme agitado pois é uma mistura de alta viscosidade e devido a inviabilidade de utilizar altas temperaturas, evitando assim modificação da cor e qualidade da lecitina produzida. Nos secadores utiliza-se vácuo e uma temperatura variando de 60 a 95°C (DORSA, 2004). Esse tipo de secador está representado na Figura 13.

Figura 13 - Secador de lecitina



Fonte: Dorsa (2004)

As gomas úmidas só aceitam estocagem por breves períodos, normalmente proporcional ao volume necessário para a secagem por bateladas, pois são vulneráveis a fermentação microbial (DORSA, 2004). Uma batelada se caracteriza por ser um processo não contínuo, onde o produto é processado em um ambiente fechado e após determinado tempo segue para a próxima etapa (PEREIRA, 2018).

As gomas que saem das centrifugas são direcionadas para tanques onde podem ser adicionados branqueadores e promotores de fluidez. Então sua umidade é reduzida de 50% até o nível máximo de 1%. O secador utilizado é completado com a carga de goma que será aquecida por uma serpentina rotativa com água quente internamente, trabalhando sob vácuo e com tempo determinado. Esse processo de secagem é crítico pois as gomas tendem a escurecer com o calor além do aumento da viscosidade com a redução de umidade, esse aumento inicia-se com 20% de umidade (DORSA, 2004).

Posterior ao processo de secagem a lecitina é filtrada, removendo partículas dispersas e promovendo maior brilho ao produto (CASTEJON, 2015). Para ajuste de especificação, óleo degomado e/ou ácidos graxos podem ser adicionados, para que a lecitina atenda a especificações físico-químicas, como a viscosidade (CASTEJON, 2010).

Zulian (2016) constata em seus estudos que a adição de ácido graxo na lecitina produzida não influencia o comportamento da umidade, porém ele se altera com o decorrer do tempo. Já quanto a viscosidade, quando não houve

adição de ácido graxo ocorreu um relevante aumento com o decorrer do tempo, reduzindo a sua qualidade pela dificuldade do manuseio, porém com uma adição de 10% (m/m) a viscosidade se manteve constante. Logo foi concluído que, mesmo com variação de umidade, quando o ácido foi adicionado a viscosidade se manteve constante. Contudo essa adição levou a um aumento da acidez, sendo diretamente proporcional a quantidade de ácido adicionado, a melhor relação encontrada foi de 3% (m/m).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Aqui são descritos os materiais e métodos utilizados para a obtenção dos resultados a serem discutidos neste trabalho de conclusão de curso.

4.1 MATERIAIS

As amostras e equipamentos utilizados para a realização das análises foram cedidos por uma unidade esmagadora de soja dos Campos Gerais. A lecitina comercial utilizada foi resultado da secagem da goma no processo industrial da própria unidade.

Os materiais utilizados para a realização das análises foram:

- 9 amostras de goma (entre 50 e 100g);
- 9 amostras de lecitina com aproximadamente 500g;
- Viscosímetro Brookfield DV-I Prime;
- Termômetro;
- Banho termostático;
- Estufa com ventilação forçada (130°C);
- Béquer (100 mL);
- Balança analítica;
- Karl Fischer 870 KF Titrino plus marca Metrohm;
- Sulfato de sódio PA;
- Acetona PA refrigerada;
- Solução padronizada Karl Fischer (marca Merk);
- Papel filtro.

Abaixo, nas Figuras 15 e 16, podem ser visualizados modelos dos equipamentos semelhantes aos utilizados para a realização das análises:

Figura 14 - Viscosímetro Brookfield DV-I Prime



Fonte: Indiamart (2019)

Figura 15 – Karl Fischer 870 KF Titrino Plus



Fonte: Metrohm (2019)

A seguir, nas Figuras 17 e 18, podem ser visualizados imagens representativas das amostras utilizadas:

Figura 16 - Amostra de goma



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 17 - Amostra de lecitina



Fonte: Autoria própria (2019)

4.2 MÉTODOS

Os parâmetros físico químicos utilizados para qualificar a lecitina comercial de soja são determinados pela *American Oil Chemistry Society* (AOCS) e definem os limites máximo e mínimo para análises como: índice de peróxido, cor Gardner, acidez, umidade, índice de acetona e viscosidade (CASTEJON, 2010).

Os métodos utilizados foram:

- Óleo na goma base seca e base úmida – metodologia própria;

- Viscosidade da lecitina – AOCS Ja 10-87;
- Umidade da lecitina – AOCS Ca 2d-25.

Foram coletadas 9 amostras no decorrer de 5 dias seguidos, sempre dos mesmos 2 secadores, aqui denominados A e B, sendo 5 amostras do secador A e 4 amostras do secador B. As amostras de goma foram retiradas diretamente da centrífuga durante o processo de armazenagem para batelada do respectivo secador, sendo rastreadas por meio do número do lote, aqui substituídos pelo número da análise (1 a 9). As análises foram feitas em duplicata. Anterior ao período de secagem foram adicionados ácido graxo e óleo degomado à batelada, essas quantidades foram mantidas constantes em todas as bateladas utilizadas para análise.

As amostras de goma foram armazenadas em temperatura ambiente, e as de lecitina no banho termostático a 25°C, até que as análises fossem realizadas.

4.2.1 Óleo na Goma

Em um béquer de 100mL previamente desumidificado, foi pesado cerca de 2,0 g de amostra utilizando uma espátula. Então a amostra foi homogeneizada com sulfato de sódio suficiente, com a amostra homogeneizada foi adicionada acetona em quantidade equivalente ao dobro da mistura no béquer.

O sobrenadante da amostra foi filtrado em um balão de fundo chato. Esse processo foi repetido até que não houvesse mais evidência de óleo na amostra.

Então o balão foi aquecido em uma chapa aquecedora para remover a acetona. Posteriormente foi levado para uma estufa a 130°C por 1 hora para completa remoção da acetona. Por fim, o balão foi pesado.

O cálculo realizado segue a equação (1) abaixo:

$$(1) \quad \% \text{ de óleo na amostra} = \frac{(P_1 - P_2) \times 100}{P_a}$$

Onde:

P1: Peso do béquer + amostra

P2: Peso final após estufa

Pa: Peso da amostra

Para o cálculo em base seca, as equações (2) e (3):

$$(2) \quad 100 - \text{valor da umidade da goma} = x$$

$$(3) \quad \frac{\text{valor de óleo na amostra}}{x \times 100} = \text{óleo base seca}$$

Sendo X o fator de cálculo determinado na equação 2.

4.2.2 Viscosidade da Lecitina

A análise consistiu em manter uma amostra de 500 mL de lecitina no banho termostático a 25°C por pelo menos 3 horas para garantir a temperatura da amostra. Posteriormente a amostra foi centralizada no Viscosímetro Brookfield DV-I Prime e realizado a leitura com o spindle 3 em uma velocidade de leitura acima de 50%. Resultado obtido em Poises.

Ao final de cada análise o spindle foi limpo em solução a base de hexano.

4.2.3 Umidade da Lecitina

No vaso do equipamento Karl Fischer 870 KF Titrino Plus foi adicionado automaticamente a solução necessária, preparada para uso no equipamento, e após estabilização foi adicionada cuidadosamente 1g de amostra, devidamente pesada. Então é inserido o dado referente ao peso exato da amostra no equipamento, após o ENTER foi emitido o resultado final pelo equipamento.

A cada nova amostra a solução foi substituída e o processo repetido.

4.2.4 Análise dos Resultados

Para análise dos resultados obtidos nos experimentos e elaboração dos gráficos a frente apresentados foi utilizado o software Excel do pacote Office e as fórmulas estatísticas disponíveis no software, pois ao serem comparados os resultados com os dados obtidos a partir do software estatístico Minitab 18, os resultados foram satisfatórios.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises anteriormente descritas obtiveram-se os resultados para as amostras de goma e de lecitina. A média entre as duplicatas encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Média entre as duplicatas das análises de óleo na goma e viscosidade da lecitina

Secador	Amostra	Óleo na goma (%)	Óleo na goma BS (%)	Viscosidade da lecitina (P)
A	1	19,595	32,52	104,5
	2	20,32	32,47	144,0
	3	18,53	29,725	110,5
	4	19,31	30,895	92,0
	5	19,14	30,53	98,0
B	6	21,61	35,97	52,5
	7	20,32	32,445	88,5
	8	20,32	33,155	121
	9	21,35	34,19	76

Fonte: Autoria própria

Para compreender a representatividade dos resultados, foi feito o desvio padrão entre cada uma das análises utilizando o Excel 2013, com a fórmula disponível no software. Os resultados estão na Tabela 10.

Tabela 10 - Desvio padrão entre as duplicatas

Secador	Amostra	Óleo na goma	Óleo na goma BS	Viscosidade da lecitina
A	1	1,039	1,697	0,707
	2	0,255	0,693	4,243
	3	0,297	0,813	34,648
	4	0,587	1,011	1,414
	5	0,849	1,344	1,414
B	6	0,594	0,438	0,707
	7	0,891	1,563	9,192
	8	0,141	0,148	2,828
	9	0,983	1,457	5,657

Fonte: Autoria própria

Quanto mais próximo de 0 maior é a homogeneidade entre as amostras. Aqui é possível observar que para a viscosidade existe grande variabilidade dos resultados, mas no óleo na goma as análises foram consideravelmente homogêneas. Para facilitar a visualização desses dados foi elaborada a Tabela 11 na qual encontram-se os desvios médios, tanto para a totalidade das amostras quanto para cada secador separadamente.

Tabela 11 - Desvio médio entre as análises de óleo na goma e viscosidade da lecitina

	Óleo na goma	Óleo na goma BS	Viscosidade da lecitina
TOTAL	0,8101	1,3667	19,0617
A	0,4636	1,0136	13,9600
B	0,5787	1,1400	20,2500

Fonte: Autoria própria

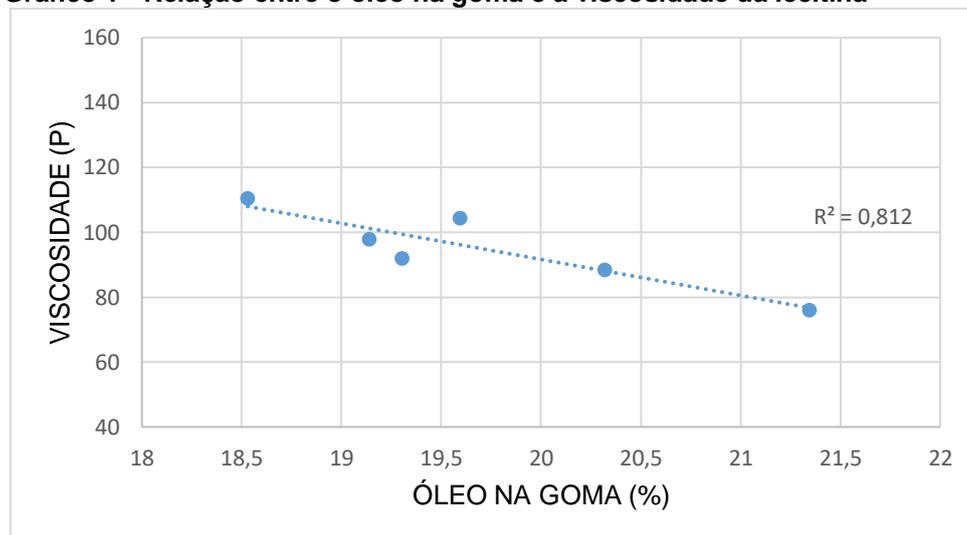
A partir dos desvios médios observados, nota-se que as análises de viscosidade foram muito dispersas, principalmente no Secador B. Já entre as análises de óleo na goma, as de base seca tiveram maior variabilidade e por isso não foram selecionadas para observar a influência do óleo na goma na viscosidade da lecitina. Conforme Castejon (2010) afirma, o processo de secagem da lecitina é crítico, pois envolve o tratamento com altas temperaturas para a redução da umidade, impactando na cor e na viscosidade do produto.

Os secadores de lecitina devem ser de filme agitado, utilizam vácuo e temperaturas variando de 60 a 95°C (DORSA, 2004). Alterações em qualquer um desses parâmetros impactam diretamente na viscosidade da lecitina obtida, por se tratar de um processo industrial variações podem ocorrer a todo momento, mesmo que por apenas um período durante a batelada, modificando as especificações do produto obtido. Esse impacto pode ser notado nas análises realizadas tanto para o secador A quanto para o B.

Os desvios foram altos para ambos secadores, porém o secador A obteve resultados ligeiramente melhores, isso indica que esse equipamento é mais estável e que o produto final obtido a partir dele também possui essa estabilidade. Mostrando que as bateladas obtidas a partir do secador B devem ser observadas, pois essa variabilidade mais alta pode indicar problemas de funcionamento.

Assim, os resultados de óleo na goma e viscosidade da lecitina foram utilizados para as demais análises. Foram plotados gráficos de dispersão para avaliar o comportamento dessas variáveis. A seguir encontra-se o Gráfico 1, relacionando as médias entre as duplicatas dos experimentos realizados.

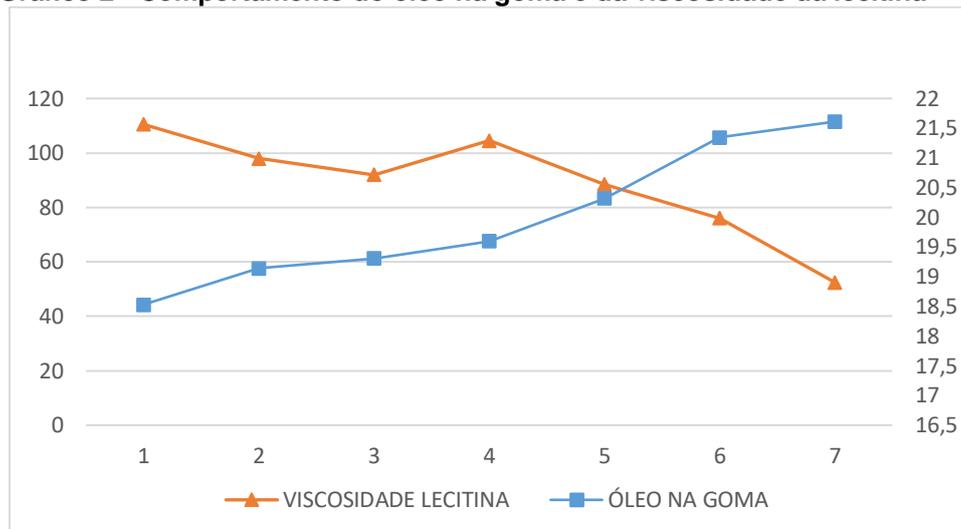
Gráfico 1 - Relação entre o óleo na goma e a viscosidade da lecitina



Fonte: Autoria própria

Neste gráfico é possível notar que a relação entre a quantidade de óleo na goma e a viscosidade é alta ($R^2 = 0,812$). Mesmo com os dados de viscosidade muito variados, percebe-se que quanto maior a quantidade de óleo na goma, menor será a viscosidade.

De acordo com Castejon (2015) a lecitina é rica em material graxo. Os pesquisadores Ramalho e Suarez (2012) dizem que materiais graxos mais saturados são mais viscosos pois existe maior interação entre as cadeias carbônicas, possuindo então uma atração mais forte. Porém, com mais óleo na lecitina, aumenta-se a quantidade de material insaturado, dificultando esse empacotamento. Esse comportamento é visível no Gráfico 2, onde foram utilizados as 7 análises mais uniformes.

Gráfico 2 - Comportamento do óleo na goma e da viscosidade da lecitina

Fonte: Autoria própria

Não existe um estudo sobre como o óleo presente na goma impacta no rendimento do processo, porém pelo fato do óleo ser um produto com grande valor agregado, busca-se o melhor rendimento dele, evitando perdas no processamento. A temperatura e a hidratação são fatores decisivos para esse rendimento. De acordo com Castejon (2010) durante a degomagem a temperatura é um dos parâmetros que exigem constante atenção, pois baixas temperaturas apresentam melhor remoção das gomas, porém com maior perda de óleo, já altas temperaturas diminuiriam o arraste do óleo, entretanto gomas ainda permaneceriam em solução, implicando na redução da qualidade do óleo refinado obtido. Já em relação à água adicionada, para uma boa separação é utilizada uma proporção de 2 a 3,2% (ZULIAN, 2016). O objetivo dessa adição é hidratar os lipídios polares (fosfatídeos), por isso a análise do teor de fósforo anterior ao processo de hidratação pode se fazer necessário, para que a água seja adicionada na quantidade correta, sem atrapalhar no processo de secagem posteriormente.

Pereira (2018) afirma que a viscosidade da lecitina é impactada pela umidade presente. Zulian (2016) também aborda a umidade como um problema para a viscosidade, pois a lecitina é um material higroscópico absorvendo umidade e se tornando ainda mais viscosa. Além disso, a umidade deve ser estar abaixo de 1% por segurança microbiológica.

Devido a umidade ser um fator com alta importância tanto para a qualidade do produto, quanto por seu impacto na viscosidade, foram feitas análises para as amostras de lecitina, com os resultados apresentados na Tabela 12.

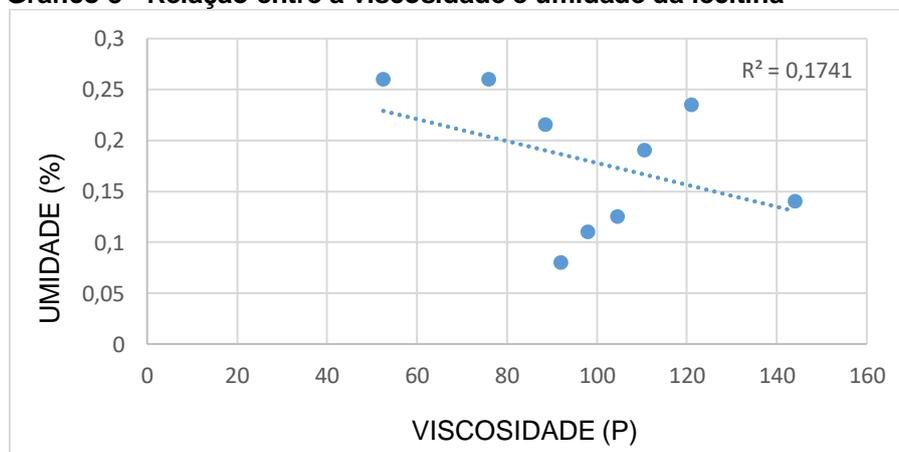
Tabela 12 - Resultados e desvio das análises de umidade das amostras de lecitina

Secador	Amostra	Umidade Média (%)	Desvio Padrão entre as Amostras
A	1	0,13	0,007
	2	0,14	0,028
	3	0,19	0,014
	4	0,08	0,000
	5	0,11	0,014
B	6	0,26	0,014
	7	0,22	0,035
	8	0,24	0,007
	9	0,26	0,028

Fonte: Autoria própria

Todas as umidades obtidas estavam dentro da especificação necessária. Na Tabela 12 também é possível observar que a variabilidade entre as amostras, foi muito baixa (próxima de 0), dando confiabilidade para os resultados obtidos. Porém, contrariando o que foi afirmado por Pereira (2018) e Zulian (2016), a viscosidade foi pouco impactada por esse parâmetro ($R^2 = 0,1741$). Essa relação pode ser observada no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Relação entre a viscosidade e umidade da lecitina



Fonte: Autoria própria

A alta variabilidade dos resultados obtidos pode ser atribuída a diversos fatores. Uma variabilidade alta também foi encontrada em estudos como o de Pereira (2018), com a viscosidade variando de valores de 51 a 93 P. A goma retirada na degomagem contém em média 25% de óleo e cerca de 65% de fosfatídios (FURTADO, 2012). A composição das gomas varia de acordo com as condições do processo e da matéria prima utilizada, a soja. (ZULIAN, 2016). Afetando assim, a qualidade do produto final, a lecitina.

Em relação ao processo, os fatores que mais impactam a quantidade de óleo na goma são temperatura, quantidade de água na hidratação e centrifugação eficiente. Temperaturas mais baixas levam a maior arraste de óleo, altas temperaturas reduzem as perdas de óleo, porém prejudicam a qualidade do óleo degomado e da lecitina (ZULIAN, 2016). A eficiência da degomagem consiste na remoção eficiente dos agentes emulsificantes presentes no óleo bruto (SOARES, 2004). Desses agentes, a fosfatidilcolina é o principal fosfolípido responsável pela redução da viscosidade (BUESCHELBERGER, 2004).

Portanto, fazer um acompanhamento do processo e todas as suas variáveis é crucial para obter resultados satisfatórios quanto a qualidade da lecitina final. Os resultados aqui apresentados mostram que um dos secadores (secador B) obteve valores menores de viscosidade, porém com uma variabilidade muito alta, gerando um alerta quanto a sua operação e manutenção.

A qualidade da lecitina também é significativamente afetada pela qualidade dos grãos. Fatores como clima, região geográfica, armazenagem dos grãos tem grande impacto (BUESCHELBERGER, 2004). Além desses mesmos fatores, o genótipo, luminosidade, umidade do solo, impactam no desenvolvimento dos grãos e na quantidade de proteínas e lipídios presentes nos mesmos (PAPALEO, 2004). Grãos imaturos contém até 3% menos óleo e maiores quantidades de ácidos graxos, além de menor rendimento proteico (MANDARINO, 2012). Isso mostra que a variabilidade de óleo na goma, também está intimamente ligada à qualidade dos grãos de soja utilizados no processamento. Porém, esse já é um fator mais difícil de ser rastreado e controlado, pois se trata de um *commoditie* amplamente cultivada e com alta demanda, exigindo grandes armazéns com pouca diferenciação dos produtos

armazenados e grandes volumes de processamento para se aumentar a margem de lucro.

A lecitina é um material natural, composto por uma complexa mistura de componentes (BUESCHELBERGER, 2004). Isso torna difícil determinar com exatidão quais são os fatores que afetam o óleo presente na goma e sua viscosidade levando aos resultados neste trabalho apresentado.

A alternativa encontrada pelas empresas é a correção desse parâmetro. Essa correção é feita com a adição de óleo de soja (CASTEJON, 2015). Além disso, ácido graxo também é adicionado para melhorar a estabilidade da lecitina (ZULIAN, 2016). Porém essa adição afeta a análise de insolúveis em acetona, que representa a quantidade de fosfolípidios presente. Essa análise está relacionada ao valor agregado ao produto, assim quanto maior esse valor melhor o produto. Contudo a adição de óleo, material solúvel em acetona, além de reduzir a viscosidade, altera também esse valor (PEREIRA, 2018).

Assim, apesar da adição de óleo se apresentar como uma alternativa, ela deve ser realizada com cautela, pois afeta o valor do produto final a ser comercializado.

Os resultados aqui apresentados e discutidos mostram que novos estudos em relação ao óleo presente na goma, qualidade da soja utilizada e parâmetros de processo são necessários. Além disso, é possível que futuramente novos estudos baseados nos resultados do presente trabalho, sejam utilizados para uma avaliação econômica da adição de óleo para correção da viscosidade.

6 CONCLUSÃO

Comparando as amostras de goma e lecitina de uma indústria dos Campos Gerais, os resultados de viscosidade são influenciados pelo óleo presente na goma.

Apesar das amostras apresentarem alta variabilidade entre si, a viscosidade final da lecitina é inversamente proporcional ao óleo presente na goma, ou seja, quanto maior a quantidade de óleo presente, menor foi a viscosidade encontrada.

Sobre a umidade, pouca relação entre os parâmetros foi encontrada, mesmo que fosse evidenciada por outros pesquisadores como Pereira e Zulian, é possível que isso se deva a alta variabilidade das amostras ou a pequena amostragem, já que os resultados de umidade possuíam pouco desvio.

Os resultados também mostraram que existem diferenças entre os secadores utilizados, demonstrando que parâmetros de processos tem impacto considerável no produto final. Assim como a qualidade da matéria prima utilizada, revelada pelo óleo na goma. A rastreabilidade dessa matéria prima é complexa, por se tratar de uma *commoditie*, contudo o processo pode ser adequado por meio de análises mais frequentes para compensar a possível variação da matéria prima.

A correção da viscosidade final da lecitina com óleo se apresenta como uma boa alternativa para adequação desse parâmetro, com a ressalva de que ela altera outros aspectos levando a possíveis mudanças do preço a ser comercializado.

Assim, novos estudos devem ser realizados, pois diversos parâmetros de processo e da matéria prima impactam na viscosidade final da lecitina, sendo que o óleo presente na goma é apenas um deles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONATO, E. R.; BONATO A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística por Emídio Rizzo Bonato e Ana Lúcia Variani Bonato**, Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 61p, EMBRAPA-CNPSO Documentos 21, 1987.

BUESCHELBERGER, Hanns-georg. Lecithins. In: WHITEHURST, Robert J.. **Emulsifiers in Food Technology**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 1-39.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: Potencial de Uso na Dieta Brasileira**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 16p, EMBRAPA-CNPSO, Documentos 113, 1998.

CASSIDAY, Laura. **Emulsions: making oil and water mix**. Inform AOCS, Si, v. 25, n. 4, p.200-208, abr. 2014.

CASTEJON, Letícia Vieira. **Estudo da clarificação da lecitina de soja**. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

CASTEJON, Letícia Vieira. **Parâmetros de qualidade na clarificação de lecitina de soja**. 2015. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

CEPEA. **Soja: Análise conjuntural**. Agromensal, p.1-2, abr. 2019

CHEN, Kuan-i et al. **Soyfoods and soybean products: from traditional use to modern applications**. *Applied Microbiology And Biotechnology*, [s.l.], v. 96, n. 1, p.9-22, 8 ago. 2012. Springer Science and Business Media LLC.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: Safra 2018/2019**. 8. ed. Brasília: Issn, 2019. 69 p.

CORREA, Katrina de Cássia; RIBEIRO, Ana Paula Badan; KIECKBUSCH, Theo Guenter. **Avaliação da incorporação de lecitinas sobre as propriedades de cristalização de gordura industriais**. Fapesp, Campinas, p.1-1, 2015.

CUNHA, Karine Marcondes da; QUAST, Leda Battestin; LUCCAS, Valdecir. **Influência da adição de lecitina de soja e do poliglicerol poliricinolato nas propriedades reológicas do chocolate.** B. ceppa, Curitiba, v. 28, n. 2, p.321-330, jul. 2010.

DALL'AGNOL, Amélio et al. **O complexo agroindustrial da soja brasileira.** Circular Técnica, Londrina, v. 43, p.1-12, 2007.

DORSA, Renato. Oleaginosas. In: DORSA, Renato. **Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados.** 3. ed. 2004. Cap. 01. p. 1-30.

DORSA, Renato. Oleaginosas. In: DORSA, Renato. **Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados.** 3. ed. 2004. Cap. 03. p. 1-19.

FANI, Márcia. **Lecitina: emulsionante e lubrificante.** Aditivos & Ingredientes, S.i., v. , p.34-39, 01 mar. 2016.

FELÍCIO, Gabriel Barcellos. **Efeito da substituição da gema de ovo pela lecitina de soja na criopreservação de sêmen equino.** 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

FERREIRA, Adriano Menis et al. **The use of fatty acids in wound care: an integrative review of the Brazilian literature.** Rev. Esc. Enferm. Usp, S.i., v. 3, n. 46, p.745-753, 2012.

FREITAS, Daniela G.c.; MORETTI, Roberto H.. **Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, [s.l.], v. 26, n. 2, p.318-324, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO).

FURTADO, Fúlvio Vinicius Foch. **Utilização de lecitina de soja como fonte de colina na avicultura.** 2012. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GAZZONI, Décio Luiz; DALL'AGNOL, Amélio. **Soja: quebrando recordes: CESB: 10 anos de máxima produtividade.** Cesb, Sorocaba, p.35-59, 2018

GONDIN, Pedro Henrique Rodrigues. **Industrialização da soja no Brasil**. 2019. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

HAMMES, Martin Víctor. **Estudo da influência da adição de lecitina de soja na molhabilidade do leite de búfala em pó obtido por spray-drying**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi et al. **A cultura da soja no Brasil e metodologia utilizada para o diagnóstico**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 11 p, EMBRAPA-CNPSo, Documentos 405, 2018.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 70p, EMBRAPA- CNPSo, Documentos 349, 2014.

INDIAMART. **Brookfield DV - 1 Prime Viscometer**. Disponível em: <<https://www.indiamart.com/proddetail/brookfield-dv-1-prime-viscometer-10720162262.html>>. Acesso em: 15 set. 2019.

IQBAL, Zafar et al. **Genetic divergence and correlation studies of soybean [Glycine max (L.) Merrill.] genotypes**. Pakistan Journal Of Nutrition, S.i., v. 42, n. 2, p.971-976, 2010.

JUNIOR, Enoch Felix de Oliveira et al. **EXPORTAÇÃO DE SOJA NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL: CARACTERÍSTICAS DA COMERCIALIZAÇÃO**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, [s.l.], v. 11, n. 1, p.71-97, 29 mar. 2018. Centro Universitário de Maringá.

LEMOS, Mario Luiz Freitas et al. **Agregação de valor na cadeia da soja**. Bndes Setorial, Si, v. 46, p.167-217, set. 2017.

MAIDALA, A.; DOMA, U. D.; EGBO, L. M.. **Effects of Different Processing Methods on The Chemical Composition and Antinutritional Factors of Soybean**. Pakistan Journal Of Nutrition, Azare, v. 12, n. 12, p.1057-1060, 2013.

MANDARINO, José Marcos Gontijo. **Grãos verdes: influência na qualidade dos produtos à base de soja: Série Sementes**. Circular Técnica: 90, Londrina, p.1-5, 2012.

MARCONCIN, Solange Aparecida et al. **Suplementação de lecitina de soja na alimentação de cães: Estudo sobre o perfil hematológico.** Rev. Acad., Curitiba, v. 7, n. 3, p.289-297, jul. 2009.

MARTÍNEZ, Jaime Ernesto Peña. **USO DO ÓLEO DE SOJA, ÓLEO ÁCIDO, LECITINA E GLICERINA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: VALOR ENERGÉTICO DA DIETA, DESEMPENHO E QUALIDADE DA CARNE.** 2012. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

METROHM. **870 KF Titrino plus.** Disponível em: <<https://www.manualshelf.com/manual/metrohm/870-kf-titrino-plus-manual/owner-s-manual-english.html>>. Acesso em: 15 set. 2019.

NORN, Viggo. **Emulsifiers in Food Technology.** 2. ed. Dinamarca: Wiley Blackwell, 2015. 358 p.

PAPALEO, Vanessa Terra. **As propriedades da proteína de soja na alimentação humana.** 2004. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Qualidade de Alimentos, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PARRISH, David J.; LEOPOLD, A. Carl. **On the Mechanism of Aging in Soybean Seeds.** Plant Physiol, Lincoln, v. 61, p.365-368, 1978.

PEREIRA, Naray dos Santos. **Verificação da representatividade de amostragem da lecitina de soja por meio de análises físico-químicas.** 2018. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

PEREIRA, Sávio Rafael. **A evolução do complexo soja e a questão da transgenia.** Revista de Política Agrícola, [s.l.], v. 2, p.26-32, 2004.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z.. **The Chemistry of Oils and Fats and their Extraction and Refining Processes.** Revista Virtual de Química, [s.l.], v. 5, n. 1, p.2-15, 2012. Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

SCHLESINGER, Sergio. **Soja: o grão que segue crescendo.** Grupo de Trabalho Sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente nas Américas, S.i., v. 21, p.1-25, jul. 2008

SCHUCK, Marinês. **Degomagem de Óleo de Soja por Ultrafiltração**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, A. C. da, E. P. Carvalho de Lima, and H. R. Batista. 2012. **A importância da soja para o agronegócio Brasileiro: Uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**.

SILVA, Maria Sebastiana et al. **Composição química e valor proteico do resíduo de soja em relação ao grão de soja**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 3, n. 26, p.571-576, jul. 2006.

SOARES, Marinalda da Silva. **Processamento de óleo de soja utilizando ultrafiltração em miscela na etapa de degomagem e na obtenção de lecitina**. 2004. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SONG, Jae-yeun; AN, Gil-hwan; KIM, Chul-jai. **Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [Glycine max (L.) Merrill] as affected by blanching**. Food Chemistry, [s.l.], v. 83, n. 1, p.69-74, out. 2003. Elsevier BV.

SOUZA, Rosemary Pereira de Pedro. **Goma de soja: uma alternativa de emulsificante para dietas de poedeiras comerciais**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

TISSIANO, Gabriel Merlini; CARVALHO, Bruno T. Barros de. **ESTUDO CIENTÍFICO MESORREGIÃO CENTRO ORIENTAL DO PARANÁ: ASPECTOS REGIONAIS, FÍSICOS, CULTURAIS, ECONÔMICOS, POLÍTICOS E SOCIOAMBIENTAIS**. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA E GESTÃO TERRITORIAL E XXXIV SEMANA DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, 1., 2018, Londrina. Artigo. Londrina: S.i., 2018. p. 1117 - 1130.

TURNIPSEED, Sam G.; KOGAN, Marcos. **Soybean Entomology**. Annu. Rev. Entomol., Si, v. , n. , p.247-282, 1976.

VEIGA, Gustavo Aguilar; CHALLIOL, Jorge Augusto. **Proposta de gestão ambiental na produção de lecitina da empresa Gebana Brasil baseada na produção mais limpa**. 2014. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014.

WOLF, Walter J.. **Soybean proteins: their function, chemical and physical properties**. J. Agric. Food Chem., Si, v. 18, n. 6, p.969-976, 1970.

ZAKIR, Mayara Miranda; FREITAS, Irene Rodrigues. **Benefícios à saúde humana do consumo de isoflavonas presentes em produtos derivados da soja**. Journal Of Bioenergy And Food Science. Macapá, p. 107-116. 2015.

ZULIAN, Sibebe Liane. **Adição de ácido graxo de soja como agente estabilizante da viscosidade de lecitina de soja**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.