

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

POLYANA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DA DESNATURAÇÃO DE PROTEÍNAS DO FARELO DE
SOJA DURANTE OS PROCESSOS OPERACIONAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2018

POLYANA RIBEIRO

AVALIAÇÃO DA DESNATURAÇÃO DE PROTEÍNAS DO FARELO DE SOJA DURANTE OS PROCESSOS OPERACIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof^o. Miguel Angel Aparício Rodriguez

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA DESNATURAÇÃO DE PROTEÍNAS DO FARELO DE
SOJA DURANTE OS PROCESSOS OPERACIONAIS.

por

POLYANA RIBEIRO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado dia 12 de Junho de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profº. Miguel Angel Aparício Rodriguez
(Orientador)

Profa. Dra. Tanatiana F. Guelbert

Prof. Msc. Idineia Fernandes dos
Santos

Nota: O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Tecnologia em Alimentos da UTFPR câmpus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente minha gratidão e dedicação é totalmente direcionada à Deus por caminhar comigo e nunca desistir de mim, proporcionando-me sabedoria e dando forças para chegar até aqui através do seu Santo Espírito.

Agradeço ao meu pai Paulo Cesar Ribeiro pela paciência, incentivo aos estudos, por me ensinar a dar valor nas maiores coisas da vida e batalhar por elas, a buscar meus objetivos, sendo sempre prestativo e meu melhor amigo.

Sou grata aos meus avós Alice Maria da Costa Oliveira e José Donato de Oliveira, por sempre serem atenciosos, pela preocupação, por me encher de mimos e por saber que vocês sentem orgulho de mim.

Agradeço a minha mãe Ester da Costa Oliveira pelo incentivo, por todo cuidado e pelo imenso orgulho que sente por mim.

Ao meu grande amigo Joberson Silva, pois além da parceria se dispôs a me auxiliar com a conclusão deste trabalho. Meus amigos e amigas Letícia Souza, Karina Bartko, Giovane William, Larissa Oliveira, Layane Borttotti à vocês, sinto um carinho imenso e agradeço por fazerem parte dessa segunda família UTFPR.

A minha grande amiga Mônica Suzin, sou gratíssíssima pela amizade, apoio, compreensão, incentivo, por não deixar que eu desistisse em todos momentos que pensei que não iria conseguir e por ser a melhor parceira para todos os momentos.

Em especial, quero agradecer a professora Tanatiana Guelbert, por estar sempre disposta a me ajudar a qualquer momento e fazer com que meu trabalho saísse como o esperado, me incentivando e me deixando com aquela sensação de querer crescer. Agradeço ao meu professor Orientador Miguel Angel Aparício Rodriguez pela atenção e por aceitar me orientar neste trabalho, e a minha banca Tanatiana Guelbert e Idineia Fernandes Santos que se dispuseram a me avaliar.

Obrigada a todos que contribuíram até aqui, prometo que esse será só o começo.

Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.

(Augusto Cury)

RESUMO

RIBEIRO, Polyana. **Avaliação da desnaturação de proteínas do farelo de soja durante os processos operacionais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

O presente trabalho se propõe a discutir sobre as desnaturações das proteínas no farelo de soja durante seu processo operacional. Diante disso, foi proposto que desde a matéria-prima (soja), os processos (laminação, expandir, lex e dessolventizador) e o produto acabado (farelo de soja), coletaram-se amostras para avaliar o desempenho das proteínas do farelo de soja, sendo submetidas à análises de Proteínas Totais, Proteína Solúvel e Proteína Dispersível (PDI) obtendo então, a informação do processo em que ocorre com maior facilidade a desnaturação das proteínas através da metodologia da American Oil Chemists' Society – AOCS. O estudo identificou a análise de PDI como melhor método, por apresentar sensibilidade e confiabilidade de indicar a avaliação de superprocessamento e subprocessamento das perdas de nutrientes presente no farelo de soja durante os processos operacionais.

Palavras-chave: Farelo de Soja; Proteínas; Desnaturação; Processos operacionais.

ABSTRACT

RIBEIRO, Polyana. **Evaluation of the denaturation of soybean meal proteins during operational processes.** 2018. Course Completion Work (Food Technology) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

The present work is a study on how to denature proteins in soybean meal during its operational process. On this, it was proposed that from the raw material (soybean), the processes (lamination, expander, lex and desolventizer) and the finished product (soybean meal), samples were collected to evaluate the performance of soybean meal proteins, being submitted to the analysis of Total Proteins, Soluble Protein and Dispersible Protein (PDI), obtaining the information of the process in which the denaturation of the proteins occurs more easily through the methodology of the American Oil Chemists' Society – AOCS. The study identified the PDI analysis as the best method because it showed sensitivity and reliability to indicate the evaluation of superprocessing and subprocessing of the nutrient losses present in the soybean meal during the operational processes.

Keywords: Soybean meal; Proteins; Denaturation; Operational processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Derivados da Soja	15
Figura 2. Fluxograma da Produção do Farelo de Soja	17
Figura 3. Imagens que representam o estado da matéria-prima em cada etapa do processamento	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados entre as médias e desvio padrão das análises físico-químicas de proteínas dispersível, solúvel e total, seguida das amostras de cada processo (Soja in natura, lâminação, expander, lex e farelo DT) até a obtenção do farelo de soja25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 ORIGEM DA SOJA E SUA CADEIA PRODUTIVA.....	14
3.2 RECEBIMENTO, SECAGEM E ARMAZENAGEM.....	16
3.3 PROCESSAMENTO	16
3.4 PROTEÍNAS NO FARELO DE SOJA.....	18
3.5 ANÁLISES DE PROTEÍNAS	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 MATÉRIA-PRIMA	22
4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS	22
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	22
4.3.1 Índice de Proteína Solúvel (%)	23
4.3.2 Índice de Proteína Dispersível (%)	23
4.3.3. Proteínas Totais (%).....	24
4.5 ANÁLISE ESTÁTICA	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

Segundo a legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1978), o farelo de soja é:

Farinha Desengordurada de Soja é o produto obtido a partir dos grãos de soja convenientemente processados até a obtenção da farinha desengordurada. O produto utilizado como fonte de proteína para outros alimentos.

Entende-se farelo de soja o produto resultante da extração do óleo dos grãos de soja (*Glycine max.(L) Merril*), por meio de processos mecânicos ou químico (BRASIL, 1993). Para obtenção do farelo, a soja passa pelas etapas de silagem, limpeza, secagem dos grãos, quebra dos grãos, cozimento, laminação, expansão, extração, dessolventização-tostagem, secagem do farelo de soja, peletização, moagem e expedição. (SARTORI, 2001; PARAÍSO, 2001).

No entanto, para o uso da soja na alimentação de monogástricos, é necessário que esta seja termicamente processada, com a finalidade de desativar os fatores antinutricionais presentes, tais como a lectinas, inibidores de tripsina e quimiotripsina, que prejudicam a digestão proteica (LIENER, 1994). Existem vários métodos de processamento térmico da soja para uso comercial, sendo o principal a tostagem.

Entretanto, é importante que o processamento da soja seja bem controlado, já que o subaquecimento ou superaquecimento podem reduzir o aproveitamento de seus nutrientes pelos animais (MENDES *et al.*, 2004). O subprocessamento da soja pode não desativar completamente os inibidores de proteases e o superaquecimento pode resultar em desnaturação proteica excessiva e formação de complexos entre a lisina e os carboidratos (reação de Maillard), reduzindo a disponibilidade de ambos (HEIDENREICH, 1994).

As propriedades físico-química e funcionais das proteínas da soja, podem alterar, dependendo do efeito do grau de maturação, cultivar, condições de estocagem, porcentual de grãos danificados e o processamentos (CARRÃO-PANIZZI *et al.*, 2006).

Na produção de farelo de alta proteína, as cascas são separadas dos grãos após a quebra por meio de separadores por aspiração, e as cascas, após moídas, são

enviadas a uma seção de tostagem, resfriadas e transportadas a um silo de casca. A soja descascada é condicionada e laminada (DORSA, 2000).

Após o condicionamento, a soja quebrada e aquecida, segue para os descascadores e em seguida para os laminadores. A laminação consiste em passar os pedaços de soja por dois rolos grandes lisos, pressionados um contra o outro, por onde os quebrados passam e são amassados (WANKA, 2008). A laminação tem por fundamento aumentar sua capacidade de extração do óleo (MANDARINO, 2001). Depois, procede para a extrusão que é um processo de cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura, sendo que as principais funções deste processo são hidratação, mistura, tratamento térmico, ocorre também a desnaturação das proteínas e destruição dos microorganismos (CHEFTEL, 1986).

No processo de extração o óleo é extraído com solvente (hexano). A solução de óleo em solvente, chamada miscela gorda, é então transferida a um sistema de recuperação de solvente, no qual o solvente é removido, deixando o óleo totalmente livre do mesmo; os vapores de solvente são condensados e retornam ao processo. O farelo com solvente é enviado ao sistema de dessolventização que por aquecimento com vapor direto e indireto, tratamento a quente sob vácuo, o solvente é removido do farelo. Durante a dessolventização o índice de proteína dispersível é controlado (DORSA, 2000).

As proteínas da soja são sensíveis as diferentes condições de desnaturação. Como a maioria dos alimentos processados sofrem tratamentos térmicos durante seu processamento, a desnaturação pelo calor, é de interesse particular, pois diminui a solubilidade das proteínas. Assim sendo os índices que medem a solubilidade das proteínas são de extrema importância para avaliar o grau de tratamento térmico aplicado pelos processos do farelo de soja. Os mais comuns são o índice de solubilidade de nitrogênio (NSI) e o índice de dispersibilidade de proteína (PDI) (CARRÃO-PANIZZI *et al.*, 2006).

Diante deste cenário, justifica-se a investigação na medida em que os parâmetros físico-químicos objetivaram caracterizar a quantidade de proteínas solúveis e proteínas dispersíveis no farelo de soja, verificando assim, as perdas nutricionais em função da desativação de fatores anti-nutricionais sob processamento industrial, identificando qual o método mais preciso para a confiabilidade dos resultados. As análises físico-química realizadas serão Índice de Proteína Solúvel, Índice de Proteína Dispersível e Proteínas Totais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar onde ocorre com maior intensidade a desnaturação das proteínas no farelo de soja durante o processamento e qual o método mais perceptível e confiável para a identificação das perdas nutricionais, através de análises físico-químicas de acordo com a metodologia da AOCS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análises físico-químicas de Proteínas Totais, Proteínas Solúveis e Proteínas Dispersível nas amostras desde a matéria-prima, soja laminada, soja expandida, lex e farelo tostado, obtendo informações entre os processo onde ocorre a maior diminuição de proteínas;
- Verificar se existe correlação entre Proteínas Solúveis e Proteínas Dispersível através de resultados das análises físico-químicas de farelo de soja submetido a superaquecimento para a retirada de fatores antinutricionais da soja;
- Colaborar de maneira significativa aos estudos que se relacionam com a produção de farelo de soja para obter um alto teor de proteínas;
- Identificar fatores que influenciam no processamento o baixo teor de proteínas através de resultados das análises físico-químicas de farelo de soja;
- Verificar, caso ocorra, as variações de resultados de Proteínas Solúveis e Proteínas Dispersível.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ORIGEM DA SOJA E SUA CADEIA PRODUTIVA

O grão de soja é composto em média por 15% a 20% de gordura, 35% a 40% de proteína, 30% de carboidratos, 10% a 13% de umidade e cerca de 5% de minerais e cinzas podendo variar bastante, dependendo da variedade e das condições de crescimento (A SOJA, 2007; DALL'AGNOL *et al.*, 2007).

A soja é processada para produzir óleo e os resíduos da extração (farelo) são utilizados para preparação de rações animais.

No século XVII, a soha se espalha nos países como Japão, Malásia e Índia. A utilização desse grão era voltada para alimentação humana. Como forrageira, nos Estados Unidos atigiu seu auge em 1940 chegando a dois milhões de hectares plantação (FERNÁNDEZ, 2007).

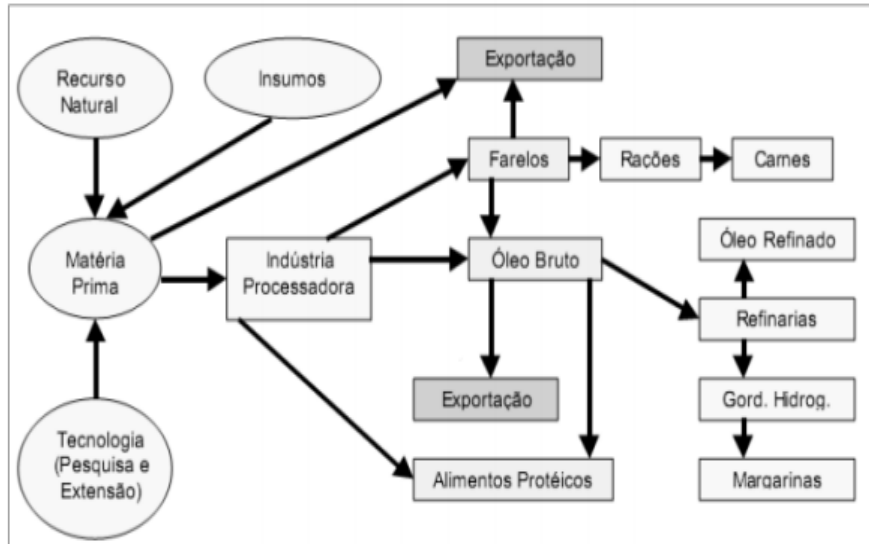
Em 1930, alguns imigrantes japoneses vieram ao Brasil e trouxeram sementes e iniciaram o cultivo no interior de São Paulo. Porém o primeiro registro de cultivo intenso da soja foi na região Sul, no Estado do Rio Grande do Sul, município de Santa Rosa, pela similaridade climática com a origem na região sul dos Estados Unidos (HASSE, 1996; EMBRAPA, 2003).

Segundo Christensen (2004), o cultivo da soja intensificou-se no interior do Rio Grande do Sul, onde o comerciante Frederico Orteman, de Santo Ângelo, exportou em 1938 três mil sacos de soja para a Alemanha, onde despertou o interesse de exportadores e industriários. Apesar de não haver relatos oficiais, a soja talvez tenha sido a primeira operação de internacionalização no Brasil. Através de pesquisas, naquela época existiam ações empreendedoras para a internacionalização de negócios, sendo a soja em especial, que anos depois veio a ser destaque nas exportações. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, intensificaram-se no Brasil as industrializações e exportações. Cresce o consumo de óleo vegetal o que aumenta o cultivo da soja. O Rio Grande do Sul, por exemplo, passou de 650 hectares nos anos 40 para 600 mil hectares na década de 70.

Os principais produtos derivados do soja são: o óleo e o farelo que possuem maior importância na produção final, além do grão in natura para exportação (matéria

prima). O processo de fabricação de óleo e farelo de soja possui as seguintes etapas de processamento, mostradas na Figura 1.

Figura 1. Derivados da Soja



Fonte: Fugati (2013, p48)

O processo inicia-se com o recebimento da soja que vem dos campos e armazéns para a fábrica. Após o caminhão passar por uma balança para aferir a quantidade de soja que será descarregada, ele passa pela classificação. Os parâmetros da classificação interferem e balizam todo o processo (MAPA, 2007). Os parâmetros segundo o MAPA (2007) são:

- Umidade: A umidade é mais importante nas análises realizadas na classificação, pois em excesso influencia no aumento da acidez e dos produtos de oxidação da soja;
- Impurezas: São consideradas impurezas quaisquer elementos que não façam partes dos grãos, como galhos, folhas e pedras;
- Avariados: São considerados avariados os grãos queimados e ardidos. Ardidos são os grãos que sofreram algum tipo de ação de microrganismos e adquirem assim uma coloração marrom. Queimados são os grãos que sofreram algum tipo de carbonização e adquirem uma coloração negra. O excesso de avariados pode influenciar na acidez, nas gomas não hidratáveis e nos produtos de oxidação da soja;
- Esverdeados: São considerados esverdeados os grãos que foram colhidos antes de seu tempo total de maturação e por isso possuem uma coloração verde. A

presença de grãos verdes pode influenciar nos teores de clorofila dos produtos da soja.

- Quebrados: São considerados quebrados aqueles grãos que sofreram algum tipo de quebra durante sua colheita ou armazenagem. Grande quantidade de quebrados também influencia de maneira negativa no beneficiamento da soja, por exemplo, o aumento de acidez.

3.2 RECEBIMENTO, SECAGEM E ARMAZENAGEM

Após a liberação do caminhão pela armazenagem, segue para recebimento onde os caminhões descarregam nas moegas para etapa da trituração dos grãos.

O sistema de pré-limpeza tem por objetivo retirar da soja as impurezas, de maneira a facilitar seu beneficiamento (BRAGATTO *et al.* 2001). Em seguida, passa pelo processo de secagem para retirada da umidade e evitar que aumente o índice de acidez.

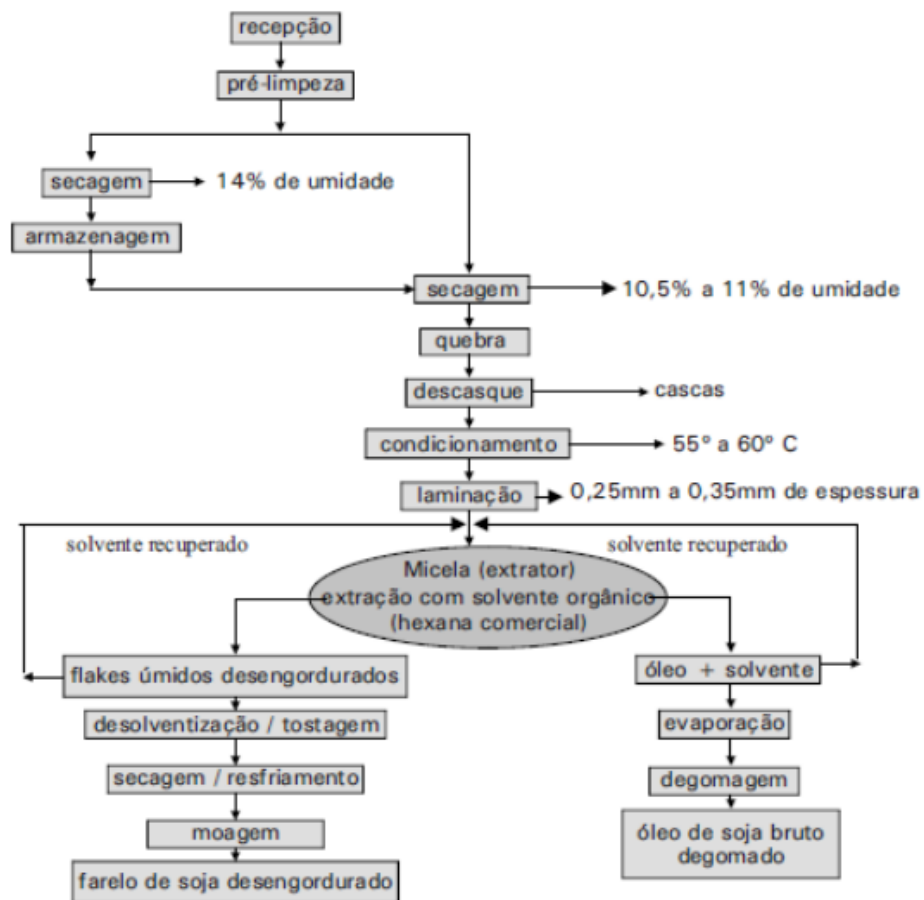
A temperatura dentro do armazém é controlada para que não surjam pontos quentes, que acabarão por fermentar, arder e até queimar os grãos (ALENCAR, *et al.* 2009).

3.3 PROCESSAMENTO

A moagem é a etapa de extrema importância para produção de farelo de soja e são divididas em duas partes: preparação e extração. A preparação tem por objetivo justamente preparar a soja para o processo de extração (MANDARINO, 2001).

A seguir um fluxograma (Figura 2) proposto por Mandarino (2001, p.19) demonstrando o processo como um todo.

Figura 2. Fluxograma da Produção do Farelo de Soja



Fonte: Mandarino (2001)

A soja recebida na planta é removida dos caminhões através de um tombador para uma moega de recepção. Desta, a soja é transferida para um silo pulmão do qual os grãos são levados a uma seção de pré-limpeza onde as impurezas são removidas. Subseqüentemente, as sementes são secas, se necessário, antes de serem transferidas aos silos de estocagem (DORSA, 2000).

No condicionamento o grão quebrado é aquecido com o objetivo de torná-lo maleável, para poder ser laminado. A relação entre a temperatura do condicionador e a umidade da soja é determinante para o resultado do processo (WANKA, 2008). O condicionamento de grãos tem a função de justamente condicionar a soja para a laminação (MENEZES, 2009). Esse contato com o calor acabará por cozinhar a soja fazendo com que a formação de finos seja reduzida, dar a massa (resultado do cozimento na redução dos fragmentos moídos) a elasticidade (liga ideal para continuação dos processo) correta para ser laminada e facilitar a liberação posterior do óleo presente nas sementes (WANKA, 2008).

Após o condicionamento ocorre a retirada de casca, caso o percentual de proteína do farelo seja alta. Segundo Dorsa *et al* (2000, p.25), as cascas são retiradas por meio de separadores por aspiração.

A soja descascada é acondicionada a 60°C e laminada passando entre rolos laminadores para aumentar a área de contato do produto com o solvente (Hexano). Depois de acordo com Theurer (1989), a extrusão é um processo de cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura (de 138 a 160°C) e pressão de 20 a 40 atm, durante 30 segundos ou menos. Ao passar pelo orifício, a diminuição súbita da pressão faz com que o grão se expanda e re-hidrate, causando a gelatinização do amido e aumentando a superfície do grão sujeita ao ataque microbiano, resultando em maior digestão ruminal do amido (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Essa massa de farelo é encaminhando para a lavagem com o solvente (Hexano) retirando o percentual de óleo presente. Após a lavagem, o resíduo (lex) que é o farelo branco possui seu teor de óleo 0,5% não podendo ultrapassar de 1%, o farelo é encaminhado para o dessolventizador para a retirada do solvente presente.

Esse procedimento acontece em um equipamento conhecido como DT (dessolventizador – tostador), já que após a dessolventização o farelo será tostado. Essa tostagem é importante para eliminar quaisquer atividades enzimáticas indesejadas (BELLAYER, 2012).

3.4 PROTEÍNAS NO FARELO DE SOJA

Com uma composição química quase completa, a soja é um alimento essencialmente fornecedor de proteínas, ácidos graxos saturados e insaturados e algumas vitaminas, além de possuir compostos polifenólicos, como as isoflavonas (AVILA, 2007). As proteínas de soja constituem o maior componente das dietas para o desenvolvimento animal. A proteína de soja apresenta todos os aminoácidos essenciais requeridos para alimentação humana ou animal: isoleucina, leucina, lisina, metionina e cisteína, fenilalanina e tirosina, treonina, triptofano, valina e histidina.

As propriedades funcionais das proteínas podem ser agrupadas em três grandes categorias: propriedades de hidratação, propriedades relacionadas com as interações proteína-proteína e as propriedades de superfície. As propriedades de hidratação dependem principalmente da interação proteína-água. Dentro desta categoria estão

absorção, retenção de água, inchamento, adesão, viscosidade, dispersibilidade e solubilidade. Quanto às propriedades associadas às interações entre as moléculas protéicas incluem-se a precipitação e formação de gel e outras estruturas, como massas e fibras. O grupo pertencente às propriedades de superfície está relacionado com a tensão superficial, como por exemplo, a capacidade de formar e estabilizar espumas e emulsões. As interações hidrofóbicas, são responsáveis pela estabilização da estrutura nativa o que leva a origem da hidratação, onde provoca um aumento no ordenamento estrutural das moléculas de água e uma diminuição na entropia do sistema. Essas interações hidrofóbicas dependem da temperatura, fortalecem em altas e se desestabilizam em baixas temperaturas. O efeito do aquecimento sobre a proteína pode ser diversos como: a quantidade de água retida pode diminuir ou aumentar. Se o tratamento térmico acarretar na desnaturação protéica seguida de agregação, a capacidade da interação com a água diminuirá. Porém, se o aquecimento conduzir à dissociação de uma macromolécula complexa e à desnaturação parcial, a quantidade de água absorvida pode aumentar. A velocidade e extensão de absorção de água dependem também do tamanho da partícula e da porosidade das proteínas hidratadas (CHEFTEL *et al.*, 1993).

Praticamente todos os alimentos são sistemas hidratados, nos quais a água é usualmente o componente majoritário. As interações proteína-água são extremamente importantes na aplicação de proteínas em sistemas alimentares, pois afetam as características de solubilidade, critério considerado essencial para as propriedades físico-químicas das proteínas (DAMODARAN, 1997).

A solubilidade de uma proteína é a manifestação termodinâmica do equilíbrio entre a interação proteína-proteína e proteína-solvente e está relacionada ao balanço de hidrofiliabilidade/hidrofobicidade de sua superfície, sendo solúveis em água quando as forças eletrostáticas repulsivas são maiores que as interações hidrofóbicas atrativas. As características de solubilidade estão relacionadas à composição da superfície da proteína e termodinâmica das interações com o solvente (DAMODARAN, 1997; AÑÓN; SORGENTINI; WAGNER, 2001).

As proteínas são sensíveis à ação do calor que causa a desorganização das cadeias peptídicas. Entretanto, por ter em sua base moléculas orgânicas as proteínas estão suscetíveis à desnaturação, processo que consiste na quebra de suas estruturas secundárias terciárias e quaternárias quando submetidas à aquecimento, agitação, radiação ou forças iônicas, o que acarreta na redução do seu coeficiente de

solubilização (FIB, 2012). O tratamento térmico do farelo de soja, além de inativar os fatores antinutricionais, com o rompimento da estrutura terciária das proteínas, conseqüentemente melhora sua digestibilidade. Segundo WANG *et al.* (1997), para se ter uma melhoria na qualidade nutricional do farelo de soja depende da temperatura, do tempo de tratamento térmico e do teor de umidade.

Um efeito importante e frequentemente observado do processamento de alimentos é a redução da qualidade nutritiva das proteínas. A desnaturaçãõ das proteínas e a redução na disponibilidade de aminoácidos por reticulaçãõ, racemizaçãõ, degradaçãõ e formaçãõ de complexos com açúcar podem resultar em perda de digestibilidade. Portanto, ao tentar estimar a qualidade da proteína, um dos primeiros fatores que devem ser avaliados é sua digestibilidade. De modo geral, esse fator de digestibilidade é avaliado indiretamente por meio do índice de solubilidade protéica em KOH, índice de solubilidade de N e índice de dispersibilidade de proteína PDI. Predominando na indústria produtora de farelo de soja o primeiro desses indicadores (CAPRITA *et al.*, 2010b).

A digestibilidade do alimento é, a capacidade de permitir que o que o animal utilize, em maior ou menor escala, seus nutrientes. Essa capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, em que devem ser respeitadas as diferenças entre ruminantes e monogástricos (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979). A digestão é um processo de conversão de macromoléculas do alimento para compostos simples que podem ser absorvidos em alguns locais do trato gastrintestinal. As medidas de digestibilidade têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de sistemas que descrevem o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

3.5 ANÁLISES DE PROTEÍNAS

A qualidade de proteínas no farelo de soja esta ligada a retirada de fatores antinutricionais e a otimização da digestão protéica. Hoje, o mercado se preocupa com resultados de PDI (Proteínas Dispersível) seguido da Proteína Solúvel e Proteína Total.

As análises de digestibilidade da proteína e biodisponibilidade de seus aminoácidos seja *in vitro* ou *in vivo* são complexas e de difícil execução em operações

de rotina. Portanto, são substituídas por testes indiretos, como índice de urease, PDI, índice de solubilidade de N e solubilidade protéica em KOH. Embora o teste da urease seja feito rotineiramente, os resultados não se correlacionam bem com o desempenho animal, pois os resultados indicam que não pode ser utilizado para a avaliação de superprocessamento (CAPRITA *et al.*, 2010 a). O índice de qualidade mais utilizado no Brasil é o índice de urease acompanhado pela solubilidade em KOH como indicador de superprocessamento.

A proteína solúvel foi reconhecida como um dos melhores métodos para avaliar sub ou superprocessamento do Farelo de Soja, esse método tem sido recomendado (ANFAR, 1998). A medida que se aumenta o tempo ou a temperatura do processamento, as proteínas da soja tende a sofrer influência no tratamento térmico. Quando ocorre a redução da solubidade da proteína, resulta em menor digestibilidade. (LIMA *et al.*, 2011). Pesquisas que comparam a solubilidade das proteínas com outras medidas de qualidade proteica indicam que as solubilidades de KOH entre 78 e 84% são ótimas para o desempenho animal. Valores variando de 84 a 89% são considerados subprocessados e podem ser aceitáveis para animais mais velhos, enquanto valores abaixo de 74% são superprocessados e terão reduzida digestibilidade da lisina (DOZIER e HESS, 2011).

Porém, Anderson-Haferman *et al.* (1992) concluiu que este ensaio não foi muito preciso para avaliação do subprocessamento de farelo de soja.

Por outro lado, o índice de dispersibilidade de proteína (PDI) tem sido utilizado na indústria de rações há mais de 25 anos, mas só recentemente foi alvo de atenção como um método para distinguir a qualidade do farelo de soja para uso alimentar. O PDI refere-se à quantidade de proteína de farelo de soja dispersa em água após a mistura de uma amostra de farelo de soja em água com um misturador de alta velocidade (SWICK, 2001).

Proteína Dispersível significa absorção, ou seja, proteína absorvida pelos animais. É um método considerado útil na identificação do processamento correto por ser mais consistente. Segundo Dorsa (2000), o índice de proteína dispersível é controlado durante o processo de dessolventização. Este método é frequentemente usado em ruminantes e nutrição humana para monitorar o processamento térmico ideal de produtos de soja, ele mede a solubilidade proteica em água com alta velocidade.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

Para o desenvolvimento da pesquisa, definiu-se a coletadas (4) quatro amostras de cada processo operacional por sequência da produção: Soja a ser processada, depois a mesma soja a ser processada quando passar pelo processo de laminação, em seguida processo da extrusão, farelo desengordurado (lex) e por fim farelo dessolventizado.

As análises foram realizadas no laboratório físico-químico na indústria Cooperativa COAMO, unidade de Campo Mourão-PR, dispondo de todo recursos e equipamentos disponíveis como: Balança Analítica, Estufa a 100°C, Hamilton Beach Comercial Liquidificador, Centrífuga, Agitador Magnético, Folha fina de estanho nº502-397-400, Waring copo liquidificador, Equipamento Dumas Leco FP628, Barra magnética, balão volumétrico de 100ml, Solução hidróxido de potássio 0,036%N e Erlermeyer.

4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

Todas amostras coletadas passam pelo moinho com refrigeração e malha de 20 ou 40 mesh.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Todas as análises, tem por objetivo a identificação da solubilidade e dispersibilidade das proteínas para monitorar o grau de tratamento térmico aplicado aos produtos proteicos da soja e absorção parcial das proteínas pelos animais. De acordo com a Metodologia da AOCS (1980a,b) (American Oil Chemists Society) as análises realizadas será: o índice de proteína dispersível (PDI), índice de proteína solúvel (NSI) e proteínas totais.

4.3.1 Índice de Proteína Solúvel (%)

A análise de Solúvel tem por objetivo identificar a biodisponibilidade das proteínas além de verificar o superprocessamento do farelo de soja, no qual foram pesado 2g da amostra previamente moída e passada em malha de 20 ou 40 mesh em moinho com refrigeração, transferido para um erlenmeyer de 250mL com a boca esmirilhada e tampa, em seguida adicionou-se com o auxílio de balão volumétrico de 100mL, a solução de KOH 0,036N. Após a agitação, decanta por 15 min. Em seguida realizou-se a centrifugação utilizando dois tubos de ensaio de 15mL. Pipeta 1,5 mL da amostra e transfere para uma folha fina de estanho nº 502-397-400. Leva para estufa regulada a 100°C até eliminação total de toda água, por cerca de 50min. Retira a folha fina de estanho da estufa e dobre com cuidado para não perder a amostra. Coloca-se a folha fina de estanho no Dumas, e identifica o peso da amostra como 0.03g que equivale a 1,5mL.

$$\text{SOLUBILIDADE} = \frac{\text{Proteínas solúveis}}{\text{Proteínas Totais}} \times 100 \quad (1)$$

4.3.2 Índice de Proteína Dispersível (%)

A análise de PDI é utilizada na indústria para identificação da absorção das proteínas e o grau de superprocessamento. Deve-se pesar 20g da amostra, verte 50mL de água destilada no copo do misturador Hamilton Beach Comercial Liquidificador e deixar descansar por 5 minutos. Preenche-se com um balão volumétrico de 250mL e verte no copo do misturador, deixando agitar por 10 minutos a 8,500 rpm. Aguarda decantar e insere em um tubo de ensaio de 15mL e centrifugar durante 15 minutos. Pipeta 1,5 mL da amostra e transfere para uma folha fina de estanho nº 502-397-400. Leva para estufa regulada a 100°C até eliminação total de toda água. Retira a folha fina de estanho da estufa e dobre com cuidado para não perder a amostra. Coloca-se a folha fina de estanho no Dumas e identifica o peso da amostra como 0,12g que equivale a 1,5mL.

$$\text{DISPERSÍVEL} = \frac{\text{Proteínas dispersível}}{\text{Proteínas Totais}} \times 100 \quad (2)$$

4.3.3. Proteínas Totais (%)

A determinação de proteína do farelo de soja é realizada pelo aparelho Dumas Leco FP628 onde a amostra é pesada de 0,1950g a 0,2050g em uma folha fina de estanho nº 502-397-400, que será depositada no aparelho e em seguida será queimada em uma atmosfera rica em oxigênio e em altas temperaturas, os gases resultantes são analisados. Essa análise tem por objetivo avaliar o resultado da proteína bruta total.

4.5 ANÁLISE ESTÁTICA

Os dados foram tratados pela análise do teste de Tukey, ao nível de significância 5 % ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1, demonstram as quantidades das proteínas presentes e a desnaturação que ocorreu durante o processamento do farelo de soja diante das metodologias aplicadas. A Figura 3 apresenta as amostras recolhidas em cada etapa do processo produtivo analisado.

Tabela 1. Resultados entre as médias e desvio padrão das análises físico-químicas de proteínas dispersível, solúvel e total, seguida das amostras de cada processo (Soja in natura, laminação, expander, lex e farelo DT) até a obtenção do farelo de soja.

Etapas do processo	PROTEÍNAS (%)		
	Total	Solúvel	Dispersível
SOJA	36,29 ^a ± 0,27	70,41 ^{ab} ± 1,20	62,00 ^a ± 1,30
LÂMINA	37,59 ^a ± 0,41	78,69 ^b ± 2,24	69,28 ^b ± 1,07
EXPANDER	37,40 ^a ± 0,50	72,68 ^{ab} ± 7,48	54,34 ^c ± 3,93
LEX	48,18 ^b ± 0,76	69,69 ^{ab} ± 11,18	58,47 ^{ac} ± 0,36
DT	44,56 ^c ± 0,59	60,31 ^{ab} ± 2,04	12,66 ^d ± 1,31

Figura 3. Imagens que representam o estado da matéria-prima em cada etapa do processamento



A transformação da soja in natura em soja laminada que leva a um aumento do teor de proteína na massa quando se toma como referência o Índice de Proteína dispersível e solúvel. Também é observado a transformação da massa laminada para massa expandida com a diminuição das proteínas na análise de proteína dispersível, tendo como referência o mesmo parâmetro analítico. No caso da transformação da soja in natura em soja laminada temos a retirada da casca que é pobre em proteínas

fato que justifica essa observação. No caso da expansão da massa, por se tratar de um processo térmico acompanhado da mudança característica na cor do produto, se deduz que a redução de proteínas seja consequência de reações de Maillard. A tendência na análise de PDI não é observada quando se utiliza a análise de nitrogênio total e é duvidosa quando a referência é o Índice de Proteína Solúvel em KOH.

Por outro lado, a passagem da soja expandida pelo sistema de extração, com a consequente retirada do óleo de dentro da massa e aumento do teor proteico, somente fica inequívoco quando a referência é a análise de nitrogênio total. Tanto a análise de Proteína solúvel em KOH quanto o PDI não refletem esse fato.

As transformações provocadas pela passagem do lex através do sistema denominado DT são claramente espelhadas pelas análises de nitrogênio total e PDI. Observe-se que o desvio padrão do Índice de Proteína Solúvel em KOH é muito significativo 16 % da média da análise. É nesta etapa do processo que as perdas de proteína são mais significativas se tomando como baliza a análise de PDI, isto pode ser justificado pelo uso de vapor direto e vapor indireto, que tem por função remover todo solvente e tostar o produto para desativar os fatores antinutricionais, ou seja, processos térmicos com efeito direto sobre a qualidade e quantidade de proteínas disponíveis na massa.

Em relação a análise de nitrogênio total observa-se que sua fidelidade as mudanças acontecidas com a massa proteica e a concentração da mesma somente é refletida nos processos de extração do óleo e tratamento térmico no DT. Isto pode ser consequência da inerente fragilidade do ensaio ao fator humano (operador) nas etapas de preparação de amostras.

Ao longo dos anos, várias técnicas foram utilizadas para medir a qualidade da proteína dos produtos vegetais. Contudo, as técnicas mais utilizadas na prática mudaram à medida que as comparações baseadas em pesquisas das outras técnicas lançaram luz sobre os méritos relativos de cada uma delas. Atualmente, a técnica analítica mais comumente usada para medir a qualidade do farelo de soja é a solubilidade das proteínas em KOH combinada com o teste de uréase. De modo geral, a solubilidade do KOH diminui à medida que o grau de tratamento térmico associado ao processamento da soja aumenta (DOZIER; HESS, 2011).

Entretanto, diversos estudos revelam que a análise de proteína solúvel em KOH não tem a precisão e a repetibilidade necessária, além de não apresentar uma correlação clara com digestibilidade e biodisponibilidade da proteína, e o desempenho

de crescimento dos animais alimentados com farelo. Assim, outro método que está sendo sugerido é o índice de proteína dispersível PDI, onde há verificação de diferenças significativas entre os processos (LEE *et al.*, 2007; BATAL *et al.*, 2000; KARR-LILIENTHAL, 2004). Nos experimentos desta pesquisa esse parâmetro (PDI) apresentou o comportamento esperado ao longo dos processos com exceção da extração ou produção do lex onde teoricamente deveria ter sido observado a diminuição de seu valor em função da extração do óleo da matriz proteica.

Por outro lado, a decaída do valor de proteína na dessolventização em relação ao processo de tostagem é esperada, pois o equipamento é projetado para desnaturar qualquer fator antinutricional presentes no lex por meio de tratamento térmico. Contudo, como já citado anteriormente se as temperaturas forem muito baixas, alguns fatores antinutricionais podem não ser completamente destruídos e se as temperaturas de tostagem utilizadas forem muito altas, podem ocorrer danos nos nutrientes (ARABA; DALE, 1990; SWICK, 2001). Segundo Caprita *et al.*, (2010), o método de proteína dispersível (PDI) é mais consiste para a verificação de subaquecimento e superaquecimento e conseqüentemente a identificação de um farelo com boa digestibilidade.

Para isso, vários estudos foram realizados para comprovação dessa metodologia, pois alguns autores como Swick, *et al.*, (2000), relataram que o superaquecimento diminui a digestibilidade e o fator de conversão em proteína do farelo de soja pelos animais. Este fato parece estar relacionado a reação de Maillard e a formação de ligações cruzadas em menor grau.

Segundo a pesquisa realizada por Pope *et al.*, (2007) avaliou o efeito do processo de DT sobre a digestibilidade da proteína se avaliou o efeito da espessura da camada de lex tratado (entre 11,4 e 20,3 cm) dentro do dessolventizador tostador, seus indicadores analíticos e sua relação com a digestibilidade de aminoácidos por meio de ensaios in vivo com aves de capoeira. Os resultados mostraram que o índice de atividade ureática indica processamento adequado somente para leitos com espessura superior a 17,8 cm, enquanto o índice de proteína solúvel sugere que leitos com menos de 14 cm foram adequadamente processados e leitos maiores de 15,2 cm foram superprocessados. Por outro lado, os testes in vitro com galos cecectomizados mostram claramente que a digestibilidade aumenta com a espessura do leito. O único indicador analítico que acompanha o teste in vitro é o ensaio de PDI.

Lee *et al.* (2007) avaliaram o desempenho e crescimento de porcos alimentados com farelo de soja tratados sob condições de tratamento térmico. Os autores utilizaram metodologias como a IAU, NSI e PDI, e obtiveram resultados que indicam que o valor analítico da Proteína Dispersível (PDI) em relação ao tratamento térmico foi muito mais correlativo com a qualidade *in vivo* do que a o Índice de Atividade Ureática (IAU). Em relação ao Índice de Proteína solúvel em KOH o valor do PDI parece ser mais sensível as alterações ocasionadas pelo tratamento térmico, contudo os autores sugerem que sejam usados em conjunto esses dois parâmetros analíticos para avaliação da qualidade da proteína.

Outro estudo realizado por Qin *et al.*(1996) revelou que, após compararem medidas analíticas de controle de processamento (atividade de inibidor de tripsina, atividade ureática, lecitina e PDI) e de digestibilidade (N total, matéria seca -DM e gordura bruta CFAT) encontraram que entre os critérios analíticos, o PDI apresentou os maiores coeficientes de correlação negativos para a digestibilidade de N ou DM ou CFAT, indicando que o PDI pode ser um indicador importante para o processamento adequado da soja, em relação à melhoria da digestibilidade dos nutrientes. Porém, isto provavelmente só é válido sob condições nas quais os produtos estejam subprocessados ou adequadamente processado, uma vez que a digestibilidade dos nutrientes pode diminuir com a redução do PDI em condições superaquecidas.

Essa pesquisa relatou visivelmente que o PDI fornece um resultado mais consistente, linear e previsível para a aplicação do tratamento. O PDI pode ser mais útil na identificação de farelo de soja que foi processado corretamente, pois segundo o estudo realizado por Caprita *et al.*,(2010) todas as análises que determinam com precisão o aquecimento e a retirada de fatores antinutricionais através de análises físico-químicas são: a atividade ureática, proteína solúvel e a proteína dispersível.

Diante do estudo, afirmou que para a verificação do processamento do farelo de soja adequado, a análise de proteína dispersível é mais precisa por determinar melhor método de avaliação da soja para ambos, sob aquecimento e superaquecimento, já a solubilidade de KOH é um bom índice para determinar processamento de farelo de soja, mas não é um índice sensível para monitoramento sob processamento de farelo de soja. Diante dessa pesquisa o método em KOH não foi preciso, por não identificar tanta variação, pois Batal *et al.* (2000) também observaram que para tempos mais longos de tratamento térmico há uma certa flutabilidade ou incerteza nas medidas do índice de proteína solúvel em KOH.

Para melhor qualidade, deve-se notar que o tempo de ação da temperatura, aquecimento e quantidade de vapor inserido no farelo, ocorre desnaturação da proteína, mas o processo ainda torna-se necessário para desativação dos fatores antinutricionais e a eliminação de salmonella. Verificou-se que se reduzir a temperatura do DT, pode ocorrer a elevação da média do PDI e mantendo o valor da solubilidade dentro dos parâmetros estabelecidos conseqüentemente. Por outro lado, Becker (1983) apresenta outros dois tipos de sistemas para os quais é possível exercer o controle sobre as variáveis que afetam o valor do PDI. Estes sistemas (Dravo DT modificado e EMI Flash) tem em comum o controle fino dos três parâmetros: tempo, temperatura e umidade, permitindo a produção de farelo com PDI variando entre 10-90%. Cabe destacar que a preocupação de obter produtos com valor de PDI elevado se restringia, na época do artigo, a proteína de soja para uso em alimentos industrializados para consumo humano.

As pesquisas de Engram *et al.* (1999) e Batal *et al.* (2000) correlacionaram o crescimento de pintos com vários métodos de avaliação da qualidade do farelo de soja em refeições que foram tratadas termicamente. Os resultados indicam que o índice de dispersibilidade da proteína é uma medida adequada da qualidade do farelo de soja e forneceu melhores resultados do que os ensaios de atividade da urease ou solubilidade de proteína em KOH. Assim, concluem que índices de dispersibilidade de proteínas de 40 a 45% indicam um farelo de soja que não é super ou subprocessado. Os autores sugerem que o índice de dispersibilidade da proteína (PDI) pode fornecer uma imagem precisa do processamento da soja se associado a outro teste analítico, como o teste da urease.

Todas as pesquisas anteriores reforçam o fato de que o tratamento térmico sofrido pela massa proteica no DT, apesar de necessário, tem um efeito fortemente negativo sobre a digestibilidade da proteína quando há excesso nesse tratamento, seja por tempo, temperatura ou perfil de umidade ao longo dos pratos do equipamento.

Diante dos resultados apresentados na (Tabela 1) e das pesquisas citadas fica evidente, mesmo não tendo feito o acompanhamento de desempenho *in vitro* ou *in vivo* da qualidade da proteína, que a variável analítica de processo PDI representa melhor as alterações sofridas pela massa proteica ao longo do processo industrial em relação ao Índice de Proteína solúvel em KOH, pois diante das Recomendações da Associação Nacional de Processadores de Soja indica que um PDI de 15% a 30% é

um farelo processado adequadamente com boa digestibilidade e Portaria nº 7 de nov de 1988 em KOH é recomendado 80% de proteínas é um farelo ideal.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que, diante dos métodos utilizados na identificação da desnaturação das proteínas, a análise em hidróxido em KOH 0,02% (Proteína Solúvel) e de nitrogênio (Proteínas Totais) não mostrou um método eficaz para identificação da desnaturação proteica, por não representar diferença entre os tratamentos do teste diante das ações sofridas pelas etapas do processo. Já o índice de proteína dispersível, revelou resultados significativos para indicar um farelo de alta qualidade que foi adequadamente processado a quente e indicativo de boa digestibilidade.

Portanto, adotar esse procedimento aumentará a utilidade do farelo de soja e, por sua vez, em maior lucro para os produtores de ração, pois a análise de PDI (Proteína Dispersível) tem a sensibilidade e a confiabilidade de monitorar esse o processamento adequado. Diante do estudo realizado, o farelo foi processado em excesso, por isso há uma redução drástica no resultado da amostra farelo DT. Este processo dispõe do tratamento com vapores direto e indiretos e uma elevada temperatura, sendo feito em excesso conduz a maiores perdas de nutrientes. Porém esta análise é novidade para algumas indústrias e deve ser estudada com maior profundidade a fim de melhorar a fabricação nos processamentos do farelo de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A SOJA. História, tendências e virtudes. Revista Funcionais e Nutracêuticos, n. 0, p. 28-40, 2007. Disponível em: <<http://www.insumos.com.br/funciona>>. Acesso em: 25 de Abril, 2018.

A.O.C.S, 2004 – AMERICAN OIL CHEMISYS SOCIETY – AOCS - Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society.

ALENCAR, E. R., ET ALL., **Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.5, p.606–613, 2009. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n5/v13n05a14.pdf>. Acesso em: 10 de Maio, 2018.

ANFAR. **Solubilidade Protéica em KOH 0,2%**. In: Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal - Métodos Analíticos. p.31,1998

AÑON, M.C., SORGENTINI, D.A., WAGNER, J. R. **Relationships between Different Hydration Properties of Commercial and Laboratory Soybean Isolates**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 49, p. 4852-4858, 2001.

ARABA, M.; DALE, N. M. **Evaluation of protein solubility as na indicator of overprocessing of soybean meal**. Poult. Sci. 1990, 69, 76-83.

ÁVILA, M. R. et al. **Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja**. Rev. bras. sementes, Londrina, v. 29, n. 3, 2007. Disponível em . Acesso em: 15 de Abril, 2018.

BATAL, A. B., M. W. DOUGLAS, A. E. ENGRAM, AND C. M. PARSONS. 2000. **Protein Dispersibility Index as an indicator of adequately processed soybean meal**. Poult. Sci. 79:1592-1596.

BECKER, K. W. (1983), **Current trends in meal desolventizing**. J Am Oil Chem Soc, 60: 216-219. doi:10.1007/BF02543486.

BELLAVER, C. ET ALL, **Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves**, Revista Atividade Rural, 2012. Disponível em: <atividaderural.com.br/artigos/4fbd536fbcfb5.pdf>. Acesso em: 10 de Abril, 2018.

BRAGATTO, S. A. ET ALL, **Otimização do Sistema de Armazenagem de Grãos: Um estudo de caso**, Revista Produção on line, Vol. 1, num. 1. Outubro de 2001. Disponível em: <producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/587/631>. Acesso em: 20 de Maio, 2018.

BRASIL, INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 11, , MAPA, 2007. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/soja_in_11_07.pdf>. Acesso em: 20 de maio, 2018.

BRASIL. **PORTARIA 795**: Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do farelo de soja 15 dez 1993.

BRASIL. **Resolução CNNPA nº 14 , de 28 de junho de 1978**. Aprova “Regulamento de farinha desengordurada de soja, proteína texturizada de soja, proteína concentrada de soja, proteína isolada de soja e extrato de soja” Orgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/14_78.htm>. Acesso em: 21 de Outubro, 2017.

CAPRITA R., CAPRITA, A., ILIA, G., CRESTESCU, I., and SIMULESCU, V. O. (2010): **Protein Solubility as Quality Index for Processed Soybean**, San Francisco, USA., Disponível em: <<file:///C:/Users/polyr/Downloads/Caprita%202010b.pdf>> Acesso em: 30 de Maio, 2018.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; CRANCIANINOV, W. S.; MANDARINO, J. M. G. **Índice de solubilidade de nitrogênio e índice de dispersibilidade de proteína, em cultivares de soja semeadas em Londrina e Ponta Grossa**, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 132-133.

CHEFTEL, J. C., CUQ, J. L., LORIENT, D. Aminoácidos, péptidos y proteínas. En Química de los Alimentos. Director O.R. Fennema, Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. Capítulo 5, p. 275-414, 1993.

CHEFTEL, J.C. **Nutritional effects of extrusion-cooking**. Food Chem. 20:263, 1986.

CHRISTENSEN, T. N. da S. **Soja 80 anos de produção 1924 – 2004**. Santa Rosa. Lugano Cultura e Marketing, 2004.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

DALL’AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p. (Circular Técnica, 43)

DAMODARAN, S. Food proteins: An overview. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. (Ed). **Food proteins and their applications**. New York, Marcel Dekker, Inc. 1997. Cap. 1, p. 1-24.

DORSA, R. **Tecnologia de Processamento de Óleos e Gorduras Vegetais e Derivados** São Paulo: Renato Dorsa, 3.ed, 2000.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 14 de março, 2009.

Food Science and Technology, vol. 134, n. 3–4, 2007, p. 337-346.

FERNÁNDEZ, A. J. C. Do Cerrado à Amazônia: **As estruturas sociais da Economia da soja em Mato Grosso**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

FIB, **Food Ingredientes Brasil**. Revista n. 22 – 2012. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/245.pdf>> Acesso em: 02 de Abril, 2018.

HASSE G. O. **O Brasil da soja abrindo Fronteiras Gerando Cidades**. Porto Alegre LPM 1996.

HEIDENREICH, E. **Operation strategies for expansion cooking**. Feed Mix, v.2, p.32-34, 1994.

HERMANSSON, A. M. **Methods of studying functional characteristics of vegetable proteins**. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Champaign, v. 56, n. 3, p. 272-278, 1979.

LEE, H. S. *et al.* **Comparison of laboratory analytical values and in vivo soybean meal quality on pigs by employing soyflakes heat-treated under different conditions**.

LIENER, I.E. **Implication of antinutritional components in soybean foods**. *Critical Review of Food Science Nutrition*, v.34, p.31-67, 1994. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8142044>>. Acesso em: 13 de Outubro, 2017.

LIMA, M.R.; MORAIS, S.A.N.; COSTA, F.G.P. *et al.* **Atividade ureática**. Revista eletrônica Nutritime, v.8, p.1606-1611, 2011.

MANDARINO, J. M. G., **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**, Embrapa, Londrina, 2001. Disponível em: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf>. Acesso em: 02 de Abril, 2018.

MENDES, W.S. *et al.* **Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.56, p.207-213, 2004.

MENEZES, M ., **Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja**, *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, n.12, p.1716-1723, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n12/v44n12a22.pdf>>. Acesso em: 20 de Maio, 2015.

PARAÍSO, P.R. **Modelagem e análise do processo de obtenção do óleo de soja**. Campinas, 2001, 200 p. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas (Unicamp), Campinas.

POPE, L. L. *et al.* **Altering the bed depth in the desolventizer/toaster (DT) used in soybean meal preparation affects protein quality and amino acid digestibility by**

cecectomized roosters. *Animal Feed Science and Technology*, vol. 133, n. 3–4, 2007, p. 275-285.

PROCESSAMENTO DA SOJA E SUAS IMPLICAÇÕES NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E AVES Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_x5k97v3r.pdf> Acesso: 30 de Maio, 2018.

QUIN, G., (1996) **Processing soybeans of different origins**, Wageningen, Disponível em: <<file:///C:/Users/polyr/Downloads/Qin%201996.pdf>> Acesso: 30 de Maio, 2018.

ROBERTO, **Proteínas na alimentação animal.** Disponível em: <http://www.dzo.ufla.br/Roberto/proteinas_alimentacao_animal.pdf> Acesso em: 02 de Abril, 2018.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. **Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn.** *Journal of Animal Science*, Champaign, v.63, n.5, p.1607-1623, Nov. 1986.

SARTORI, A.E.R. **Modelagem, simulação e controle de um secador rotativo industrial.** Maringá, 2001, 92 p. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento de Processos), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá (UEM), agosto, 2001.

SWICK, R.A; Ph.D. **An Update on Soybean Meal Quality Considerations**, Singapore, April 2001.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WANG, S. H.; BIET, K. R. A.; BARROS, L. M.; SOUZA, N. L. **Efeito da proporção soja: água e aquecimento sobre rendimento e qualidade proteica do leite de soja.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n. 10, p. 1059-1069, 1997.

WANKA, M. L., MANUAL PARA PREPARAÇÃO, **Armazém de soja até a extração, bunge alimentos,** 2008. Disponível em: <<http://s3.amazonaws.com/pptdownload/manualpreparacao soja-extraov2008>>. Acesso em: 02 de Maio, 2018.