

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CÂMPUS DE ERECHIM  
DEPARTAMENTO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**MATEUS BAPTISTA NUNES**

**TEXTURA INSTRUMENTAL DE TOFU DAS CULTIVARES DE SOJA VMAX E BRS  
267 COAGULADOS COM FLOR DO CARDO**

**ERECHIM – RS**

**2020**

**MATEUS BAPTISTA NUNES**

**TEXTURA INSTRUMENTAL DE TOFU DAS CULTIVARES DE SOJA VMAX E BRS  
267 COAGULADOS COM FLOR DO CARDO**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do grau de Engenheiro de  
Alimentos, Departamento de Ciências  
Agrárias da Universidade Regional  
Integrada do Alto Uruguai e das  
Missões – Campus de Erechim.**

**Orientadoras: Jamile Zeni e Juliana  
Steffens**

**ERECHIM – RS**

**2020**

**MATEUS BAPTISTA NUNES**

**TEXTURA INSTRUMENTAL DE TOFU DAS CULTIVARES DE SOJA VMAX E BRS  
267 COAGULADOS COM FLOR DO CARDO**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do grau de Engenheiro de  
Alimentos, Departamento de Ciências  
Agrárias da Universidade Regional  
Integrada do Alto Uruguai e das  
Missões – Campus de Erechim.**

Erechim, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Jamile Zeni  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

---

Profa. Dra. Juliana Steffens  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

---

Profa. Dra. Ilizandra Aparecida Fernandes  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

---

Prof. Dr. Alexander Junges  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

## RESUMO

O tofu é um produto obtido da coagulação de extrato hidrossolúvel de soja, considerado um alimento não fermentado, nutritivo e de fácil digestão. Para sua coagulação podem ser utilizados coagulantes vegetais como extratos de frutas e flores. Uma das características importantes deste produto é a textura pois apresenta um papel importante na qualidade. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi elaborar tofus das cultivares de soja Vmax e BRS 267 coagulados com flor do cardo e cloreto de magnésio e determinar a textura no 1º, 7º e 14º dia de armazenamento. Os tofus foram avaliados quanto as propriedades reológicas (dureza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade). A cultivar BRS 267 coagulada com cloreto de magnésio apresentou os maiores valores para todos os parâmetros de textura avaliados em praticamente todos os dias de armazenamento, quando comparados aos da Vmáx e em relação aos coagulados com flor do cardo para as duas cultivares (Vmáx e BRS). A cultivar Vmáx coagulada com flor do cardo apresentou os menores valores em relação aos parâmetros avaliados. A partir dos resultados pode-se inferir que o tofu elaborado com cultivar BRS 267 coagulada com cloreto de magnésio apresentou as melhores características de textura, sendo o mais duro (firme), coeso e conseqüentemente mais elástico, quando comparados com o coagulado com a flor do cardo. No entanto, as cultivares BRS 267 e Vmáx podem ser utilizadas para elaboração do tofu utilizando como coagulante o cloreto de magnésio. Apesar dos tofus coagulados com flor do cardo não apresentar uma textura firme, que é esperada de um “queijo tofu”, este produto poderia ser uma nova opção de alimento no mercado, podendo ser consumido como um requeijão ou similares. Também foi observado que quanto menor a dureza, a mastigabilidade, adesividade menor a força para desintegrar o produto, conferindo a este produto uma textura menor.

**Palavras chaves:** extrato hidrossolúvel de soja, soja geneticamente modificada, coagulantes vegetais, textura, tofu.

## ABSTRACT

Tofu is a product obtained from the coagulation of water-soluble soy extract, considered a non-fermented, nutritious and easily digestible food. Vegetable coagulants such as fruit and flower extracts can be used to coagulate them. One of the important characteristics of this product is the texture as it plays an important role in quality. In this sense, the objective of the present study was to prepare tofus from the soybean cultivars Vmax and BRS 267 coagulated with thistle flower and magnesium chloride and to determine the texture on the 1st, 7th and 14th day of storage. Tofus were evaluated for rheological properties (hardness, adhesiveness, cohesiveness, elasticity, guminess and chewability). The cultivar BRS 267 coagulated with magnesium chloride showed the highest values for all texture parameters evaluated in practically every day of storage, when compared to those of Vmáx and in relation to clots with thistle flower for both cultivars (Vmáx and BRS). The cultivar Vmáx coagulated with thistle flower showed the lowest values in relation to the evaluated parameters. From the results it can be inferred that the tofu made with cultivar BRS 267 coagulated with magnesium chloride showed the best texture characteristics, being the hardest (firm), cohesive and consequently more elastic, when compared with the coagulated with the flower of the thistle. However, the cultivars BRS 267 and Vmáx can be used to make the tofu using magnesium chloride as a coagulant. Although the tofus coagulated with thistle flower does not present a firm texture, which is expected from a “tofu cheese”, this product could be a new food option on the market, and can be consumed as a curd or similar. It was also observed that the lower the hardness, the chewability, the lower the adhesion force to disintegrate the product, giving this product a lower texture.

**Key words:** water-soluble soy extract, genetically modified soy, vegetable coagulants, texture, tofu.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Soja.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Composição da soja.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Proteínas da soja e suas propriedades funcionais .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Extrato hidrossolúvel de soja .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Tofu.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5.1 Coagulantes utilizados para elaboração de tofu .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.1.1 Cloreto de Magnésio .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.1.2 Flor do Cardo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6 Textura .....</b>	<b>25</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Soja.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Extrato hidrossolúvel de soja (EHS).....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Elaboração do queijo tipo tofu.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Análise do Perfil de Textura (APT).....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Análise estatística .....</b>	<b>29</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>37</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Para quem procura uma vida saudável, a alimentação é um dos principais fatores que contribui para isso, pois diminui o risco de doenças e proporciona um maior bem-estar. Por isso, cada vez mais os consumidores têm buscado alimentos que sejam saudáveis, que tenham alto valor nutritivo e que também sejam saborosos.

Em relação aos alimentos, a soja destaca-se por apresentar aproximadamente 40% de proteínas de alta qualidade, 20% de lipídios com alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados, cerca de 34% de carboidratos, minerais como fósforo, ferro, magnésio e zinco e teores consideráveis de vitaminas do complexo B (CARRÃO-PANIZZI, 2000), além de fornecer compostos fitoquímicos, como as isoflavonas, que possuem estrutura química semelhante a dos estrógenos, representando uma alternativa na prevenção e/ou tratamento de doenças hormônio-dependentes, como câncer, sintomas da menopausa, doenças cardiovasculares e osteoporose.

Dentro da versatilidade da soja (*Glycine max*) no campo da indústria de alimentos, são conhecidos e comercializados, além da soja em grãos, farinha de soja, concentrado e isolados de soja, alimentos fermentados como *miso*, *shoyo*, *tempeh* e análogos lácteos com soja, como as bebidas à base de leite, queijo e iogurte, que permitem a utilização do extrato de soja ao invés do leite de vaca (DAHMER et al., 2018; LIMA et al., 2019).

Dos produtos derivados da soja, o tofu é um dos mais conhecidos e, na Ásia, em torno de 90% das proteínas da soja são consumidas na forma deste alimento (KIM et al., 2007). O tofu é produto obtido do extrato de soja com adição de sais ou ácidos para precipitação das proteínas, produzindo gel resultante da formação de uma rede proteica, com textura lisa, macia e elástica (WANG, 1984).

A coagulação do extrato de soja pelo uso de coagulantes específicos é a etapa mais importante da produção do tofu e a mais difícil, por depender da complexa interação de alguns fatores: composição química da soja, temperatura de cozimento do extrato, volume processado, quantidade de sólidos, pH, tipo de coagulante e sua concentração, método de mexedura, tempo e temperatura de coagulação (CAI; CHANG, 1998). Alguns dos coagulantes empregados na fabricação do tofu são  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  e  $\text{MgSO}_4$  (HOU; CHANG, 2003; LI et al., 2013) e também podem ser utilizados coagulantes vegetais. Dentre os coagulantes vegetais sementes de castanhas, aspargos, gengibre e frutas (kiwi, melão, limão, etc), flor do cardo podem

ser usadas como fontes de proteases para a coagulação (MAZORRA-MANZANO et al., 2013).

De acordo com Shoemaker et al. (1992), as avaliações das propriedades reológicas dos queijos, assim como do tofu, são tão importantes quanto à avaliação do sabor e aroma. Além disso, as propriedades reológicas dos queijos são função de sua composição, microestrutura (arranjo estrutural de seus componentes), do estado físico-químico e das interações de seus componentes e de sua macroestrutura (presença de olhaduras, fissuras, etc.). A variação nestes parâmetros pode promover alterações significativas no comportamento reológico do queijo (FOX et al., 2000).

O conhecimento dessas propriedades tem grande importância em projetos e previsão da estabilidade de amostras armazenadas (STEFEE, 1996), visto que o tempo desempenha uma importante influência sobre o comportamento mecânico, reológico e sensorial do alimento. Segundo GUNASEKARAN et al. (2003) algumas propriedades reológicas podem ser definidas como: Mastigabilidade é a energia requerida para desintegrar um alimento sólido até o ponto de ser engolido; Gomosidade é a energia requerida para se desintegrar um alimento semissólido a ponto de ser engolido; Dureza é a força necessária para atingir uma dada deformação, entre outras.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi elaborar tofus das cultivares de soja Vmax e BRS 267 coagulados com flor do cardo e cloreto de magnésio e determinar a textura destes tofus de maneira instrumental no 1º, 7º e 14º dia de armazenamento.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A soja

A soja é uma semente oleaginosa pertencente à família Leguminosae (Fabaceae) e pertence ao gênero [*Glycine max* (L.) Merrill] (MANDARINO, 2008). É uma cultura, cuja origem se atribui ao continente asiático, da região do rio Yangtse, na China e que difere muito da soja que é conhecida hoje, as plantas eram rasteiras e foram sendo domesticadas a partir de cruzamentos naturais realizados por cientistas chineses. A primeira referência como alimento, data de mais de 5.000 anos atrás, citado e descrito pelo imperador chinês Shen-nung, “pai” da agricultura chinesa (APROSOJA, 2018). Considerada na China Antiga um dos cinco grãos sagrados, juntamente com arroz, trigo, cevada e painço. A soja é uma das culturas com maior rendimento e desempenha papel muito importante na nutrição de humanos e animais. As formas de cultivo de soja e de preparação de alimentos com soja foram sendo introduzidos gradativamente no Japão, Coréia e outros países vizinhos há cerca de 1100 anos (LIU, 2016).

Os chineses pouco a pouco desenvolveram grande variedade de alimentos nutritivos a partir da soja, incluindo leite de soja, tofu, brotos de soja, pasta de soja fermentada e molho de soja. Os habitantes desses países não apenas aceitaram o modo chinês de preparar alimentos de soja, mas também desenvolveram novos alimentos de soja. *Nattō* japonês e o *tempeh* indonésio são dois bons exemplos. Todos esses alimentos são agora conhecidos como alimentos tradicionais de soja. Com o passar dos tempos a soja foi introduzida nos demais continentes, as primeiras experiências de produção na Europa falharam, provavelmente, devido a influência climática, carência de informação sobre a cultura e suas necessidades (LIU, 2016).

Iniciou-se nos Estados Unidos, nos primeiros anos do século XX, o cultivo comercial da soja e na segunda década do mesmo século, quando o teor de óleo e proteína do grão passam a chamar a atenção, ocorreu a expansão da industrialização marcada pela criação de novos cultivares de soja, com teor de óleo mais elevado (APROSOJA, 2018).

Os primeiros registros históricos para cultivos experimentais de soja na Bahia, em 1882, a introdução da soja no Brasil tem o ano de 1901 como marco principal, é quando iniciam os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas e a distribuição de sementes para produtores de São Paulo. Em 1914, é oficialmente introduzida no Rio

Grande do Sul, que tem o primeiro registro de cultivo de soja do Brasil no município de Santa Rosa, que leva o nome de uma variedade de soja e é considerada “berço nacional da soja”, neste período a soja era usada principalmente como fonte de alimento de suínos (APROSOJA, 2018).

A soja é a cultura agrícola que mais cresceu nas últimas décadas, respondendo pela metade da área nacional cultivada com grãos. A produção de soja, quanto ao agronegócio mundial, está fortemente consolidada como uma atividade econômica das mais expressivas e crescentes. O Brasil possui expressiva participação na oferta e na demanda de produtos do complexo agroindustrial da soja (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011).

A expansão da cultura de soja no Brasil, começa nos anos de 1970, estabelecendo-se como principal produto do agronegócio nacional, com ampliação da indústria de óleo, mediada pelo desenvolvimento de tecnologias e pesquisas e principalmente pela demanda internacional pelo grão. Inicialmente, a região sul foi produtora majoritária, porém, atualmente, a região do cerrado estabeleceu-se como maior produtora do país, com o estado do Mato Grosso ocupando a posição de maior produtor nacional (APROSOJA, 2018).

A produção de soja no Brasil apresenta novas fronteiras produtivas que resultaram da conjugação de mercados nacional e internacional favoráveis, políticas agrícolas de incentivo ao complexo agroindustrial nacional, desenvolvimento e oferta crescente de modernas tecnologias de produção (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011).

A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), é um dos mais importantes agentes do dinamismo e evolução da sojicultura brasileira, que tem desenvolvido novas cultivares, adaptadas às condições edafoclimáticas das regiões brasileiras, muitas das variedades de soja cultivadas atualmente são frutos de desenvolvimento de sucessivos procedimentos de melhoramento de genótipos ancestrais (EMBRAPA, 2004). A mesma busca desenvolver cultivares com alta produtividade, bem como cultivares com características especiais para utilização na alimentação humana, com diminuição do sabor característico da soja e fatores antinutricionais, com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz, das lipoxigenases, variação do tamanho da semente, do teor de proteínas ou com melhora do valor nutricional (BRUNE et al., 2010).

Entre os diversos fatores que interagiram para que a cultura alcançasse esse posto no país, a disponibilidade de cultivares com excelente potencial de

produtividade tem sido um fator essencial (CARRÃO-PANIZZI et al., 2012). Devido ao alto teor de proteína e aos aminoácidos relativamente bem equilibrados, a soja é uma cultura versátil, altamente adaptável, serve de base alimentar em várias cadeias produtivas, cadeia de aves, suínos, bovinos e peixes. O farelo de soja, principal produto derivado, é fonte de proteínas na composição de rações (SEO; CHO, 2016). Além de ser utilizada em todo o mundo como uma fonte de proteína para consumo humano, pois serve como uma boa fonte de proteína de alta qualidade, além de outros conteúdos nutricionais benéficos (WANG et al., 2014).

## **2.2 Composição da soja**

O grão de soja "in natura" é constituído por 8 % de casca, 90 % de cotilédones e 2% de hipocótilo. Devido a sua composição química única é conhecida como "jóia amarela" ou "feijão milagroso". A composição centesimal dos grãos de soja consiste basicamente de 20% de óleo, 40% de proteína, 25% carboidratos, 5% de cinzas e os 35% restantes são de carboidratos totais (FARIA et al., 2018). De acordo com Liu (2016), a composição pode ser de 19% de óleo e 36% de proteínas, 19% carboidratos insolúveis, 9% carboidratos solúveis, 13% de umidade e 4% de cinzas. O conteúdo expresso pelos grãos da soja, podem variar e dependem da interação com o meio ambiente, sendo assim, fatores nutricionais e climáticos devem ser considerados para favorecer a obtenção de níveis mais elevados de óleo ou proteína na cultura da soja (BARBOSA et al., 2011). Segundo Faria et al. (2018) após estudos relacionados a diferentes épocas de plantio e composição química do grão, concluíram que os fatores ambientais podem contribuir fortemente para concentração de óleo e proteína nos grãos.

Ao avaliar a composição química e o rendimento entre as partes estruturais da soja são consideravelmente afetadas por uma série de fatores, tais como, a genética das cultivares, condições climáticas (luz, umidade, intensidade e precipitação), locação, safra de produção, época de plantio, regionalidade e também pelas condições de colheita e armazenamento. Os componentes da soja podem ser afetados são as isoflavonas, proteínas, lipídeos e lipoxigenases (CARRÃO-PANIZZI et al., 2009; FREIRIA et al., 2016). Esta cultura é termo e fotossensível e pode ser afetada por grande variedade de alterações fisiológicas e morfológicas, quando não são supridas as suas exigências (ÁVILA; ALBRECHT, 2010).

A soja possui o maior teor de proteína entre as espécies de cereais e outras leguminosas. O teor de proteína em outras leguminosas varia entre 20% e 30%, enquanto que em cereais varia entre 8% e 15%. A soja também tem o segundo maior teor de óleo entre todas as leguminosas alimentares (depois do amendoim). Por isso, a soja é considerada também uma oleaginosa. Outros componentes menores encontrados na soja incluem minerais, vitaminas e várias substâncias biologicamente ativas (LIU, 2016).

De sua composição química, cerca de 60 % do peso seco do grão é formado pela soma entre as quantidades de óleo e proteína (20 g de óleo e 40 g de proteína), 30 g de glicídios (com a presença dos ácidos graxos linoléico e linolênico), 13 g de água e 5 g de minerais (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998), com 8,8 mg de ferro, 226 mg de cálcio, 546 mg de fósforo e consideráveis teores de vitaminas do complexo B, lecitinas, saponinas, tocoferóis, inibidores de protease e isoflavonas, sendo estas de grande interesse por suas propriedades funcionais (ZAKIR; FREITAS, 2015).

### **2.3 Proteínas da soja e suas propriedades funcionais**

As proteínas são essenciais para a criação, funcionamento e manutenção da vida. Por essas razões, proteínas alimentares completas, altamente digeríveis e de alta qualidade são valorizadas e demandadas. A disponibilidade das proteínas desejadas depende de vários fatores, incluindo primeiramente a proteína e sua fonte, bem como sua aceitabilidade pelo consumidor da fonte de alimento disponível contendo a proteína alvo, e ainda a acessibilidade, para o produtor e consumidor (Food and Agriculture Organization -FAO, 2017). As proteínas são elementos básicos de todas as células vivas e estão envolvidas praticamente em todas as funções fisiológicas. São indispensáveis na regeneração de tecidos; atuam como catalisadores nas reações químicas que ocorrem nos organismos vivos e que envolvem enzimas ou hormônios; são necessárias nas reações imunológicas e, junto com os ácidos nucleicos, são fundamentais nos fenômenos de crescimento e reprodução (WANG et al., 2018).

As proteínas de soja são compostas por uma mistura de albuminas e globulina, 90% das quais são proteínas de armazenamento com estrutura globular. As proteínas de soja contêm 18 aminoácidos essenciais, incluindo aqueles que contêm grupos funcionais polares, tais como grupos carboxila, amina e hidroxila, que são capazes de

reagir quimicamente e fazer com que a proteína de soja seja facilmente modificada (TIAN et al., 2018).

As características tanto a desnaturação e agregação térmica das proteínas são importantes laços para o isolado de proteína de soja (SPI) que apresentam papéis significativos na aplicação do SPI na indústria de alimentos. Atender as especificações para tipos diferentes de alimentos promove o controle da agregação térmica da SPI durante o desenvolvimento de alimentos (ZUO et al., 2016).

A utilização de proteínas de soja, tais como farinha, concentrados, isolados, entre outros em formulações de produtos alimentares, tem sido crescente, atribuído principalmente, ao seu alto valor nutricional, baixo custo e à sua funcionalidade. O termo funcionalidade pode ser definido como qualquer propriedade, excetuando-se as nutricionais, que influenciam a utilidade e aceitação de um ingrediente em um alimento. A grande parte das propriedades funcionais afeta o caráter sensorial dos alimentos, especialmente, seus atributos de textura, mas também, tem função no comportamento físico dos sistemas alimentícios durante seu preparo, processamento ou armazenamento (DAMODARAN, 2010).

As propriedades físico-químicas das proteínas, são que as capacitam para contribuir com as características desejáveis do alimento. No entanto, elas apresentam várias propriedades físico-químicas, assim, é difícil saber o papel de cada uma dessas propriedades em relação a uma propriedade funcional determinada (PELEGRINI; GASPARETTO, 2005).

Entre as propriedades funcionais das proteínas, a solubilidade é de primordial importância, devido à sua influência significativa sobre as outras propriedades funcionais das proteínas. A solubilidade de uma proteína é determinada como a porcentagem de proteína que se conserva em solução ou dispersão coloidal diante de condições específicas e que não apresenta sedimentação com forças centrífugas moderadas (ORDÓÑEZ et al., 2005). Possuir o conhecimento da solubilidade das proteínas é necessário para medir a funcionalidade proteica e os tipos de interações químicas ocorridas entre as mesmas. Esta solubilidade está diretamente relacionada com fatores intrínsecos (composição e sequência de aminoácidos) e extrínsecos (pH, força iônica, temperatura e concentração do solvente) (SATHE, 2012).

No caso da soja, a solubilidade das proteínas é uma característica importante, pois define a correta aplicação para a soja no processamento de alimentos. Assim torna-se um dos critérios de qualidade mais utilizado na indústria, pois as

propriedades funcionais, como formação de espuma, emulsificação e gelificação, são afetadas pela solubilidade da proteína (FENNEMA et al., 2010). Os índices de solubilidade de nitrogênio (ISN) e os índices de dispersibilidade proteica (IDP) devem apresentar-se acima de 65% o que irá demonstrar uma qualidade satisfatória da proteína da soja.

Os índices de solubilidade proteica são geralmente mensurados por métodos de solubilidade do nitrogênio (ISN) ou, em inglês, *nitrogen solubility index* (NSI) e de proteína dispersível (IPD) ou, em inglês, *protein dispersibility index* (PDI). O NSI apresenta os valores de nitrogênio solúvel em água com percentual do nitrogênio total e é usado em muitos casos como uma medida da dispersibilidade de proteína. Logo o PDI é medido pela água de extração das proteínas, através da centrifugação e análise das proteínas do sobrenadante e é apresentada como percentagem de proteína dispersível em água dividida pelo percentual total de proteína. A diferença entre o NSI, simulando a fração percentual de componentes nitrogenados solúveis em água sob condições características, e o PDI, encontra-se na velocidade de agitação descrita em cada método. Normalmente o PDI é verificado com agitação forte, em homogeneizadores, e o NSI, com agitação mais lenta, determinado em agitadores de laboratórios. Os percentuais de PDI e NSI são utilizados pela indústria como uma medida de solubilidade de proteína depois do processamento tratamento térmico da soja (OETTERER et al., 2006).

Como a condição da estrutura da proteína está diretamente ligada com a solubilidade proteica, ela é normalmente usada como medida da intensidade do tratamento térmico e do estado de desnaturação (JIDEANI, 2011). De maneira geral, a solubilidade da proteína é aumentada quando submetida a temperatura entre 40 e 50°C. No entanto, em temperaturas mais altas, a proteína é desnaturada, acontecendo o aumento na energia cinética térmica, que causa o desdobramento da proteína (desnaturação), deixando em exposição os grupos não polares, que provoca a agregação e precipitação, ou seja, diminuição da solubilidade da proteína quando comparada com a estrutura nativa das proteínas e caracteriza-se por um estado termodinamicamente estável com pequena energia livre e estabilização entre interações atrativas e repulsivas (DAMODARAN, 2010; PELEGRINE; GASPARETTO, 2005).

Diversos produtos podem ser obtidos da soja, dentre eles o tofu é cada vez mais consumido, sendo que para sua elaboração é necessário a obtenção de extrato hidrossolúvel de soja.

## **2.4 Extrato hidrossolúvel de soja**

De acordo com a resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA nº14 de 28 de junho de 1978, o extrato hidrossolúvel de soja, também chamado de leite de soja, pode ser caracterizado como o produto obtido da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de ingredientes opcionais permitidos, podendo ser submetido à desidratação, parcial ou total. Sua composição química deve ser de no máximo 93,0% de umidade, mínimo de 3,0% de proteínas, mínimo de 2,8% de carboidratos, mínimo de 1,0% de lipídios e máximo de 0,6% de cinzas (BRASIL, 1978).

Considerado um dos produtos derivados não fermentados mais conhecidos da soja o extrato hidrossolúvel de soja (EHS) que foi elaborado pela primeira vez na China, durante o século II d.C., expandiu-se com o decorrer do tempo para o resto do mundo (JACKSON et al., 2002). O EHS apresenta consumo tradicional nos países asiáticos, porém, no ocidente ainda se encontra em fase de ampliação. Inicialmente seu consumo era realizado por vegetarianos, indivíduos com restrições alimentares, ou de ordem religiosa e intolerantes à lactose (UILIANA; VENTURINI FILHO, 2010), no momento o consumo e aceitação está ligado as características sensoriais o produto, pois os benefícios do consumo são considerados importantes. Popularmente conhecido como “leite de soja”, a bebida de soja é uma alternativa valiosa no mercado de bebidas para o consumo de pessoas com intolerância à lactose, alérgica à proteína do leite de vaca, e que reduzem ou excluem alimentos de origem animal da dieta (THEODOROPOULOS et al., 2018). Além de ser uma alternativa interessante aos lácteos, a soja é menos cara e mais abundante que o leite bovino e não contém colesterol (HATI et al., 2015).

A produção de bebidas a partir de extratos hidrossolúveis vegetais tem sido estudada principalmente com a finalidade de substituição de produtos de bases lácteas (GRANATO et al., 2012; ZHAO et al., 2014; BAÚ et al., 2015; VIEIRA et al., 2018). Mas também, com o objetivo de melhorar as características sensoriais e aceitação pelo consumidor (SILVA et al., 2018). Portanto, uma das opções seria obter

derivados que apresentassem características sensoriais satisfatórias (ZAKIR; FREITAS, 2015; VIEIRA et al., 2018).

Embora se observe o aumento na procura de soja e de seus produtos, eles normalmente são conhecidos por baixa aceitação sensorial (SILVA et al., 2018). A baixa aceitabilidade do extrato hidrossolúvel de soja (EHS) está relacionada com seu sabor e aroma desagradável ao consumidor brasileiro principalmente relacionado ao sabor a “feijão cru”, adstringência e presença de oligossacarídeos não digeríveis como estaquiose e rafinose, a  $\alpha$ -galactosidase é uma enzima responsável pela hidrólise destes oligossacarídeos contendo galatose. Os seres humanos são incapazes de sintetizar  $\alpha$ -galactosidase, e assim a presença destes oligossacarídeos pode dificultar a digestão e causar flatulência (CAREVIĆ et al., 2016; SINGH; VIJ, 2018).

O EHS, pode ser preparado de várias maneiras, segundo Silva et al. (2018) ele é elaborado por imersão dos grãos de soja em água por 24 horas, etapa conhecida como maceração, seguida pela trituração e filtração para obter o leite de soja e o resíduo descartado. Nas diferentes etapas do processamento da soja (cozimento, moagem), para obtenção do EHS, a mesma é submetida a diferentes estágios de aquecimento (98°C, 87 a 90°C, respectivamente) que afeta diretamente as proteínas, no entanto a intensidade do tratamento térmico apresenta-se como um fator interferente na solubilidade de suas proteínas, podendo atuar na desnaturação irreversível da mesma (BENASSI; PRUDENCIO, 2013; HATI et al., 2015). No momento que as proteínas agregam e sedimentam, tornam-se insolúveis e podem conferir textura indesejável em bebidas e causar sensação de arenosidade ao paladar e afetar os índices de viscosidade. Outro método utilizado para melhorar as características do extrato hidrossolúvel de soja é a fermentação que possibilita o aumento da digestibilidade, melhora a nutrição e aumenta o teor de isoflavonas (XU et al., 2015).

Para diminuição do sabor e do odor característico da soja no EHS, podem ser aplicadas também técnicas de retirada completa da casca, a moagem com água quente, a adição de flavorizantes e a maceração dos grãos com álcalis ou ácidos (CASÉ et al., 2005) e através da maceração, moagem e aquecimento, se objetiva a inativação térmica das enzimas lipoxigenases (SCHMIDT et al., 2017), para melhorar as características sensoriais.

No Brasil o EHS industrializado pode ser encontrado, na forma original (sem aromatização), aromatizado com diferentes sabores, adoçado com sacarose ou



edulcorantes, combinado com frutas diversas, e ainda suplementado com vitaminas, açúcar e minerais, melhorando, assim, seu valor nutricional e sua aceitação no mercado (ZAKIR; FREITAS, 2015). Com extensa aplicação na indústria de alimentos o EHS, líquido ou em pó, pode ser consumido e acrescentado a uma grande variedade de produtos lácteos, como iogurtes, formulados infantis, sorvetes e cremes (NUNES et al., 2014).

No mercado nacional, é cada vez mais frequente a inclusão do EHS em sucos de frutas, o que indica uma mudança da atitude dos consumidores em relação aos produtos que, consumidos dessa maneira, lembram pouco o sabor original do EHS (NUNES et al., 2014). Muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento buscam atualmente o desenvolvimento de métodos de produção em massa para alimentos tradicionais, a fim de alcançar lucros para a sobrevivência da empresa. Quando as alterações sensoriais e de sabor entre produtos tradicionais e comerciais ocorrem com facilidade e os consumidores as percebem, as pesquisas focalizam no desenvolvimento de versões comerciais de commodities alimentares tradicionais que retêm ou se assemelham a sabores tradicionais (KIM; LEE, 2014).

A fermentação é o método comumente usado para produzir vários produtos de soja, é comprovado que a fermentação pode melhorar a qualidade físico-química e sensorial dos produtos de soja (JAYACHANDRAN; XU, 2019). Produtos como o leite de soja, as bebidas à base de soja e o tofu são produzidos adicionando vários ingredientes para a base de soja, tais como sabores, gomas, estabilizadores, minerais, vitaminas, açúcares, sucos de frutas e / ou agentes coagulantes em caso de tofu (PREECE et al., 2017).

Um dos produtos mais consumidos no mundo e criado a partir do EHS é o tofu, produto não fermentado, que quando consumido pode fornecer inúmeros benefícios a saúde humana.

## **2.5 Tofu**

Tradicionalmente é consumido no oriente e países do sudeste asiático, incluindo Japão, China e Coreia, há mais de 2000 anos. Isso se deve ao seu valor nutricional, benefícios à saúde e à tendência atual de reduzir a ingestão de produtos de origem animal (HSIEH, 2004). Foi introduzido na culinária ocidental há menos de 100 anos. A fabricação de tofu com qualidade e rendimento consistentes é difícil, pois muitos fatores podem afetar o resultado (O'TOOLE, 2016).

O tofu é um produto produzido a partir da soja e não passa por fermentação, é um produto macio e semelhante a queijo, produzido pela coagulação do leite de soja recém cozido com sal (sulfato de cálcio ou cloreto de magnésio) ou um ácido (CHUA et al., 2018). De acordo com BENASSI et al. (2011), o tofu pode ser obtido a partir dos grãos de soja e as principais etapas do processo são: maceração dos grãos em de água à temperatura ambiente por 16h; drenagem; trituração com cerca de 1L de água quente a 90°C, moagem (liquidificador); filtração à vácuo, em funil de Buchner forrado com tecido fino de nylon (“tunil”); aquecimento do extrato de soja em recipiente tampado, sobre o fogo direto, até a fervura, seguido de mais 10 min, em banho-maria em ebulição; homogeneização (usando bastão de vidro) de 760mL de extrato com solução de CaSO<sub>4</sub> (3 g em 40 mL água morna), adicionada de uma única vez; coagulação por 10 min a 75-76°C; corte do coágulo; enformagem com uso de “tunil”; retirada da forma e conservação em geladeira, em recipiente fechado, contendo água até cobrir o tofu. O EHS também chamado de leite de soja, é utilizado para a fabricação do tofu, que é similar ao queijo fabricado através do leite, apresentando também a mesma consistência. A partir do EHS acontece a precipitação das proteínas através do calor e adição de coagulante, que podem ser sais ou ácidos, proporcionando um gel que apresenta a formação de uma rede proteica com retenção de água, lipídios e outros componentes, apresentando textura lisa, macia e elástica (CIABOTTI et al., 2009).

Além de ser um produto alimentício popular nos países asiáticos, o tofu é cada vez mais aceito pelos consumidores em todo o mundo e também está ganhando popularidade nos países ocidentais, devido a seus benefícios associados à saúde (CORZO-MARTÍNEZ et al., 2016).

Há estudos que demonstram que a escolha da cultivar afeta o rendimento e a qualidade do tofu, de maneira especial no tofu tipo *silken*, no qual o rendimento está diretamente relacionado à capacidade do tofu reter água. Alguns pesquisadores correlacionam as subunidades proteicas da soja (7S e 11S), com a textura do tofu, contudo os resultados são divergentes (YANG; JAMES, 2013). De acordo com Liu et al. (2013), o tipo de cultivar de soja, a qualidade do grão dependendo das condições de cultivo da planta, o armazenamento do grão e as condições de processamento do tofu influenciam o rendimento, textura e na qualidade do produto. Entre todos os fatores que influenciam a qualidade do tofu, a variedade de soja (genótipo) é uma das mais importantes (CHANG, 2015). Nos países ocidentais, ainda se tem a necessidade

de adaptar a soja ao gosto do consumidor não acostumado com a soja como alimento. Pelo melhoramento genético da soja, é possível a obtenção de cultivares especiais que sejam mais apropriadas a diferentes utilizações (CARRÃO-PANIZZI et al., 2012; CANTELLI et al., 2017). O sabor amargo e adstringente da soja ou o chamado *beany flavor* é causado pela oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados por enzimas lipoxigenases, porém pode ser evitado pelo tratamento térmico dos grãos antes do processamento ou através do uso de variedades sem a enzima, resultando em produtos com melhores características sensoriais (BENASSI et al., 2012).

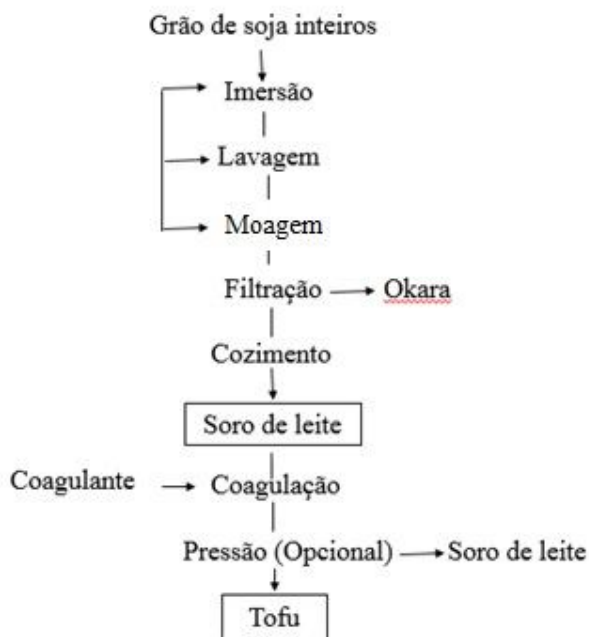
De acordo com Rekha e Vijayalakshmi (2013) a quantidade de água utilizada na aquisição de extrato de soja afeta o teor de sólidos, atuando diretamente na recuperação das proteínas e, portanto, na textura do tofu. Assim, o aumento de sólidos proporciona um maior rendimento nos tofus. O emprego do calor aumenta a digestibilidade das proteínas da soja, devido à destruição pelo calor dos inibidores de tripsina.

O tofu, pode ser desenvolvido através de vários procedimentos que diferem entre os países. Um dos procedimentos comumente usados para produzir tofu é produzir primeiro o leite de soja a partir de soja fresca, seguido de fervura e coagulação usando sal de cálcio ou magnésio (BELÉN et al., 2012). De acordo com Kamizake et al. (2016), o desenvolvimento do tofu ocorre em duas etapas principias. A primeira é a obtenção do extrato hidrossolúvel de soja por maceração e moagem da soja, que após esta etapa passa por aquecimento, onde ocorre a inativação térmica das enzimas lipoxigenases. A segunda é a coagulação do extrato solúvel da soja, que é um passo importante na obtenção de uma textura adequada para o desenvolvimento do tofu. A coagulação do extrato de soja solúvel pode ser realizada a partir de coagulantes animais, microbianos ou vegetais. Para o caso de atender ao consumo de indivíduos veganos, pode-se utilizar coagulantes de origem vegetal como opção de coagulação (SCHMIDT et al., 2017).

De acordo com Liu (2016) a produção do leite de soja na China inicia com imersão, enxágue e moagem de soja em suspensão. Após é realizada a filtragem da suspensão para separar o resíduo (okara) e então cozinhar o extrato para torna-lo comestível. Os métodos para a fabricação de tofu, de leite de soja e okara estão intimamente relacionados com a produção de leite de soja (Figura 1). Todos os tipos de tofu e leite de soja começam com a produção de leite de soja, enquanto o okara é um subproduto da produção de leite de soja. Para desenvolver o tofu, o leite de soja

é fervido por cerca de 10 min, e adicionado coagulante em suspensão, para formar coalhada, que é então pressionada para moldar o tofu.

**Figura 1.** Etapas do processo de obtenção do leite de soja e do tofu.



Fonte: Adaptada de Liu (2016).

O tofu é uma importante fonte de proteína, vitaminas e minerais, apresenta baixa proporção de gorduras saturadas e ausência total de colesterol, considerado um alimento saudável, de alto valor nutritivo e de custo reduzido, utilizado em preparações alimentícias, em substituição de ovos, queijos, carnes e outros alimentos de origem animal, além disso, possui sabor suave e textura porosa (SERRAZANETTI et al., 2013). De acordo com Rekha e Vijayalakshmi (2013) o tofu é considerado um produto de baixo custo que pode substituir de maneira nutritiva alimentos como carne e queijo, é alimento livre de colesterol, apresenta-se como boa fonte de proteínas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), principalmente o ácido linoleico encontrado nos fosfolípidios (lecitina) da soja, assim sendo, é uma boa fonte de proteínas alternativa, apresentando característica superior ao próprio grão de soja.

O tofu é um produto bastante versátil e pode ser usado para fazer muitos alimentos de estilo ocidental. Tofu tem sido usado para fazer cheesecake, molhos, tortas, cream cheese, maionese, almôndegas italianas e quase todos os alimentos de estilo ocidental (O'TOOLE, 2016).

Existem diferentes tipos de tofu no mercado, dependendo do tipo de coagulante e do teor de umidade, que podem ser classificados como: macio, firme e extra firme (LIU et al., 2013). A saber, o tofu *silken* é formado pela coagulação do EHS na própria embalagem de consumo, já o tofu *momen* é obtido pela quebra do coágulo, seguida pela pressão em uma forma com remoção de parte do soro. A textura do *silken* é muito macia e homogênea, enquanto que a do *momen* é mais firme e menos uniforme, uma vez que o coágulo é quebrado e depois reformatado sob pressão (BENASSI; PRUDENCIO, 2013).

### **2.5.1 Coagulantes utilizados para elaboração de tofu**

Após a realização da moagem da soja para a obtenção do EHS, realiza-se a coagulação, que é um passo importante na obtenção de uma textura adequada para o desenvolvimento do tofu (KAMIZAKE et al., 2016). A etapa de coagulação é o passo mais importante no processamento de tofu, e diferentes tipos de coagulante podem influenciar o rendimento e a qualidade dos produtos (PRABHAKARAN et al., 2006).

A coagulação do EHS pode ser realizada a partir de coagulantes animais, microbianos ou vegetais. Os coagulantes usados para solidificar o leite de soja, incluem cloreto de magnésio, sulfato de cálcio e glucono- $\delta$ -lactona (O'TOOLE, 2016). Usados tradicionalmente, são os coagulantes de sal, como cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ ) (ZHANG et al., 2015) e usado nas duas últimas décadas, a glucono- $\delta$ -lactona é considerada um coagulante ácido popular e resulta em um gel de proteína de soja homogêneo (RINGGENBERG et al., 2013). A transglutaminase microbiana (MTGase; EC 2.3.2.13) também é um coagulante que vem sendo utilizado (JIANG; XIONG, 2013). A diferente textura e qualidade do tofu resultante do coagulante deve-se principalmente à existência de forças variadas para estabilizar a rede de gel (RINGGENBERG et al., 2013).

A coagulação do EHS, pode ser realizada em presença de proteases coagulantes, estas enzimas são proteínas encontradas na natureza, podendo ser obtidas a partir de animais, vegetais e micro-organismos (SOARES et al., 2015). As proteases apresentam capacidade de hidrolisar ligações peptídicas e são classificadas em dois grandes grupos: exopeptidases e endopeptidases. As exopeptidases agem nas proximidades das extremidades das cadeias polipeptídicas, enquanto as endopeptidases agem em áreas internas das cadeias polipeptídicas (GONZÁLEZ-RÁBADE et al., 2011). As endopeptidases ou proteinases, conforme seu

mecanismo de ação, podem ainda ser divididas em: cisteíno, serino-, metalato- e asparato protease, sendo que o nome representa uma das regiões catalíticas no sítio ativo da enzima (RAWLINGS et al., 2010). As proteases compõem um dos grupos mais significativos de enzimas industriais, e uma de suas fundamentais aplicações é o desenvolvimento de queijo da indústria de laticínios (MERHEB et al., 2007).

O uso de proteases vegetais como coagulantes é importante uma vez que são enzimas naturais e seu uso para produção de queijos é apropriado para consumidores vegetarianos (SCHMIDT et al., 2017). O número de enzimas de origem vegetal utilizadas industrialmente ainda é pequeno, embora os extratos das plantas apresentem uso em processos industriais há muito tempo (GONZÁLEZ-RÁBADE et al., 2011). As proteases vegetais são obtidas principalmente de frutas (por exemplo, kiwi, limão, melão), raízes (por exemplo, rizomas de gengibre), látex (por exemplo, mamão, maçã) e flores (por exemplo, *Cynara cardunculus* e *Centaurea calcitrapa*) (ADETUNJI; SALAWU, 2008; DOMSALLA; MELZIG, 2008; SCHMIDT et al., 2017). Além disso, as características funcionais que os extratos das proteases vegetais possuem são essenciais para determinar o sabor e a textura dos produtos (MAZORRA-MANZANO et al., 2013).

Assim, verifica-se que o tofu pode ser elaborado com diferentes tipos de coagulantes, sendo uma opção de derivado de soja a ser consumido pela população, além de ser um produto altamente nutritivo.

#### **2.5.1.1 Cloreto de magnésio**

O cloreto de magnésio é um coagulante utilizado na produção de tofu e este afeta diretamente as características do produto. De acordo com Liu et al. (2013) foi o primeiro coagulante a ser utilizado no processamento de tofu, e é considerado o mais adequado para preservação do sabor natural da soja e obtenção de tofu firme. Em países como a China, os consumidores preferem o sabor amargo característico do cloreto de magnésio, porém ele é um coagulante de reação rápida, e, sendo assim, difícil de controlar, atua na formação de um tofu com características rígida, não uniforme e com baixa retenção de água.

Demman et al. (1986) em seu estudo encontraram diferentes resultados para textura e microestrutura de tofu desenvolvidos utilizando diferentes coagulantes. O gluconato- $\delta$ -lactona e sulfato de cálcio apresentaram um produto com uma textura mais fina e uniforme, com estrutura proteica no formato de “favo de mel”, quando

comparado aos coagulantes cloreto de cálcio, cloreto de magnésio e sulfato de magnésio.

O cloreto de magnésio pode ser encontrado no nigari que é um tipo de cloreto de sais que incluem nigari natural, e nigari refinado. Nigari natural é extraído da água do mar, do qual é removido a maioria ou todo o sal de mesa (NaCl) e água. Uma mistura de minerais naturais do mar, consiste principalmente de cloreto de magnésio mais todos os outros sais minerais da água do mar. Nigari refinado é uma forma relativamente pura de cristal ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) (Liu, 1997).

### **2.5.1.2 Flor do cardo**

Cardo, é palavra que provém do latim *carduus*, significa "fazer sinal com a cabeça" (alusão à flor de forma ovóide apoiada no caule oscilante) (ALMEIDA et al., 2010).

O coagulante de flor do cardo é um potencial coagulante de leites e uma das espécies mais utilizadas é derivado da *Cynara cardunculus*. A aplicação deste coagulante permite a obtenção de um queijo amanteigado com características sensoriais diferenciadas devido a sua maior capacidade proteolítica, que favorecem a formação de queijos características inigualáveis amplamente aceitas pelos consumidores (GARCÍA et al., 2011).

A flor do cardo apresenta forma tubular e cor violácea, que possui a enzima cinarase, também conhecida como cardosina, responsável pela coagulação do leite (Figura 2). A substância coagulante está na parte superior do estioló, estando a atividade coagulante restrita as pétalas e os pistilos (SAPIENTIA, 2019). É de salientar que a propriedade coagulante do leite da planta deve-se à presença de três proteases (ciprozinas 1, 2 e 3) (ALMEIDA et al., 2010).

A utilização da flor do cardo pode ser realizada por adição direta da flor seca ao leite quente, procedendo com agitação vigorosa e filtração do leite; maceração de pequenas quantidades de flor do cardo, com água e sal até se formar uma pasta, que é dissolvida com mais água (de modo a facilitar a extração das enzimas), filtrada e adicionada diretamente no leite; ou ainda por maceração da flor de cardo seca com água e sal, inserindo a pasta em embalagem porosa e submersa no leite (MACEDO et al., 1996). De acordo com Almeida et al. (2010) a flor do cardo moída (parte lilás da planta) em quantidades que podem variar consoante a força ou o poder de coagulação

da planta (em média 1 a 2,5 g por litro de leite, o suficiente para coagular o leite em 45 a 60 minutos) e com infusão de sal (20 a 35 g / litro de leite).

**Figura 2.** Aspecto visual da cardo.



Fonte: Martins (2016).

O cardo tem sido tradicionalmente utilizado, em Portugal, na fabricação do queijo, pois é um coagulante vegetal utilizado na produção de queijos de ovelha internacionalmente reconhecidos e nos últimos anos, as indústrias de queijo, em especial as que possuem o selo DOP (Denominação de origem protegida), têm destacado a importância dos agentes coagulantes, presentes nos vegetais, para uso no leite (SAPIENTIA, 2019).

O cardo, pode ser encontrado na forma selvagem ou cultivada e cresce em locais rochosos, pertence à família das *Asteraceae*. Em Portugal a planta do cardo apresenta sua flor nos meses de junho, julho e agosto, depois de colhidas flores devem ser secadas a sombra e armazenadas em locais secos, com o intuito de posteriormente serem utilizadas para coagulação do leite nos demais períodos do ano. Porém, o cardo vai perdendo qualidade com o passar do tempo (ALMEIDA et al., 2010).

A planta herbácea apresenta aspecto vivaz (planta perene que apresenta crescimento anual), tem um caule ereto, pode atingir ciclos de metro e meio de altura, densamente coberto por folhas basais grandes. Apresenta uma grande capacidade de adaptação climática e possui vários ciclos ao longo da sua existência. O cardo cresce espontaneamente, a germinação de suas sementes inicia no final do verão, as



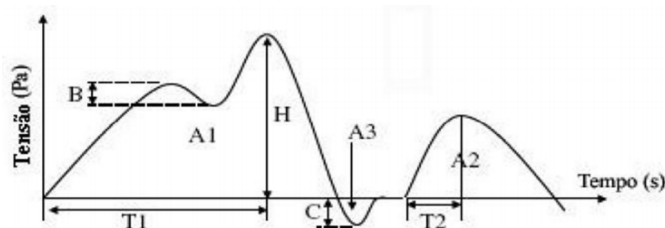
plantas crescem e formam uma roseta de folhas, e durante o inverno apresentam estado vegetativo (SAPIENTIA, 2019).

## 2.6 Textura

Segundo Messens et al. (2000), a textura é considerada um dos quatro fatores de qualidade dos produtos alimentares, sendo os outros três o sabor, a aparência e o valor nutricional. De acordo com a ABNT (1993) a textura de um alimento refere-se às suas propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície). Geralmente é percebida pelos sentidos: os receptores mecânicos, táteis e, eventualmente, os visuais e auditivo definem a textura sendo a manifestação sensorial da estrutura interna dos produtos em termos de medidas de propriedades mecânicas, tais como: firmeza, coesividade, adesividade, gomosidade e viscosidade.

Para definir a análise de textura Li et al. (1998) afirmaram que os métodos instrumentais avaliam as propriedades mecânicas a partir de forças aplicadas ao alimento, tais como a compressão, cisalhamento, corte e tensão. Ainda segundo os autores, a Análise do Perfil de Textura (TPA), instrumental, aplica sucessivas forças deformantes, em uma simulação de ação de compressão e corte dos dentes durante a mastigação. A análise instrumental do perfil de textura resulta em um gráfico característico para cada tipo de produto, permitindo avaliar parâmetros como a adesividade, a coesividade, elasticidade e a firmeza através de  $A_3$ , de  $A_2/A_1$ , de  $T_2/T_1$  e de  $H$ , respectivamente (Figura 3).

**Figura 3.** Representação gráfica da análise instrumental do perfil de textura.



Fonte: Kealy (2006).

O teste é realizado com o auxílio de um equipamento denominado analisador de textura, provido de corpos de prova (probe) fabricados para testes na indústria de

alimentos. Dessa forma, consegue-se medir as propriedades físicas, relacionado-as com a percepção dinâmica da textura (FOEGEDING et al., 2003).

Os parâmetros utilizados para analisar as propriedades mecânicas dos tofus foram definidos por Szczesniak (2002), sendo os principais a dureza, coesividade, mastigabilidade. A dureza é definida como a força necessária para produzir uma deformação; a elasticidade é a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada depois que a força de deformação é removida. A coesividade é a extensão a qual um material pode ser deformado antes da ruptura. A mastigabilidade (dureza x coesividade x elasticidade) é a energia necessária para mastigar um alimento sólido até a deglutição.

A determinação da textura é muito importante para a caracterização do tofu. A dureza é a característica de textura usada na classificação comercial do tofu e é uma medida frequentemente reportada nos trabalhos sobre a qualidade deste produto (PRABHAKARAN et al., 2006; YUAN; CHANG, 2007). Já a fraturabilidade é um parâmetro raramente mencionado na literatura sobre tofu. Em vários trabalhos podem ser encontrados valores para o parâmetro mastigabilidade (PRABHAKARAN et al., 2006). Porém Yuan e Chang (2007) chamaram a atenção para o fato de que a mastigabilidade é própria de alimentos sólidos e não de um produto semi-sólido como o tofu, geralmente melhor descrito pelo parâmetro gomosidade.

Segundo Benassi et al. (2011) os resultados de textura encontrados na literatura são difíceis de serem comparados, uma vez que em cada estudo, são utilizadas amostras distintas de tofu e diferentes condições de análise, tanto em termos de método, como de equipamento, o que ocasiona uma grande variabilidade nos resultados. Uma análise de dureza realizada por estes autores com tofus comerciais de diferentes tipos, mostrou que existem no mercado brasileiro produtos em uma faixa relativamente larga, variando desde 3 N até 7 N, faixa que pode ser considerada aceita pelos consumidores brasileiros.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. A Soja**

Os grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) das variedades BRS 267 e Vmax, oriundas da região de Passo Fundo – RS (Latitude 28°15'40") das safras 2017/2018, foram cedidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo).

Os grãos de soja in natura das duas cultivares foram previamente selecionados, limpos e triturados em moinho (Cuisinart, modelo DCG-20BKN) e submetidos ao peneiramento manual em peneira de 42 mesh (Bertel) correspondendo a 355 µm, armazenados sob refrigeração até a realização das avaliações físico-químicas, como a composição centesimal, IDP, ISN, inibidor de tripsina Kunitz e cor instrumental.

Os ensaios analíticos foram realizados nos Laboratórios e Mini usinas do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos da URI Erechim. As análises foram realizadas em triplicata.

#### **3.2. Extrato hidrossolúvel de soja (EHS)**

O EHS foi obtido pelo processamento dos grãos de soja, de acordo com metodologia adaptada de Benassi et al. (2011). Primeiramente 150g de grãos de soja foram selecionados, classificados, pesados e lavados, depois foram deixados macerando (imerso) em 500 mL de água destilada, a temperatura ambiente por 16h. Em seguida, foi adicionado à soja água destilada à 90°C, considerando a água absorvida pelos grãos para que se completasse 1200 mL, com proporção final de 1:8 (grãos:água). Então foi realizada a trituração a quente em processador industrial (M. Vitroty, modelo HP 12), durante 3 min, em velocidade média-alta. O EHS foi separado do okara (resíduo) por filtração à vácuo (Tecnal, modelo TE-058) em frasco kitasato de 2 L e funil de Büchner (diâmetro interno de 15 cm) forrado com tecido fino de náilon (“tunil”) para retenção das partículas moídas dos grãos de soja.

#### **3.3. Elaboração do queijo tipo tofu**

O tofu foi elaborado a partir da metodologia adaptada de Benassi et al. (2011). Uma alíquota de 2 L do EHS foi tratada termicamente em recipiente coberto, sob fogo direto, até temperatura de 90°C, seguido de mais 10 min, em banho-maria em ebulição (Marconi®, modelo MA126). Após aquecimento, o EHS foi transferido para um recipiente

de vidro e deixado arrefecer até a temperatura adequada de coagulação (variável de acordo com o agente coagulante utilizado). Após atingir a temperatura, foram adicionados os coagulantes cloreto de magnésio e a flor do cardo. Utilizando cloreto de magnésio como coagulante, seguiu-se a metodologia modificada de Almeida et al, (2010). O coagulante foi utilizado na proporção de 12mL a 40% para 30L de EHS, para testes preliminares. A quantidade de coagulante e temperatura de coagulação foram definidos através de testes preliminares. Após isso, será homogeneizado e deixado coagular por 40 min.

Após a coagulação, foi realizado o corte do coalho através de liras em dois movimentos transversais lentos. O coalhodo foi colocado em formas plásticas de aproximadamente 500 mL, perfuradas e forradas com “tunil”, por 30 min. Após retirada da forma, os tofus foram acondicionados em recipientes plásticos fechados, sem adição de água e a vácuo, em geladeira a temperatura de 4°C, até a realização das análises.

### **3.4. Análise do Perfil de Textura (APT)**

Os tofus elaborados com os coagulantes cloreto de magnésio e flor do cardo foram avaliados quanto as propriedades reológicas (dureza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade) no 1º, 7º e 14º dia de armazenamento. A APT foi realizada de acordo com Zuo et al. (2016) com adaptações, em texturômetro (CT3, Brookfield), por compressão dupla de amostras cilindras contidas em recipientes plásticos de 7,2 cm de altura e 21 cm de diâmetro. Os parâmetros empregados nos ensaios foram 0,10 N para carga de trigger, 10 mm de distância de deslocamento e velocidade de teste pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm/s, 2 mm/s e 2 mm/s, respectivamente, com probe cilíndrica de acrílico de 25,4 mm de diâmetro. As propriedades estruturais obtidas foram dureza (N), mastigabilidade (mJ), coesividade, gomosidade (N) e elasticidade(mm). Todas as amostras foram avaliadas em quintuplicata.

### **3.5 Análise estatística**

O tratamento estatístico dos dados foi realizado utilizando o software Estatística 5.0 (StatSoft, Tulsa, EUA), onde o nível de significância estabelecido foi  $p < 0,05$ .

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos parâmetros de textura das quatro amostras de tofu obtidos através da análise do perfil de textura.

A dureza, definida como a força necessária para produzir deformação, tem maior influência na aceitabilidade do produto. Em relação ao parâmetro de dureza, pode-se observar que há diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os 4 tipos de tofu, e entre os dias de armazenamento de cada tipo. Sendo que com o passar dos dias de armazenamento a dureza foi aumentando independentemente do tipo de coagulante utilizado e da cultivar de soja usada para a elaboração do Tofu. Isto pode ser devido a perda de água dos tofus com o passar dos dias, deixando o produto com maior dureza. O tofu elaborado com cloreto de magnésio apresentava uma consistência aparente mais firme do que o elaborado com a flor do cardo, e isto também pode influenciar na dureza.

Segundo Yuan e Chang (2007) e Benassi et al. (2012) a dureza é uma das características mais importantes do tofu, sendo a base da classificação comercial do produto como extra soft, soft, regular e firme. A preferência quanto à textura varia segundo o hábito cultural e o gosto pessoal do consumidor (CUI et al., 2004). A cultivar e a técnica de processamento são os principais fatores que afetam a textura do tofu. O componente bioquímico que mais a influência é a proteína, uma vez que, durante o processamento, o extrato de soja é aquecido para causar a dissociação da proteína e um coagulante é adicionado para dar origem à matriz proteica responsável pela textura do produto (POYSA et al., 2006).

A funcionalidade da proteína de soja é parcialmente dependente da proporção entre as frações proteicas majoritárias, glicinina (11S) e  $\beta$ -conglucina (7S), que representam cerca de 70% do total de proteínas (FUKUSHIMA, 2001). A proporção entre estas frações afeta as características de formação de gel e a textura do tofu. O coágulo obtido de 11S é significativamente mais firme que o de 7S e a coesividade e elasticidade são ligeiramente mais altas no coágulo com alta proporção de 11S (CUI et al., 2004). Cor, composição, textura e rendimento do tofu podem ser influenciados pela cultivar de soja utilizada como matéria-prima (LIM et al., 1990; MUJOO et al., 2003, MIN et al., 2005;). Cultivares consideradas excelentes para a produção de tofu são aquelas capazes de fornecer alto rendimento no processamento e resultar em produtos com sabor agradável, alto teor de proteínas e propriedades de textura adequadas ao tipo produzido (CAI et al., 1997).

Existe interesse em identificar e direcionar as cultivares mais adequadas para cada uso alimentício específico, visando à comercialização interna bem como à exportação (EVANS et al., 1997). A Embrapa Soja desenvolveu várias cultivares convencionais (não-transgênicas) que podem ser usadas na produção de alimentos, geralmente com casca e hilo claros, as quais ainda não foram testadas quanto ao seu potencial para elaboração de tofu (CARRÃO-PANIZZI et al., 2009; EMBRAPA 2005; 2008). São elas: BRS 155 (teor reduzido de inibidor de tripsina, 1/3 do normal), BRS 216 (grãos pequenos e alto teor de proteínas e de isoflavonas), BRS 232 (grãos grandes), BRS 257 (ausência de enzimas lipoxigenases L1, L2 e L3), BRS 258 (descendente da cultivar BR 36, muito usada na alimentação humana, especialmente pelos agricultores orgânicos), BRS 262 (hilo preto e alto teor de isoflavonas), BRS 267 (grãos de tamanho acima da média e sabor suave) e BRS MG 790A (casca alaranjada e sabor suave).

Para a adesividade (Tabela 1) é observado que há diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tipos de tofu, e entre os dias de armazenamento de cada tipo. Sendo que os tofus elaborados com coagulante de cloreto de cálcio apresentaram os maiores valores de adesividade em relação aos elaborados com Flor do Cardo, independente da cultivar de soja usada. E que com o passar dos dias os tofes se elevavam. O mesmo comportamento foi observado para o parâmetro de coesividade.

Em relação a elasticidade (Tabela 1), observa-se que com o passar dos dias de armazenamento os tofes diminuía, apresentando diferença significativa a nível de 95% de confiança, independentemente do coagulante utilizado e da cultivar de soja. Já os parâmetros de gomosidade e mastigabilidade apresentaram comportamento inverso, com o passar dos dias de armazenamento os tofes foram aumentando com diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os dias de armazenamento e entre as amostras de tofu obtidas com o coagulante cloreto de magnésio e as com Flor do Cardo.

Tabela 1- Valores instrumentais de textura obtidos para os Tofus.

Amostras		Parâmetros											
		Dureza (N)			Dureza ciclo 2 (N)			Adesividade			Coesividade		
		1º dia	7º dia	14º dia	1º dia	7º dia	14º dia	1º dia	7º dia	14º dia	1º dia	7º dia	14º dia
Coagulação com Flor do Cardo	Vmax	0,89 <sup>cB</sup>	1,10 <sup>cA</sup>	1,20 <sup>cA</sup>	0,57 <sup>cC</sup>	0,65 <sup>cB</sup>	0,86 <sup>cA</sup>	1,70 <sup>cB</sup>	2,20 <sup>dA</sup>	2,40 <sup>cA</sup>	0,52 <sup>bA</sup>	0,50 <sup>bA</sup>	0,44 <sup>bB</sup>
	BRS	±0,09	±0,01	±0,12	±0,04	±0,07	±0,08	±0,08	±0,08	±0,16	±0,04	±0,01	±0,03
Coagulação com cloreto de magnésio	Vmax	0,57 <sup>dC</sup>	0,68 <sup>dB</sup>	0,86 <sup>dA</sup>	0,49 <sup>cC</sup>	0,57 <sup>dB</sup>	0,68 <sup>dA</sup>	1,93 <sup>bC</sup>	2,40 <sup>cB</sup>	2,56 <sup>cA</sup>	0,56 <sup>abA</sup>	0,54 <sup>abA</sup>	0,48 <sup>bA</sup>
	BRS	±0,06	±0,01	±0,02	±0,07	±0,03	±0,06	±0,04	±0,08	±0,02	±0,08	±0,01	±0,04
Coagulação com cloreto de magnésio	Vmax	6,64 <sup>bC</sup>	7,68 <sup>bB</sup>	7,91 <sup>bA</sup>	5,85 <sup>bC</sup>	6,60 <sup>bB</sup>	6,94 <sup>bA</sup>	3,93 <sup>aA</sup>	3,94 <sup>aA</sup>	3,52 <sup>bB</sup>	0,63 <sup>aA</sup>	0,59 <sup>aA</sup>	0,50 <sup>abAB</sup>
	BRS	±0,17	±0,07	±0,15	±0,16	±0,05	±0,15	±0,04	±0,02	±0,06	±0,01	±0,04	±0,05
Amostras		Elasticidade (mm)			Gomosidade (N)			Mastigabilidade (mJ)					
		1º dia	7º dia	14º dia	1º dia	7º dia	14º dia	1º dia	7º dia	14º dia			
Coagulação com Flor do Cardo	Vmax	7,55 <sup>dA</sup>	7,19 <sup>dB</sup>	6,31 <sup>dC</sup>	0,39 <sup>cA</sup>	0,42 <sup>cA</sup>	0,46 <sup>cA</sup>	2,51 <sup>cA</sup>	2,53 <sup>cA</sup>	2,63 <sup>cA</sup>			
	BRS	±0,07	±0,05	±0,04	±0,05	±0,02	±0,06	±0,09	±0,04	±0,08			
Coagulação com cloreto de magnésio	Vmax	8,17 <sup>bA</sup>	7,81 <sup>bB</sup>	7,77 <sup>bB</sup>	0,38 <sup>cB</sup>	0,41 <sup>cB</sup>	0,51 <sup>cA</sup>	2,40 <sup>cC</sup>	2,83 <sup>cA</sup>	2,60 <sup>cB</sup>			
	BRS	±0,09	±0,05	±0,06	±0,04	±0,03	±0,04	±0,08	±0,06	±0,08			
Coagulação com cloreto de magnésio	Vmax	7,97 <sup>cA</sup>	7,65 <sup>cB</sup>	7,36 <sup>cC</sup>	3,31 <sup>bA</sup>	3,44 <sup>bA</sup>	3,47 <sup>bA</sup>	7,00 <sup>bC</sup>	7,25 <sup>bB</sup>	7,63 <sup>bA</sup>			
	BRS	±0,05	±0,05	±0,07	±0,07	±0,05	±0,09	±0,06	±0,04	±0,05			
Coagulação com cloreto de magnésio	Vmax	8,82 <sup>aA</sup>	8,66 <sup>aA</sup>	8,56 <sup>aAB</sup>	3,79 <sup>aC</sup>	3,88 <sup>aB</sup>	4,12 <sup>aA</sup>	13,4 <sup>aB</sup>	13,48 <sup>aB</sup>	13,75 <sup>aA</sup>			
	BRS	±0,09	±0,07	±0,06	±0,07	±0,08	±0,07	±0,08	±0,06	±0,04			

\*Médias obtidas de cinco determinações acompanhadas de letras minúsculas/maiúsculas na mesma coluna/linha não diferem entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Vários trabalhos relatam valores para a mastigabilidade (KARIM et al., 1999; KAO et al., 2003; NOH et al., 2005; PRABHAKARAN et al., 2006; ROSSET, 2007) porém Yuan e Chang (2007), baseando-se em Szczesniak e Bourne (1995), chamaram a atenção para o fato de que a mastigabilidade é própria de alimentos sólidos e não de um produto semissólido como o tofu, geralmente melhor descrito pelo parâmetro gomosidade.

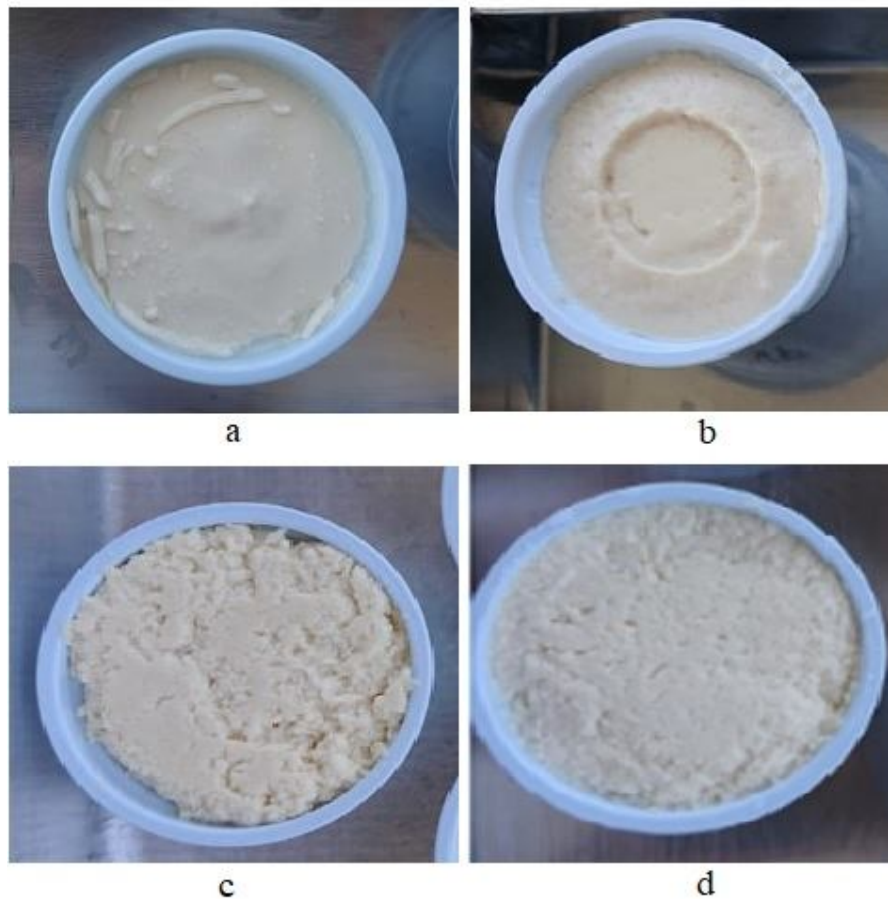
Segundo Karin et al. (1999) e Lobato-Calleros et al. (2007), as características de textura de tofu, queijo e análogos são influenciadas pela combinação de propriedades estruturais da matriz proteica formada pelo processo de coagulação.

Na literatura, encontra-se grande variabilidade de resultados de textura, dificultando a comparação. Devido à similaridade das condições de processamento e análise, os resultados foram comparados aos de Rosset (2007), que encontrou valores de 4,5N para dureza, 0,9 para elasticidade e 0,6 para coesividade. Benassi et al. (2012) mostraram que, no mercado brasileiro, existem tofus que apresentam dureza de 3 a 7N; portanto, a dureza dos produtos avaliados (6,64N a 7,91N) encontra-se na faixa aceita pelos consumidores brasileiros, podendo ser considerados tofus do tipo soft.

De um modo geral houve variações para todos os parâmetros avaliados para ambos tofus durante o período de armazenamento. A cultivar BRS coagulada com cloreto de magnésio apresentou os maiores valores para todos os parâmetros de textura avaliados em praticamente todos os dias de armazenamento, quando comparados aos da Vmáx e com o coagulado com flor do cardo para as duas cultivares (Vmáx e BRS). A cultivar Vmáx coagulada com flor do cardo apresentou os menores valores em relação aos parâmetros avaliados. Quanto menor a dureza, a mastigabilidade, adesividade menor a força para desintegrar o produto, conferindo a este produto uma textura menor. Esta diferença observada no tofu coagulado com a flor do cardo é devido à coagulação ter proporcionado um produto cremoso, e não com consistência firme como é esperado para o tofu. A Figura 4 (a, b, c e d) apresenta os quatro tipos de tofus que foram produzidos. As variedades BRS 267 coagulada com flor do cardo, Vmáx coagulada com flor do cardo, BRS 267 coagulada com cloreto de magnésio e Vmáx coagulada com cloreto de magnésio representam a, b, c e d, respectivamente.



**Figura 4.** Tofus produzidos com variedades BRS 267 coagulada com flor do cardo (a), Vmáx coagulada com flor do cardo (b), BRS 267 coagulada com cloreto de magnésio (c) e Vmáx coagulada com cloreto de magnésio (d), respectivamente.



Fonte: Autor (2020)

Os tofus coagulados com o cloreto de magnésio apresentaram as melhores características de textura, sendo mais duros (firme), coeso e conseqüentemente mais elásticos, ao contrário dos tofus coagulados com a flor do cardo, que não apresentaram uma textura firme, o que é esperado para um “queijo tofu”.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados da análise do perfil de textura instrumental foi possível conhecer o comportamento mecânico e reológico dos tofus e o efeito do tipo de coagulante e a cultivar de soja quando armazenados sob refrigeração durante 14 dias.

A partir do presente estudo pode-se inferir que o tofu elaborado com cultivar BRS 267 coagulada com cloreto de magnésio apresentou os maiores valores para todos os parâmetros de textura avaliados em praticamente todos os dias de armazenamento avaliados, se mostrando assim mais duros (firmes), coesos e conseqüentemente mais elásticos, quando comparados com o coagulado com a flor do cardo. Sendo assim este tofu apresentou melhores características de textura. No entanto, as cultivares BRS 267 e Vmáx podem ser utilizadas para elaboração do tofu utilizando como coagulante o cloreto de magnésio. Apesar da coagulação com flor do cardo não apresentar uma textura firme ao tofu, que é o que se espera de um “queijo tofu”, este produto poderia ser uma nova opção de alimento no mercado, podendo ser consumido como um requeijão ou similares.

Também foi observado que quanto menor a dureza, a mastigabilidade, adesividade menor a força para desintegrar o produto, conferindo a este produto uma textura menor. Esta diferença observada no tofu coagulado com a flor do cardo é devida á coagulação ter proporcionado um produto cremoso, e não com consistência firme como é esperado para o tofu comum, mas sim esperado em um “queijo tofu”.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Com base nos resultados alcançados, sugere-se a realização dos seguintes tópicos para trabalhos futuros:

- Caracterizar físico-quimicamente os tofus;
- Avaliar sensorialmente os tofus produzidos;
- Avaliar concentrações maiores do coagulante flor do cardo.

## 7. REFERÊNCIAS

ADETUNJI, V. O.; SALAWU, O. T. West African soft cheese 'wara' processed with *Calotropis procera* and *Carica papaya*: A comparative assessment of nutritional values. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 18, p. 3360-3362, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 8 p, 1993.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE ESTADO DE MATO GROSSO. APROSOJA. **História da Soja**. Disponível em < <https://aprosojapi.com.br/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/> > Acesso em: 14 abr. 2018.

ALMEIDA, D.; VENTURA, D.; PEREIRA, D.; LAGES, S. **Produção de queijo serra da estrela. Processamento Geral de Alimentos**. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Coimbra, 2010.

ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Isoflavonas e a qualidade das sementes de soja. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 1-2, p. 15 - 29, 2010.

BARBOSA, V.S.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S.; SIQUEIRA, G.B. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de biocombustível. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p. 742-749, 2011.

BAÚ, T.R.; GARCIA, S.; IDA, E.I. Changes in soymilk during fermentation with kefir culture: oligosaccharides hydrolysis and isoflavone aglycone production. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.1, p.845-50, 2015.

BELÉN, F., SÁNCHEZ, J., HERNÁNDEZ, E., AULEDA, J.M., RAVENTÓS, M. One option for the management of wastewater from tofu production: Freeze concentration in a falling-film system. **Journal of Food Engineering**. v. 110, p. 364-373, 2012.

BENASSI, V. T.; PRUDENCIO, S. H. Impactos do processamento de soja na retenção de minerais, isoflavonas e proteínas em tofus. **Alimentos e Nutrição**, v.24, n.1, p.51-59, 2013.

BENASSI, V. T.; BENASSI, M. T.; PRUDENCIO, S. H. Cultivares brasileiras de soja: Características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.1901-1914, 2011.

BENASSI, V. T.; VARÉA, G. S.; PRUDENCIO, S. H. Tofus de diferentes cultivares de soja: perfil sensorial e correlação com as medidas instrumentais e de composição química. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 555-565, 2012.

BRASIL. Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA nº14, de 28 de junho de 1978. Extrato de Soja. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 jun. 1978.

BRUNE, M. F. S. S.; PINTO, M. O.; PELUZIO, M. C. G.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Avaliação bioquímico-nutricional de uma linhagem de soja livre do inibidor de

tripsina Kunitz e de lectinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.30, n. 3, 657-663, 2010.

CAI, T. D.; CHANG, C. K. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. **Food Research Internacional**, v. 31, n. 4, p. 289-295, 1998.

CAI, T. D.; CHANG, C. K.; SHIH, M. C.; HOU, H. J.; JI, M. Comparison of bench and production scale methods for making soymilk and tofu from 13 soybean varieties. **Food Research Internacional**, v. 30, n. 9, p. 659-668, 1997.

CANTELLI, K. C.; SCHMITD, J. T.; OLIVEIRA, M. A.; STEFFENS, J.; STEFFENS, C.; LEITE, R. S.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. Brotos de linhagens genéticas de soja: avaliação das propriedades físico-químicas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016074, 2017.

CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. Produção de 'leite' de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p.86-91, 2005.

CAREVIĆ, M.; BANJANAC, K.; ČOROVIĆ, M.; JAKOVETIĆ, S.; MILIVOJEVIĆ, A.; VUKAŠINOVIĆ-SEKULIĆ, M.; BEZBRADICA, D. Selection of lactic acid bacteria strain for simultaneous production of  $\alpha$ - and  $\beta$ -galactosidases. **Zaštita Materijala**, v. 57 n. 2, p. 265–273, 2016.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. Avaliação de cultivares de soja e produtos derivados para alimentação humana e animal. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja**, 1999. Londrina, 2000. p. 36-41. (Embrapa Soja. Documentos, 142).

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: potencial de uso na dieta Brasileira**. Londrina: Embrapa CNPSo, 1998. 16 p. (EMBRAPA CNPSo. Documentos, 113).

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERHOW, M.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, M. C. N. Environmental and genetic variation of isoflavone content of soybean seeds grown in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.11, p.1444-1451, 2009.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; STRIEDER, M. L.; COSTAMILAN, L. M.; MOREIRA, J. U. V. **Melhoramento de Soja para Alimentação Humana na Embrapa Trigo – Safra Agrícola 2011/2012**. Passo Fundo/RS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Trigo. ISSN 1516-5582, p. 27-31, 2012.

CIABOTTI, S.; BARCELOS, M. F. P.; CIRILLO, M. A.; PINHEIRO, A. C. M. Sensorial and technologic properties of product similar to tofu obtained with whey and soymilk addition. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, 346-353, 2009.

CHANG, S. K. C. Science and technology of tofu making. In Y. H. Hui & E. O. Evranuz (Eds.), **Handbook of fruits and vegetable processing** (2nd ed., pp. 817–840). Boca Raton, FL: CRC Press. 2015.

CHUA, J.; LU, Y.; LIU, L. Evaluation of five commercial non-Saccharomyces yeasts in fermentation of soy (tofu) whey into an alcoholic beverage. **Food Microbiology**, v. 76, p. 533-542, 2018.

CORZO-MARTÍNEZ, M.; GARCÍA-CAMPOS, G.; MONTILLA, A.; MORENO, F.J. Tofu whey permeate is an efficient source to enzymatically produce prebiotic fructooligosaccharides and novel fructosylated  $\alpha$ -galactosides. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 64, p. 4346-4352, 2016.

CUI, Z.; JAMES, A. T.; MIYAZAKI, S.; WILSON, R. F.; CARTER JR, T. E. **Breeding specialty soybeans for traditional and new soyfoods**. In: LIU, K. (Ed) Soybeans as functional foods and ingredients. Champaign: AOCS, p.290-295, 2004.

DAHMER, A. M.; RIGO, A. A.; STEFFENS, J.; STEFFENS, C.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. Thermal treatment for soybean flour processing with high-quality color and reduced Kunitz trypsin inhibitor. **Journal Of Food Process Engineering**, v. 41, p. 1-8, 2018.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; OWEN, R. F. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEMAN, J. M.; DEMAN, L.; GUPTA, S. Texture and microstructure of soybean curd (tofu) as effected by different coagulants. **Food Microstructure**, v. 5, n. 1, p. 83-89, 1986.

DOMSALLA, A.; MELZIG, M. Occurrence and properties of proteases in plant latices. **Planta Medica**, v. 74, n. 7, p. 699-711, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004: A soja no Brasil**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/451526/tecnologias-de-producao-de-soja---regiao-central-do-brasil-2004>, > Acesso em: 10 fev. 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CULTIVARES de soja 2004/2005 Região Centro-Sul, Londrina: Embrapa Soja, Fundação Meridional, 2005, 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 249).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CULTIVARES de soja 2007/2008 Região Centro-Sul. Londrina: Embrapa Soja, Fundação Meridional, 2008. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 299).

EVANS, D. E.; TSUKAMOTO, C.; NIELSEN, N. C. A small scale method for the production of soymilk and silken tofu. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 5, p. 1463-1471, 1997.

FARIA L. A.; PELUZIO, J. M. SANTOS, W. F.; SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRRRI, F. S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.13, n. 2, 2018.

FOEGEDING, E.A.; BROWN, J.; DRAKE, M.A.; DAUBERT, C.R. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 585-591, 2003.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 4ª edição. São Paulo: Editora Artmed, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO. **The future of food and agriculture: Trends and challenges, summary version**. Rome: Author. 2017. Disponível em: [www.fao.org/3/a-i6583e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf)

FOX, P.F.; GUINEE, T.P.; COGAN, T.M.; McSWEENEY, P.L.H. **Fundamentals of Cheese Science**. Maryland: Ed. Aspen Publication, 587 p., 2000.

FREIRIA, G. H.; LIMA, W. F.; LEITE, R. S.; MANDARINO, J. M. G.; SILVA, J. B.; PRETE, C. E. C. Productivity and chemical composition of food-type soybeans sown on different dates. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 371-377, 2016.

FUKUSHIMA, D. Recent progress in research and technology on soybeans. **Food Science and Technology Research**, v. 7, n. 1, p. 8-16, 2001.

GONZÁLEZ-RÁBADE, N.; BADILLO-CORONA, J. A.; ARANDA-BARRADAS, J. S.; OLIVER-SALVADOR, M. Production of plant proteases *in vivo* and *in vitro* – A review. **Biotechnology Advances**, v.29, p.983-996, 2011.

GRANATO, D.; MASSON, M. L.; RIBEIRO, J. C. B. Sensory acceptability and physical stability evaluation of a prebiotic soy-based dessert developed with passion fruit juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 119-126, 2012.

GUNASEKARAN, S.; AK, M.M. **Cheese Rheology and Texture**. CRC Press LLC, Florida, 637p, 2003.

HATI, S.; VIJ, S.; SINGH, B. P.; MANDAL, S.  $\beta$ -Glucosidase activity and bioconversion of isoflavones during fermentation of soymilk. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 95, p. 216-220, 2015.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 319).

HOU, H. J.; CHANG, S. K. C. Yield and textural properties of soft tofu as affected by coagulation method. **Journal of Food Science**, v.68, p. 1185-1191, 2003.

HSIEH, J.F.; YU, C.J.; CHANG, J.Y.; CHEN, S.T.; TSAI, H.Y. Microbial transglutaminase-induced polymerization of b-conglycinin and glycinin in soymilk: a proteomics approach. **Food Hydrocolloids**, v.35, n.0, p. 678-685, 2014.

JACKSON, C. J. C.; DINI, J. P.; LAVANDIER, C.; RUPASINGHE, H. P. V.; FAULKNER, H.; POYSA, V.; BUZZELL, D.; DE GRANDIS, S. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, London, v.37, p.1117-1123, 2002.

JAYACHANDRAN, M.; XU, B. An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chemistry*, v. 271, p. 362–371, 2019.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Extreme pH treatments enhance the structure reinforcement role of soy protein isolate and its emulsions in pork myofibrillar protein gels in the presence of microbial transglutaminase. **Meat Science**, v. 93, n. 3, 469-476, 2013.

JIDEANI, V. A. Functional properties of soybean food ingredients in food systems. In: NG, T. B. **Soybean - biochemistry, chemistry and physiology**. 2011. p. 345-366.

KAMIZAKE, N.K.K.; SILVA, L.C.P.; PRUDENCIO, S.H. Effect of soybean aging on the quality of soymilk, firmness of tofu and optimum coagulant concentration. **Food Chemistry**, v. 190, p. 90-96, 2016.

KAO, F. J.; SU, N. W.; LEE, M. H. Effect of calcium sulfate concentration in soymilk on the microstructure of firm tofu and the protein constitutions in tofu whey. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 6211-6216, 2003.

KARIM, A.; Sulebele, G. A.; Azhar, M. E.; Ping, C. Y. Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. **Food Chemistry**, v. 66, n. 2, p. 159-165, 1999.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of the semi-solid foods. **Food Research International**, v.39, p.265-276, 2006.

KIM, Y. S.; CHOI, Y. M.; NOH, D. O.; CHO, S. Y.; SUH, H. J. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu. **Food Chemistry**, v.103, n.1, p.155-160, 2007.

KIM, M. K.; LEE, K. G. Correlating consumer perception and consumer acceptability of traditional Doenjang in Korea. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 11, p. 2330-2336, 2014.

LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 5, 1998.

LI, J.; QIAO, Z.; TATSUMI, E.; SAITO, M.; CHENG, Y.; YIN, L. A novel approach to improving the quality of bittern-solidified tofu by w/o controlled-release coagulant. 2: Using the improved coagulant in tofu processing and product evaluation. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, n.7, p.1801-1808, 2013.

LIM, B. T.; DEMAN, J.M.; DEMAN, L.; BUZZELL, R. I. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: calcium sulfate coagulant. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 4, p. 1088-1092, 1990.



LIMA, M.; SILVA JUNIOR, C. A.; RAUSCH, L.; GIBBS, H. K.; JOHANN, J. A. Demystifying sustainable soy in Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, p. 349-352, 2019.

LOBATO-CALLEROS, C.; REYES-HERNÁNDEZ, J.; BERISTAIN, C. I.; HORNELAS-URIBE, Y.; SÁNCHEZ-GARCÍA, J. E.; VERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. **Food Research International**, v. 40, p. 529-537, 2007.

MANDARINO, J. M. G. **Compostos antinutricionais da soja: Caracterização e propriedades funcionais**. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. Alimentos funcionais: Benefícios para a saúde, p.55-80, 2008.

MIN, S.; YU, Y.; ST. MARTIN, S. Effect of soybean varieties and growing locations on the physical and chemical properties of soymilk and tofu. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 1, p. C8-C12, 2005.

LIU, K. **Soja: Visão Geral. Encyclopedia of Food Grains**. Ed. 2, v. 1, p. 228-236, 2016.

LIU, K. **Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization**. New York: Chapman & Hall, p. 557, 1997.

LIU, H. H.; CHIEN, J. T.; KUO, M. I. Ultra high pressure homogenized soy flour for tofu making. **Food Hydrocolloids**, v. 32, p. 278-285, 2013.

MACEDO, A.C.; MALCATA, F.X. Changes in the Major Free Fatty Acids in Serra cheese throughout Ripening. **Dairy Journal**, v.6, p. 1087- 1097, 1996.

MANDARINO, J. M. G. Compostos antinutricionais da soja: Caracterização e propriedades funcionais. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: Benefícios para a saúde**. Viçosa, p.55-80, 2008.

MARTINS, C. C.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; MÔRO, G. V.; VIEIRA, R. D. Methodology for the selection of soybean strains for germination, vigour and field emergence. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016

MAZORRA-MANZANO, M. A.; MORENO-HERNÁNDEZ, J. M.; RAMÍREZ-SUAREZ, J.; TORRES-LLANEZ, M. J.; GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A. F.; VALLEJO-CÓRDOBA, B. Sour Orange *Citrus aurantium* L. flowers: A new vegetable source of milk-clotting proteases. **LWT – Food Science and Technology**, v. 54, p. 325-330, 2013.

MERHEB, C.W.; CABRAL, H.; GOMES, E.; SILVA, R. Partial characterization of protease from a thermophilic fungus, *Thermoascus aurantiacus*, and its hydrolytic activity on bovine casein. **Food Chemistry**. v. 104, p. 127-131, 2007.

MESSENS, W.; VAN DE WALLE, D.; AREVALO, J.; RUZZENENTE, O.; FERRARIO, R.; HENDRIKS, H.; DALLAGLIO, F. Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 10, p. 359-367, 2000.

MUJOO, R.; TRINH, D. T.; NG, P. K. W. **Characterization** of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. **Food Chemistry**, v. 82, n. 2, p. 265-273, 2003.

NOH, E. J.; PARK, S.Y.; PAK, J.Y.; HONG, S.T. **Coagulation of soymilk and quality of tofu** as affected by freeze treatment of soybeans. **Food Chemistry**, v. 91, p. 715-721, 2005.

NUNES, J. S.; SOUSA, E. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; MOREIRA, I. S. Avaliação do perfil físico e reológico de bebida de soja sabor iogurte com polpa de morango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.1, p.229-233, 2014.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Editora Manole, Barueri/SP, p. 373 – 374, 2006.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: Componente dos alimentos e processos**. Tradução de Fátima Murad, v. 1, p. 294. Porto Alegre:Editora Artmed, 2005.

O'TOOLE, D. K. **Soybean Soymilk, Tofu, and Okara**. Encyclopedia of Food Grains (Segunda Edição), v. 3, p. 134-143, 2016.

PELEGRINE, D. H. G.; GASPARETTO, C. A. Whey proteins solubility as function of temperature and pH. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 77-80, 2005.

PRABHAKARAN, M.P., PERERA, C.O., VALIYAVEETIL, S. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. **Food Chemistry**, v. 99, n. 3, p. 492-499, 2006.

PREECE, K. E.; HOOSHYAR, N.; ZUIDAM, N. J. Whole soybean protein extraction processes: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 43, p. 163-172, 2017.

POYSA, V.; WOODROW, L.; YU, K. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality. **Food Research International**, v.39, n.3, p.309-317, 2006.

RAWLINGS, N. D.; BARRETT, A. J. BATEMAN, A. MEROPS: the peptidase database. **Nucleic Acids Research**, v.38, p.227-233, 2010.

REKHA, C. R.; VIJAYALAKSHMI, G. Influence of processing parameters on the quality of soycurd (tofu). **Journal of Food Science and Technology**, v.50, n.1, p. 176-180, 2013.

RINGGENBERG, E.; ALEXANDER, M.;CORREDIG, M. Effect of concentration and incubation temperature on the acid induced aggregation of soymilk. **Food Hydrocolloids**, v.30, n.1, 463e469, 2013.

ROSSET, M. **Distribuição de ácido fólico e minerais durante o processamento de extrato hidrossolúvel de soja e tofu**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2007.

SAPIENTIA. Enzimas coagulantes do leite. Origem vegetal – Cynara Cardunculus L. cardo.  
Disponível em: <https://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/629/18/4%C2%BA%20Ca%C3%ADtulo%20II-%20def..pdf>. Acessado em 21/01/2019.

SATHE, S. K. Protein solubility and functionality. In: N. S. Hettiarachchy (Ed.), **Food proteins and peptides** (pp. 95–124). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012.

SEO, S.H. CHO, S.J. Changes in allergenic and antinutritional protein profiles of soybean meal during solid-state fermentation with *Bacillus subtilis*. **LWT- Food Science and Technology**, v. 70, p. 208-212, 2016.

SERRAZANETTI, D.I.; NDAGIJIMANA, M.; MISEROCCHI, C.; PERILLO, L.; GUERZONI, E. Fermented tofu: Enhancement of keeping quality and sensorial properties. **Food Control**, v.34, n.2, p.336-346, 2013.

SCHMIDT, J. T.; CANTELLI, K.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; ZENI, J. Effects of vegetable coagulants in the production and storage of tofu. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.10, n.1, p.188-198, 2017.

SHOEMAKER, C.F.; NANTZ, J.; BONNANS, S.; NOBLE, A.C. **Rheological characterization of dairy products**. **Food Technology**, v. 46, n. 1, p. 98-104. 1992.

SILVA, C. F. G.; SANTOS, F. L.; SANTANA, M. V. L.; SILVA, M. V. L.; CONCEIÇÃO, T. A. Development and characterization of a soymilk Kefir-based functional beverage. **Food Science and Technology**, Campinas, Ahead of Print, p. 1-8, 2018.

SINGH, B. P.; VIJ, S.  $\alpha$ -Galactosidase activity and oligosaccharides reduction pattern of indigenous lactobacilli during fermentation of soy milk. **Food Bioscience**. v. 22, p. 32-37, 2018.

SOARES, E. F.; SILVA, A. C.; QUEIROZ, A. E. S. F.; GOMES, J. E. G.; HERCULANO, P. N.; MOREIRA, K. A. Potencial do látex da fruta pão (*Artocarpus aaltilis*) como agente coagulante do leite. **Ciência Rural**, v.45, n.1, p.149-154, 2015.

STEFFE, J.F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**, Freeman Press, 2nd. ed. East Lansing, 1996. 418p.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215-225, 2002.

SZCZESNIAK, A. S.; BOURNE, M. C. **Letters**. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. vii, 1995.

THEODOROPOULOS, V. C. T.; TURATTI, M. A.; GREINER, R.; MACEDO, G. A.; PALLONE, J. A. M. Effect of enzymatic treatment on phytate content and mineral bioaccessibility in soy drink. **Food Research International**, v.108, p.68-73, 2018.

TIAN, H.; GUO, G.; FU, X.; YAO, Y.; YUANA, L.; XIANG, A. Fabrication, properties and applications of soy-protein-based materials: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.120, p. 475-490, 2018.

UILIANA, M. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Análise energética de bebida mista de extrato hidrossolúvel de soja e suco de amora. **Revista Energia na Agricultura, Butucatu**, v.25, n.3, p.94-103, 2010.

VIEIRA, J. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; SANTOS, D C.; EGEEA, M. B. Study of the fermentative process of soybean beverage (glycine max) added with fructose and sucralose. **Revista Eixo**, Brasília, v. 7, n. 1, p.17-25, 2018.

XU, L.; DU, B.; XU, B. A systematic, comparative study on the beneficial health components and antioxidant activities of commercially fermented soy products marketed in China. **Food Chemistry**, v.174, p.202-213, 2015.

ZAKIR, M. M.; FREITAS, I. R. Benefícios à saúde humana do consumo de isoflavonas em produtos derivados da soja. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.2, n.3,p. 107-116, 2015.

ZHAO, D.; SHAH, N.P. Changes in antioxidant capacity, isoflavone profile, phenolic and vitamin contents in soymilk during extended fermentation. **LWT – Food Science Technology**, v.58, n.2, p. 454-62, 2014.

ZUO, F.; PENG, X.; SHI, X; GUO, S. Effects of high-temperature pressure cooking and traditional cooking on soymilk: Protein particles formation and sensory quality. **Food Chemistry**, v. 209, p. 50-56, 2016.

WANG, H. L. Tofu e tempeh as potential protein sources in the western diet. **Journal of the Association Oil Chemistry Science**, v. 61, n. 3, p. 528-534, 1984.

WANG, T.; QIN, G.X.; SUN, Z.W.; ZHAO, Y. Advances of research on glycinin and  $\beta$ -conglycinin: A review of two major soybean allergenic proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, p. 850-862, 2014.

WANG, X.; ZENG, M.; QIN, F.; ADHIKARI, B.; HE, Z.; CHEN, J. Enhanced CaSO<sub>4</sub>-induced gelation properties of soy protein isolate emulsion by pre-aggregation. **Food Chemistry**, v. 242, p. 459-465, 2018.

YANG, A.; JAMES, A. T. Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.93, n.12, p. 3065-3071, 2013.

YUAN, S.; CHANG, S. K. C. Texture profile of tofu as affected by Instron parameters and sample preparation, and correlations of Instron hardness and springiness with sensory scores. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 2, p. S136- S145, 2007.

ZHANG, H.; XI, W.; YANG, Y.; ZHOU, X.; LIU, X.; YIN, S.; ZHANG, J.; ZHOU, Z. Na on-line HPLC-FRSD system for rapid evaluation of the total antioxidante capacity of *Citrus* fruit. **Food Chemistry**, v. 172, p. 622-629, 2015.