

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA THAÍS ANTUNES

ELABORAÇÃO DE NATTO A PARTIR DO FEIJÃO MUNGO

LONDRINA

2023

LETÍCIA THAÍS ANTUNES

ELABORAÇÃO DE NATTO A PARTIR DO FEIJÃO MUNGO

Development of mung bean natto

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Takeo Ueno

LONDRINA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento do trabalho, mesmo para fins comerciais, sem a possibilidade de alterá-lo, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LETÍCIA THAÍS ANTUNES

ELABORAÇÃO DE NATTO A PARTIR DO FEIJÃO MUNGO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em
Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Data de aprovação: 28 de novembro de 2023

Cláudio Takeo Ueno
Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Isabel Craveiro Moreira Andrei
Doutorado em Química Orgânica pela Universidade de São Paulo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luciana Furlaneto-Maia
Doutorado em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal do Paraná
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pela paciência e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cláudio Takeo Ueno, pela atenção dedicada durante este trabalho e pela disposição em sanar as minhas dúvidas.

À minha amiga Giuliana, por ter dedicado um pouco de seu tempo para colaborar com este trabalho.

RESUMO

Os consumidores têm buscado cada vez mais alimentos funcionais em resposta ao aumento da incidência de doenças crônicas nos últimos anos. O *natto* de soja é um alimento funcional fermentado muito consumido no Japão e possui inúmeros benefícios comprovados à saúde, como redução do risco de trombose, osteoporose e ação anti-inflamatória. O feijão mungo é uma leguminosa cujo consumo também gera impactos positivos na saúde por suas propriedades anti-diabéticas, hepatoprotetoras, antioxidantes, antitumorais e anti-inflamatórias. Estudos prévios já demonstraram a possibilidade de elaboração do *natto* com outros substratos em substituição à soja. Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um *natto* de feijão mungo. Para isso, foram realizadas 5 fermentações em escala artesanal cujo feijão mungo foi inoculado com uma cultura *starter* de *Bacillus subtilis* *natto* e foi transferido para uma iogurteira para fermentação. O produto obtido a partir da fermentação 4 foi submetido a análises físico-químicas e foram obtidos os seguintes resultados: 9,30 g/100 g de proteínas, 0,47 g/100 g de lipídios, 59,57 g/ 100 g de umidade, 1,15 g/100 g de cinzas e 29,51 g/100 g de carboidratos. O produto também foi submetido à análise de custo, onde calculou-se o Ponto de Equilíbrio Contábil (PEC), obtendo-se o seguinte resultado: 201 unidades e R\$2713,50. Foi possível obter um produto visualmente semelhante ao *natto* de soja, com características físico-químicas de acordo com as encontradas em literatura existente. A análise de custo auxiliou a compreensão de aspectos econômicos do desenvolvimento de novos produtos. Apesar de ser menos rentável que a soja, o *natto* desenvolvido a partir do feijão mungo pode trazer outras vantagens como melhor perfil sensorial e sua não relação com produtos transgênicos.

Palavras-chave: leguminosa; *Bacillus subtilis* *natto*; fermentação; análise físico-química; análise de custo.

ABSTRACT

In recent years, consumers have been increasingly turning to functional foods in response to the growing prevalence of chronic diseases. Soy natto is a functional fermented food widely consumed in Japan offering a plethora of proven health benefits, like reduction of the risk of thrombosis, osteoporosis, and anti-inflammatory action. Mung bean is a legume and its consumption also has a positive impact on health due to its anti-diabetic, hepatoprotective, antioxidant, antitumor and anti-inflammatory properties. Previous research has already shown that it is possible to make natto with other substrates instead of soybeans. In this context, the objective of this study was to develop a mung bean natto. In order to do this, 5 small-scale fermentations were carried out in which mung beans were inoculated with a *Bacillus subtilis* natto starter culture and transferred to a yogurt maker for fermentation. The product from fermentation 4 was subjected to physicochemical analyses and the following results were obtained: 9,30 g/100 g of proteins, 0,47 g/100 g of lipids, 59,57 g/ 100 g of moisture, 1,15 g/100 g of ash e 29,51 g/100 g of carbohydrates. The product was also subjected to a cost analysis, where the Break-Even Point (BEP) was calculated, with the following result: 201 units and R\$2713,50 It was possible to obtain a product that is visually similar to soy natto, with physicochemical characteristics that are consistent with those found in the existing literature. Cost analysis was essential to understand the economic aspects of the development of new products. Although less profitable than soybeans, natto made from mung beans may offer other advantages, such as a better sensory profile and its lack of association with genetically modified products.

Keywords: legume; *Bacillus subtilis* natto; fermentation; physicochemical analysis; cost analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO GERAL	10
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 ALIMENTOS FERMENTADOS	11
3.1 ALIMENTOS FERMENTADOS DE SOJA	12
3.1.1 Natto	13
3.1.1.1 <i>Bacillus subtilis</i> natto	15
3.2 FEIJÃO MUNGO	16
4 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1 FERMENTAÇÃO DO FEIJÃO MUNGO	18
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	20
4.3 ANÁLISE DE CUSTO	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O interesse em alimentos funcionais tem crescido em resposta ao aumento da incidência de doenças crônicas. Os alimentos funcionais, são alimentos que contém compostos biologicamente ativos, com potencial de beneficiar a saúde, ou reduzir o risco de doenças e para isso, devem ser consumidos durante uma dieta comum (JEW; ABUMWEIS; JONES, 2009).

O feijão mungo (*Vigna radiata*), cultivado na Índia há milhares de anos, é uma leguminosa considerada como excelente fonte de proteína. Por sua significativa quantidade de amido, ele é utilizado para o preparo de massas em alguns países asiáticos (DAHIYA *et al.*, 2014). Além disso, estes grãos têm grande concentração de aminoácidos, minerais, vitaminas e fibras, e, por esta razão, o feijão mungo pode contribuir com ações antidiabéticas, hepatoprotetoras, antioxidantes, antitumorais e anti-inflamatórias (ALI *et al.*, 2015).

A fermentação é um processo utilizado desde tempos antigos, para a preservação de alimentos e para ampliar suas qualidades nutricionais e sensoriais (CHEN *et al.*, 2020). A fermentação tem a capacidade de aumentar significativamente a concentração de compostos funcionais presentes nos alimentos. (DONG *et al.*, 2020). A pesquisa de Dong *et al.* (2020) por exemplo, determinou que a castanha chinesa fermentada com o *Bacillus subtilis* natto, quando comparada com a castanha chinesa não fermentada, possuía atividade fibrinolítica (antitrombose), antioxidante e efeito hipoglicêmico.

O *B. subtilis* natto é tradicionalmente utilizado para a fermentação da soja originando o produto conhecido como *natto*. Neste produto, os grãos inteiros, cozidos de soja são cobertos por uma substância viscosa de polímeros de ácido glutâmico (SATO, 2001). Porém, estudos demonstraram que esta bactéria pode ser utilizada na fermentação de diferentes substratos, além da soja, com sucesso, como por exemplo farelo de milho (CHU *et al.*, 2019), lentilhas (CHEN *et al.*, 2020) e castanhas chinesas (DONG *et al.*, 2020). Durante a fermentação, o *B. subtilis* natto converte o amido e as proteínas do substrato utilizado em aminoácidos, vitaminas e certas enzimas, como a nattoquinase, enzima com alta atividade fibrinolítica (DONG *et al.*, 2020).

A fermentação utilizando o *B. subtilis* natto é simples, economicamente viável, rápida, levando menos que um dia, e, consegue ampliar os benefícios de alimentos que já apresentam inicialmente efeitos positivos à saúde (SATO, 2001).

O *natto* é um alimento com inúmeros benefícios comprovados à saúde, sendo de grande interesse sua inserção em qualquer dieta. Porém, sua aparência e sabor são grandes barreiras para muitas pessoas o incluírem em sua alimentação diária. Portanto, este trabalho pretende investigar um substrato alternativo de *natto*, ampliando as possibilidades de popularização desse alimento, pelos diferentes perfis sensoriais. Além disso, por sua simplicidade e baixo custo, a fermentação com o *B. subtilis* natto é um método interessante para obtenção de alimentos fermentados.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade técnica de utilizar o *Bacillus subtilis* natto para fermentação do feijão mungo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qual o método mais adequado para a fermentação do feijão mungo com o *Bacillus subtilis* natto;
- Verificar se o produto obtido apresenta propriedades físico-químicas adequadas para um produto *natto*;
- Analisar os custos envolvidos na produção do *natto* de feijão mungo.

3 ALIMENTOS FERMENTADOS

Acredita-se que a fermentação de alimentos tenha se desenvolvido entre 10.000 e 15.000 anos atrás, como uma forma de preservá-los. Além disso, a fermentação também permite que estes se tornem mais nutritivos, com melhor digestibilidade e características sensoriais, como sabor e odor (SATO, 2001).

Os gêneros de microrganismos mais comumente usados na fermentação são *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Actinomucor*, *Monascus*, *Saccharomyces*, *Neurospora*, *Acetobacter*, *Bacillus* e *Lactobacillus* (HESSELTINE; WANG, 1967).

Durante a fermentação os microrganismos modificam muitos dos constituintes dos alimentos, gerando uma gama de alterações bioquímicas. Por meio disso, tornou-se possível a extração natural de diversos componentes, com destaque para os antioxidantes que detêm grande importância na prevenção de doenças como a artrite, aterosclerose, enfisema e câncer. Além dos antioxidantes, com o crescimento microbiano durante a fermentação, pode ocorrer a síntese de enzimas como a fitase, amilase, inulinase, celulase e lipase, além de metabólitos como o ácido láctico, ácido cítrico e pigmentos (ZHANG *et al.*, 2012).

Existem evidências de que as primeiras formas de leite fermentado tenham surgido entre 6000 e 4000 a.C. Acredita-se que quase todas as civilizações do mundo tenham desenvolvido algum tipo de leite fermentado, entre eles pode-se citar o *dahi*, uma espécie de manteiga fermentada indiana; o *leben* do Iraque, um tipo de iogurte; o yakult do Japão, produto muito popular em todo o mundo, fermentado por meio do bacilo *Lb. casei* variação Shirota; entre outros (PRAJAPATI; NAIR, 2008).

O pão é um dos fermentados de cereal mais antigo e difundido do mundo. A arte moderna de fazer pão surgiu no Egito há aproximadamente 3500 anos. Os egípcios foram muito provavelmente os primeiros a observar a fermentação e a levedação quando a massa do pão era deixada em repouso por horas (PRAJAPATI; NAIR, 2008).

As leguminosas fermentadas têm, em sua maioria, origem em países Orientais. Algumas são ainda estranhas ao paladar ocidental, como o *natto* e o *tempeh*, porém outras, como o *shoyu*, são bem difundidas em especial por conta das tendências gastronômicas atuais. As leguminosas fermentadas incluem uma variedade bem grande de produtos, como ervilhas, grão-de-bico e feijões, porém a

soja é provavelmente uma das matérias-primas mais utilizadas na fermentação (MARTIN, 2022).

3.1 ALIMENTOS FERMENTADOS DE SOJA

Um aspecto interessante da fermentação da soja, em comparação com os outros tipos de fermentação, é que, ao contrário das demais, a fermentação da soja não tem como objetivo a preservação do alimento e sim a melhora de características organolépticas. Desde o princípio, buscava-se com a fermentação da soja, o desenvolvimento de um sabor mais agradável e a destruição de sabores indesejados. Um motivo para isso seria sua origem em países asiáticos, que têm como base de sua alimentação o arroz, um alimento considerado sem muito sabor, quando consumido sozinho, portanto, sempre houve uma busca por acompanhamentos que tivessem sabores únicos (HESSELTINE; WANG, 1967). Além disso, pode-se destacar outros fatores cruciais para que ocorresse o amplo desenvolvimento dos fermentados de soja em países asiáticos: o consumo de carne e outros alimentos de origem animal é restringido por algumas religiões, e, em certos países a criação extensiva de animais é limitada por conta da pouca disponibilidade de espaço (MARTIN, 2022). Os produtos fermentados de soja mais conhecidos no Ocidente são o *shoyu* e o missô, mas existem outros muito populares em sua região de origem, como o *sufu*, um tipo de tofu fermentado de origem chinesa; o *tempeh*, de origem indonésia, um fermentado de grãos de soja que formam uma massa sólida; e o *natto*, de origem japonesa (HESSELTINE; WANG, 1967).

Estima-se que o mercado de alimentos fermentados crescerá em 846,73 bilhões de dólares até 2027 e que o maior crescimento se concentrará no continente Asiático e conseqüentemente, nos produtos fermentados de soja, principais fermentados produzidos neste continente (FUNK, 2023).

Entre os produtos fermentados de soja, o molho de soja (*shoyu*) é o de maior destaque, sendo o mais popular e conhecido globalmente, tendo seu uso em países ocidentais expandido exponencialmente nas últimas décadas. Em 2018, foi estimado um valor de 40 bilhões de dólares para o mercado global do *shoyu*, com uma estimativa de crescimento para o período de 2019 a 2025 de cerca de 6% ao ano (MARTIN, 2022).

Em 2022, relatórios mostraram que o mercado de *natto* atingiu o valor de 1,6 bilhões de dólares, e, estima-se que este valor chegue a quase o dobro até 2029 (REPORTS AND MARKETS, 2023).

Além dos alimentos fermentados de soja propriamente ditos, há um crescente mercado dedicado a explorar os compostos bioativos gerados durante a fermentação desses alimentos. Entre 2018 e 2022 foram feitos 334 pedidos de patente relativos ao desenvolvimento e inovação de produtos elaborados a partir de substâncias obtidas durante o processo de fermentação da soja (PRADO *et al.*, 2022).

3.1.1 *Natto*

O *natto* é um alimento fermentado, originalmente produzido a partir da inoculação da soja com o *B. subtilis natto*, comum na culinária japonesa, e de outros países asiáticos, onde é consumido com arroz, carnes, vegetais e frutos do mar (OHTA, 1986).

Quando se iniciou a produção do *natto*, há mais de mil anos (SATO, 2001), o seu preparo envolvia simplesmente embalar os grãos cozidos da soja em palha de arroz e deixá-los fermentando em temperatura ambiente (OHTA, 1986). Entre os anos 1860 e 1870, iniciou-se o desenvolvimento das técnicas modernas de fermentação com a elaboração e uso das chamadas “culturas *starter*”, culturas puras de cepas específicas de bactérias, capazes de iniciar rapidamente uma fermentação, devido à grande concentração de microrganismos (DURSO; HUTKINS, 2003). A técnica moderna de inoculação com uma cultura *starter* de *B. subtilis natto* foi desenvolvida após o ano 1920 (OHTA, 1986).

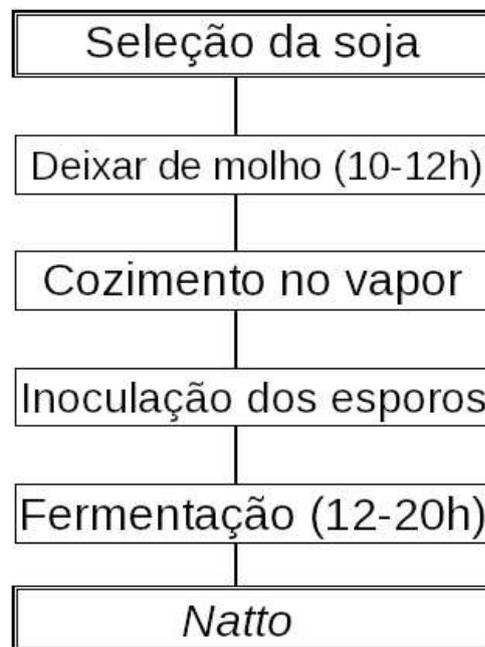
Para o desenvolvimento do *natto*, primeiramente a soja passa por processo de seleção por meio de peneiras, durante este processo, contaminantes como galhos, grãos de terra e folhas são removidos e os menores grãos de soja são selecionados para serem fermentados (HOSOI; KIUCHI, 2008). Após a seleção, a soja deve ser mantida de molho durante a noite ou até os grãos absorverem água o suficiente para dobrarem de volume (SATO, 2001). Após essa etapa, a soja deve ser cozida no vapor até que fique tenra, além de amaciar os grãos de soja, o cozimento a vapor desnatura enzimas indesejáveis da soja como as inibidoras da tripsina e também elimina microrganismos contaminantes.

Logo após o cozimento, com os grãos de soja ainda quentes (aproximadamente 85°C), a inoculação com uma suspensão de água contendo o *B. subtilis* natto já pode ser realizada (HOSOI; KIUCHI, 2008). Após a inoculação a soja é incubada em recipiente estéril a temperaturas entre 40° e 43°C, por 12 a 20 horas (HU *et al.*, 2010).

Durante a fermentação a temperatura interna dos grãos pode atingir até 52°C (HOSOI; KIUCHI, 2008).

Na figura 1 pode-se observar o fluxograma da produção do *natto*.

Figura 1 - Fluxograma da produção de *natto*



Fonte: Hosoi e Kiuchi (2008)

O produto final tem alta viscosidade, pois durante a fermentação, o *B. subtilis* natto produz polímeros de ácido glutâmico. Uma grande cobertura de polímeros muito viscosos é indicativo de um *natto* de alta qualidade. O *natto* normalmente fica com uma coloração escura e, por conta do seu nível elevado de ácidos graxos livres, possui um sabor adstringente (SATO, 2001).

O consumo de *natto* está relacionado a diversos benefícios à saúde, entre eles pode-se destacar redução de risco de trombose (SUZUKI, *et al.*, 2003); fortalecimento dos ossos, reduzindo risco de osteoporose (KATSUYAMA, *et al.*, 2004) e ação anti-inflamatória (PAN *et al.*, 2009).

As leguminosas fermentadas são versáteis e permitem muitas possibilidades de diversificação no que diz respeito à sua formulação, por conta disso, a soja pode ser substituída como substrato por outras leguminosas como feijões e grão-de-bico. (MARTIN, 2022). Por isso, apesar de a soja ser o substrato original do *natto*, pesquisas comprovaram que é possível realizar a fermentação de vários tipos de grãos e sementes, a partir da inoculação com o *B. subtilis* natto e, com isso, melhorar a funcionalidade desses diferentes substratos. Słowik-Borowiec *et al.* (2021), por exemplo, em sua pesquisa fermentou milho, milho, semente de girassol, lentilha, grão-de-bico, feijão mungo, fava, ervilha e tremoço, obtendo resultados promissores em relação à quantidade de menaquinona-7 (MK7), útil para prevenção de osteoporose e doenças vasculares (MAHDINIA; DEMIRCI; BERENJIAN, 2017). Além desse estudo, também pode-se citar a pesquisa de Dong *et al.* (2019) que se propôs a fermentar castanha chinesa, conseguindo aumentar significativamente seus componentes funcionais.

3.1.1.1 *Bacillus subtilis* natto

O *B. subtilis* natto é uma bactéria aeróbica, gram-positiva, de formato cilíndrico e formadora de esporos. Derivada do *B. subtilis*, é uma cepa *starter* isolada especificamente para a produção de *natto*. O nome desta cepa refere-se a pelo menos três tipos de *starter* comerciais disponíveis no Japão (NISHITO *et al.*, 2010).

Acredita-se que esta cepa de *B. subtilis* tenha sido isolada pela primeira vez há aproximadamente 100 anos. Antes de seu isolamento, a palha de arroz era utilizada para se iniciar a fermentação, já que ela é o habitat natural das cepas de *B. subtilis* que possuem a capacidade de fermentar o *natto*. Estudos genéticos recentes, chegaram à conclusão de que o que determina a capacidade de realizar a fermentação do *natto* do *B. subtilis* natto, quando comparada a outras cepas de *B. subtilis*, são mutações nos genes *degQ* e *swrA*, responsáveis por regular a síntese dos polímeros que dão ao *natto* sua viscosidade (KUBO *et al.*, 2011).

O *B. subtilis* natto é capaz de produzir uma gama de compostos benéficos à saúde, entre eles os frutooligossacarídeos (FOS), compostos prebióticos capazes de estimular o crescimento de bactérias benéficas no cólon humano (BERSANETI *et al.*, 2018); a MK7, uma das principais formas da vitamina K2 no organismo humano, essencial para a coagulação sanguínea (WANG *et al.*, 2019); a nattoquinase, que

possui uma potente atividade fibrinolítica, ou seja, antitrombose (KU; TSAI; PAN, 2009); e os lipopeptídeos, substâncias com propriedades antifúngicas, antibióticas, antitumorais e antivirais (WANG *et al.*, 2007).

Além disso, o *B. subtilis* natto também sintetiza substâncias de interesse para a indústria de alimentos como enzimas coagulantes de leite, potenciais substitutos da renina na produção de queijos (WU; CHANG; SHIH, 2013); e o ácido poli- γ -glutâmico, principal responsável pela viscosidade do *natto*, que pode ser utilizado em embalagens biodegradáveis (OGAWA *et al.*, 1997).

3.2 FEIJÃO MUNGO

O feijão mungo (*Vigna radiata*), é uma leguminosa de grande importância para a agricultura asiática, em especial para a Índia, local provável de sua origem há pelo menos 3.500 anos (LAMBRIDES; GODWIN, 2007).

O feijão mungo é uma leguminosa de climas quentes, adaptada a condições tropicais e subtropicais, podendo ser cultivada em qualquer ambiente que tenha temperaturas acima dos 15°C (LAMBRIDES; GODWIN, 2007). Um ciclo curto de crescimento (75 a 90 dias), o fato de exigir pouca água e de encaixar-se facilmente na rotação de cultura com cereais, são algumas das vantagens do cultivo do feijão mungo (DAHIYA *et al.*, 2014). Sua planta é de baixa estatura, menos de 1,25 m e possui galhos, suas folhas são trifoliadas (LAMBRIDES; GODWIN, 2007). Suas vagens crescem em agrupamentos próximos ao topo da planta. Cada vagem pode conter de 8 a 15 grãos. Os grãos são verdes ou amarronzados, possuem formato esférico e hilo plano (DAHIYA *et al.*, 2014), são bem menores que outras leguminosas e podem ser brilhantes ou opacos (LAMBRIDES; GODWIN, 2007).

Na maior parte do mundo, o feijão mungo é consumido na forma de brotos que recebem o nome de *moyashi*, comumente consumidos em saladas. Porém, na Índia, sudeste e leste da Ásia, o feijão mungo serve como complemento às dietas com base em cereais, onde ele é preparado de diversos modos entre eles, cozido, fermentado ou na forma de farinha, onde ele pode ser utilizado na confecção de sopas, mingaus, *curries*, bebidas alcoólicas e na panificação (LAMBRIDES; GODWIN, 2007).

Esta leguminosa é muito rica em macro e micronutrientes com potente atividade antioxidante. O consumo de feijão mungo também promove a redução da glicose no sangue. Além disso, seu consumo também reduz o risco de obesidade, de

doenças cardiovasculares, de câncer, e inflamações. Também possui alto potencial antimicrobiano (GANESAN; XU, 2018).

No Brasil, o feijão mungo vem ganhando importância, por causa da alta demanda internacional por sementes secas de leguminosas utilizadas na alimentação, as chamadas *pulses*. As áreas de plantio do feijão mungo têm se concentrado no estado do Mato Grosso, onde o feijão-mungo demonstra ser uma alternativa de cultivo durante a safreinha e, além disso, mostra-se como uma opção para aumentar a oferta de alimentos, de origem vegetal, ricos em proteínas (ALVES *et al.*, 2018).

Algumas pesquisas já avaliaram fermentações utilizando o feijão mungo como base, entre elas pode-se destacar a pesquisa de Ali *et al.* (2015) que promoveu uma fermentação do feijão mungo e da soja a partir do fungo *Rhizopus spp.*, os produtos finais foram comparados. Outra pesquisa também efetuou uma comparação entre fermentados de soja e de feijão mungo, o estudo de Landete *et al.* (2015), onde os grãos foram fermentados pela bactéria *Lactobacillus plantarum*, salienta-se que esta pesquisa foi realizada com o objetivo de demonstrar como o feijão mungo e a soja são grãos distintos, já que, na Espanha, país de origem deste estudo, o feijão mungo era comercializado sob o nome de “soja verde”. Além disso, o feijão mungo foi um dos substratos escolhidos para a fermentação com o *B. subtilis natto* na pesquisa de Słowik-Borowiec *et al.* (2021), sendo a leguminosa que obteve os melhores resultados em relação à quantidade de MK7.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O feijão mungo foi adquirido no comércio da cidade de Londrina-PR e a cultura *starter* de *natto* foi obtida via internet em sites especializados. Na figura 2 pode-se visualizar a cultura *starter* utilizada nesta pesquisa.

Figura 2 - Cultura *starter* de *natto*



Fonte: Aatoria Própria (2023)

4.1 FERMENTAÇÃO DO FEIJÃO MUNGO

O feijão mungo foi fermentado como descrito por Ohta (1986). O feijão mungo foi mantido de molho entre 12 e 20 horas e após isso foi cozido no vapor com auxílio de uma panela de pressão durante aproximadamente 30 minutos ou até que os grãos se tornassem tenros. Optou-se por utilizar o cozimento a vapor para reduzir a quantidade de água incorporada nos grãos cozidos, visto que, uma quantidade

excessiva de água pode prejudicar a fermentação ao provocar a diluição de carboidratos.

Logo após o cozimento, com os grãos ainda quentes (aproximadamente 80°C), foi realizada a inoculação do feijão mungo cozido considerando-se a proporção de 1 g de cultura *starter* de *natto* em pó para cada 250 g de feijão mungo cozido, promovendo-se uma boa homogeneização. O feijão inoculado foi então transferido para uma iogurteira da marca Izumi, a fim de que fosse mantida uma temperatura média de 42°C. O feijão foi fermentado por aproximadamente 20 horas. Um fluxograma do processo de fermentação pode ser observado na figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da fermentação do feijão mungo



Fonte: Autoria Própria (2023)

Foi pesada a amostra seca, cozida e após a fermentação, para que fosse possível observar a variação de umidade durante todo o processo.

Foram realizadas 5 fermentações, sendo que para a fermentação 1 foi utilizada uma quantidade inicial de 200 g do feijão mungo, para a fermentação 4 utilizou-se a quantidade inicial de 160 g e para as demais fermentações a quantidade inicial utilizada foi de 100 g de feijão mungo.

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Foram realizadas análises físico-químicas apenas no produto da fermentação 4. As análises físico-químicas efetuadas foram: determinação de proteínas, determinação de lipídios, análise do teor de umidade e a determinação das cinzas. Uma amostra do produto foi enviada ao laboratório Alax, na cidade de Maringá-PR, para que fossem realizadas as análises mencionadas. Os carboidratos foram quantificados por diferença, com base nos resultados obtidos nestas análises.

4.3 ANÁLISE DE CUSTO

Uma análise simples de custo foi realizada, para que se pudesse avaliar a viabilidade de introduzir o *natto* de feijão mungo no mercado, a análise foi realizada como descrita por Soares e Gabriel (2019).

Para isso, a princípio foi realizado um levantamento de preços do *natto* de soja no comércio de Londrina. A maior parte dos custos fixos foram obtidos por meio de pesquisa na internet, com exceção da análise físico-química, cujo valor foi adquirido por meio de orçamento. Os custos variáveis totais foram obtidos por meio de pesquisa na internet. Para a obtenção dos custos variáveis unitários, considerou-se a capacidade da iogurteira de produzir 500 g do produto fermentado por dia.

Com base nos valores obtidos foi calculado o Ponto de Equilíbrio Contábil por meio da Equação (1).

$$\text{PEC (em quantidade)} = \text{CF/PVU} - \text{CVU} \quad (1)$$

Onde:

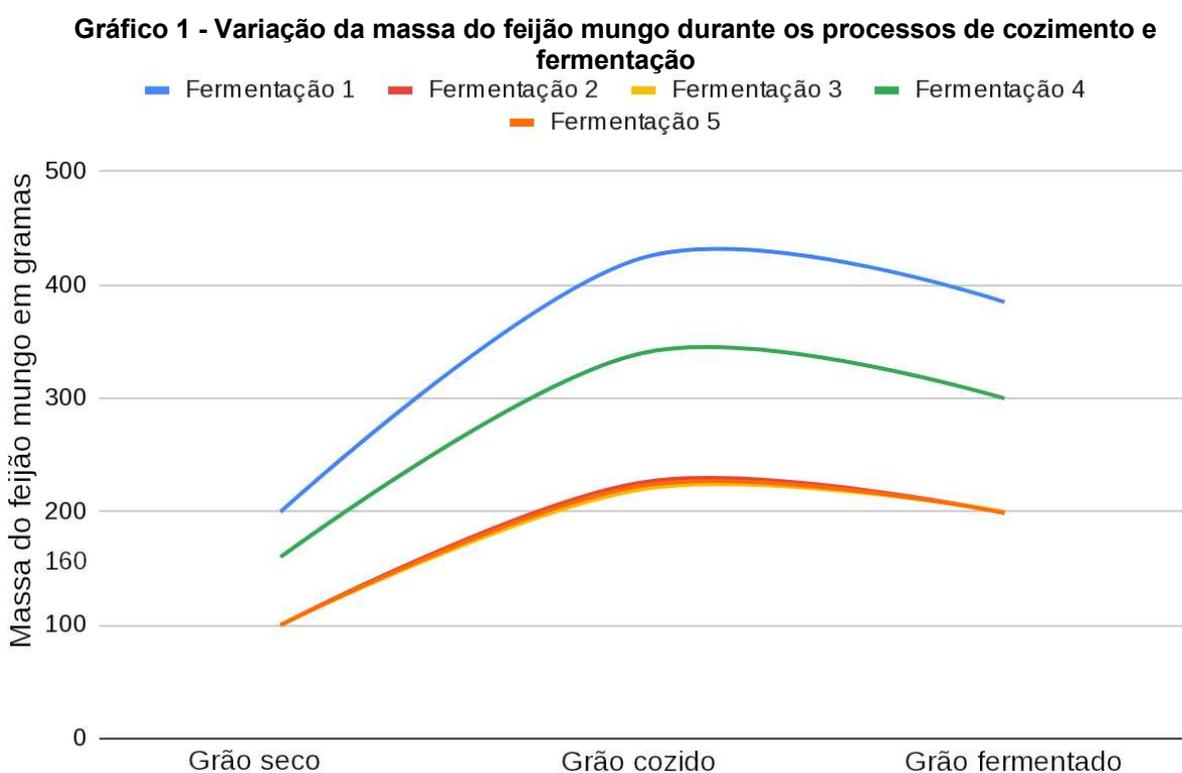
CF = custo fixo

PVU = preço de venda unitário

CVU = custo variável unitário

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 5 fermentações e foi avaliada a variação da massa pesando-se o produto seco, cozido e fermentado, para que se pudesse verificar a variação do teor de água. Os grãos secos tiveram um ganho de água médio de 120%. Considerando o feijão mungo já cozido, a fermentação provocou, em média, uma perda de água de 10,55%. No Gráfico 1 é possível observar a variação da quantidade de água nos processos pelos quais o feijão mungo passa.



Fonte: Autoria própria (2023)

Onde o início das curvas representa a massa dos grãos secos, o pico representa a massa dos grãos cozidos e o final da curva representa a massa dos grãos fermentados.

Analisando o gráfico é possível perceber que o produto final tem aproximadamente o dobro de peso do grão seco, portanto com 1 kg de feijão mungo seco é possível produzir aproximadamente 2 kg de produto fermentado.

De acordo com Hosoi e Kiuchi (2008), o *natto* de soja tem uma perda de aproximadamente 20% de água durante a fermentação. Uma possível explicação para

a diferença entre a perda de água durante a fermentação da soja, quando comparada com a fermentação do feijão mungo, é a considerável diferença entre o tamanho dos grãos, o feijão mungo, como já mencionado, é muito menor que outras leguminosas.

No que diz respeito às características visuais, pôde-se observar ao final de cada fermentação que foi possível obter um fermentado semelhante ao *natto* de soja, com alta produção dos característicos “fios” de ácido glutâmico. Na figura 2 é possível observar e comparar o *natto* de soja e o *natto* de feijão mungo.

Figura 4 - Natto de soja e natto de feijão mungo



Fonte: Autoria própria (2023)

Quanto às características físico-químicas, a Tabela 1 apresenta os resultados obtidos durante as análises realizadas, no produto fermentado da fermentação 4, pelo laboratório Alax.

Tabela 1 - Análises físico-químicas do *natto* de feijão mungo obtido por meio da fermentação 4

Análise	Resultado (em 100 g)
Umidade	59,57 g
Proteína	9,30 g
Lipídios	0,47 g
Cinzas	1,15 g
Carboidratos	29,51 g

Fonte: Autoria própria (2023)

Comparado à Tabela Nutricional do feijão mungo usado para esta fermentação, houve uma redução de 54,6% nos carboidratos e de 53,5% nas proteínas durante a fermentação. De acordo com Wang, Chang e Lin (2021), o *B. subtilis* natto produz enzimas extracelulares durante seu crescimento, e, estas enzimas degradam proteínas, carboidratos, lipídios e outras macromoléculas. Chen *et al.* (2022) também demonstrou a degradação de macromoléculas durante a fermentação do *natto* de soja. Além disso, estes resultados também são condizentes com a pesquisa de Słowik-Borowiec *et al.* (2022), onde o feijão mungo teve uma das quedas mais expressivas na quantidade de proteínas, quando comparado às outras leguminosas.

Quanto ao sabor, apesar de não ter sido realizada uma análise sensorial, pode-se supor, por meio dos resultados da análise físico-química, que o *natto* de feijão mungo possui um sabor mais agradável quando comparado ao *natto* de soja. Esta suposição pode ser realizada pois o feijão mungo apresenta uma quantidade menor de lipídios quando comparado com a soja e os lipídios são responsáveis por alguns dos sabores desagradáveis presentes no *natto* de soja (OHTA, 1986).

Foi realizada uma análise simples de custo proposto para uma produção inicial, considerando-se porções de 100 g de produto. Pode-se observar os custos que foram levantados para esta análise na Tabela 2.

Tabela 2 - Levantamento dos custos envolvidos na produção do *natto* de feijão mungo

Custo Fixo		Custo Variável		
Descrição	Valor	Descrição	Valor Total (7,5 kg)	Valor Unitário (100 g)
Mão-de-obra	R\$1320,00	Embalagem	R\$75,00	R\$0,50
Luz	R\$52,32	Matéria-prima	R\$172,50	R\$1,15
Água	R\$40,00	Rótulo	R\$60,00	R\$0,40
Análises físico-químicas	R\$830,00	Cultura <i>starter</i> de <i>natto</i>	R\$39,00	R\$0,26
Total	R\$2242,32	Total	R\$346,50	R\$2,31

Fonte: Autoria própria (2023)

Após um levantamento de preços do *natto* de soja realizado no comércio de Londrina, decidiu-se por um valor de R\$13,50 para o preço unitário, porções de 100 g, do *natto* de feijão mungo. Levando em consideração a capacidade de fermentação da iogurteira, de 500 g por dia, obteve-se uma quantidade mensal de 150 unidades de 100 g do *natto* de feijão mungo, o que equivale a 15 kg de produto total. Ainda, considerando que o produto fermentado final tem o dobro de peso do grão seco, para determinar o custo de matéria-prima, foi considerado 7,5 kg de matéria prima total. O

Ponto de Equilíbrio Contábil (PEC) obtido com esses dados foi de aproximadamente 201 unidades ou R\$2713,50, estes valores indicam a quantidade mínima em unidades e em reais que precisam ser vendidos do produto, para não incorrer em prejuízo.

Na tabela 3 pode-se observar como seriam os custos variáveis se a matéria prima usada fosse a original, a soja.

Tabela 3 - Levantamento dos custos variáveis envolvidos na produção do *natto* de soja

Custo Variável		
Descrição	Valor Total	Valor Unitário (100 g)
Embalagem	R\$75,00	R\$0,50
Matéria-prima	R\$37,50	R\$0,25
Rótulo	R\$60,00	R\$0,40
Cultura <i>starter</i> de <i>natto</i>	R\$39,00	R\$0,26
Total	R\$211,50	R\$1,41

Fonte: Autoria própria (2023)

Utilizando este novo valor unitário total de custo variável, mas mantendo todos os outros valores já encontrados na análise de custo do *natto* de feijão mungo (custo fixo e preço unitário), foi então calculado o PEC para o *natto* de soja e o resultado obtido foi de 186 unidades ou R\$2511,00.

Observa-se, portanto, que a soja é mais rentável que o feijão mungo, mas isso já era um resultado esperado, considerando que a soja tem posição de destaque no Brasil desde 1970, sendo até hoje a cultura que apresenta as maiores taxas de crescimento na produção, tendo papel fundamental para a geração de divisas e para o Produto Interno Bruto (PIB) do país (FERREIRA, 2011). Estes fatores fazem com que a soja seja mais barata quando comparada ao feijão mungo, que não é uma cultura tradicional no Brasil.

Portanto, o foco do desenvolvimento do *natto* de feijão mungo não é encontrar uma matéria prima mais rentável que a soja. Há outras possíveis vantagens de se desenvolver um *natto* a partir de outra matéria prima entre elas destaca-se um melhor perfil sensorial, a pesquisa de Tsumura *et al.* (2012) sugere que a característica que mais afeta a preferência por *natto* é o sabor e, como já mencionado, o feijão mungo é pobre em lipídios, cuja degradação gera alguns sabores desagradáveis no *natto* de soja (OHTA, 1986).

Além disso, a soja é muito questionada quando se fala de transgênicos. Apesar de estudos demonstrarem a segurança da soja transgênica disponível no mercado, muitos consumidores ainda têm suas dúvidas. No Brasil a área plantada de

soja transgênica é maior que a de soja comum. É antiga a controvérsia dos produtos transgênicos entre políticos, cientistas e consumidores, incluindo preocupações com a agricultura, o meio ambiente e a saúde (LIN *et al.*, 2022). Portanto, outra vantagem que se pode destacar na utilização do feijão mungo para a produção de *natto* é que o feijão mungo não possui estas mesmas preocupações atreladas à soja.

6 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um fermentado de feijão mungo similar ao *natto* de soja, com aspectos físico-químicos semelhantes aos encontrados na literatura.

Apesar de não ter sido realizada uma análise sensorial, aspectos físico-químicos do produto analisado podem ajudar a presumir seu possível perfil sensorial, por meio da comparação com a literatura a respeito do *natto* de soja.

Com a análise de custo realizada foi possível visualizar de um modo mais conciso os processos de determinação de quantidade a ser produzida e preço envolvidos no desenvolvimento de um novo produto.

O aspecto visual observado (cor) do produto, apresentou-se mais escura, o que era esperado devido a cor natural do feijão mungo.

O polímero viscoso que o *natto* de soja possui, também foi observado no *natto* de feijão mungo, esta característica é importante pois este polímero é um dos componentes desse fermentado que possui propriedades bioativas.

Apesar de ser menos rentável que a soja, a utilização do feijão mungo como matéria prima para a produção de *natto* pode trazer outras vantagens como melhor perfil sensorial e sua não relação com produtos transgênicos.

REFERÊNCIAS

ALI, Norlaily Mohd *et al.* Comparison of free amino acids, antioxidants, soluble phenolic acids, cytotoxicity and immunomodulation of fermented mung bean and soybean. **J. Sci. Food Agric.**, v. 96, n. 5, p. 1648-1658, mai. 2015.

ALVES, Stephanie Mariel *et al.* Correlação entre caracteres e produtividade de grãos de linhagens de feijão-mungo. In: NASCIMENTO, Alexandre Ferreira do. **Resumos do II Encontro de Ciência e Tecnologias Agrossustentáveis e da VII Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril**, Brasília: Embrapa, 2018. p. 61-64.

BERSANETI, Gabrielly Terassi *et al.* Co-production of Fructooligosaccharides and Levan by Levansucrase from *Bacillus subtilis* natto with Potential Application in the Food Industry. **Appl. Biochem. Biotechnol.** Suíça, v. 184, n. 3, p. 838-851, mar. 2018.

CHEN, Kaiyang *et al.* Co-fermentation of lentils using lactic acid bacteria and *Bacillus subtilis* natto increases functional and antioxidant components. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 86, n. 2, p. 475-483, set. 2020.

CHEN, Xuefeng *et al.* Quantitative analyses for several nutrients and volatile components during fermentation of soybean by *Bacillus subtilis* natto. **Food Chemistry**, v. 374, abr. 2022.

CHU, Jiayi *et al.* Improved physicochemical and functional properties of dietary fiber from millet bran fermented by *Bacillus* natto. **Food Chemistry**, v. 294, n. 1, p. 79-86, out. 2019.

DAHIYA, P. K. *et al.* Mung Bean: Technological and Nutritional Potential. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 5, p. 670-688, nov. 2014.

DONG, Ming-Zhu *et al.* Development of fermented chestnut with *Bacillus* natto: Functional and sensory properties. **Food Research International**, Essex, v. 130, abr. 2020.

DURSO, L.; HUTKINS, R. Starter Cultures. In: CABALLERO, Benjamin; TRUGO, Luiz; FINGLAS, Paul M. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. 2ª ed. Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 5583-5593.

FERREIRA, Felipe Machado. **A importância da soja e seus derivados para a economia brasileira a partir da década de 1970**. 2011. 46 f. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2011.

FUNK, Linda. USSEC. **Four Reasons Why Consumers May Take a Closer Look at Fermented Soy Foods**, 2023. Disponível em <<https://ussec.org/four-reasons-why-consumers-may-take-a-closer-look-at-fermented-soy-foods/>> Acesso em 7 nov. 2023.

GANESAN, Kumar; XU, Baojun. A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). **Food Science and Human Wellness**, v. 7, n. 1, p. 11-33, mar. 2018.

HESELTIME, C. W.; WANG, Hwa L. Traditional Fermented Foods. **Biotechnology and Bioengineering**, Nova Jersey, v. 9, n. 3, p. 275-288, jul, 1967.

HOSOI, Tomohiro; KIUCHI, Kan. Natto: A Soybean Food Made by Fermenting Cooked Soybeans with *Bacillus subtilis* (*natto*). In: FARNWORTH, Edward R. **Handbook of Fermented Functional Foods**. 2^a ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 267-284.

HU, Yongjin *et al.* Characterization of fermented black soybean natto inoculated with *Bacillus natto* during fermentation. **J. Sci. Food Agric.**, v. 90, n. 7, p. 1194-1202, mai. 2010.

JEW, Stephanie; ABUMWEIS Suhad S.; JONES Peter J.H. Evolution of the Human Diet: Linking Our Ancestral Diet to Modern Functional Foods as a Means of Chronic Disease Prevention. **Journal of Medicinal Food**, v. 12, n. 5, p. 925-934, jan. 2009.

KATSUYAMA, Hironobu *et al.* Promotion of Bone Formation by Fermented Soybean (Natto) Intake in Premenopausal Women. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.** Tóquio, v. 50, n. 2, p. 114-120, abr. 2004.

KUBO, Yuji *et al.* Phylogenetic Analysis of *Bacillus subtilis* Strains Applicable to Natto (Fermented Soybean) Production. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 18, p. 6463–6469, set. 2011.

KU, Ting-Wei; TSAI, Ruei-Lan; PAN, Tzu-Ming. A Simple and Cost-Saving Approach To Optimize the Production of Subtilisin NAT by Submerged Cultivation of *Bacillus subtilis* Natto. **J. Agric. Food Chem.** Washington, v. 57, n. 1, p. 292-296, jan. 2009.

LAMBRIDES, C. J.; GODWIN, I. D. Mungbean. In: KOLE, Chittaranjan. **Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: pulses, sugar and tuber crops.** Heidelberg: Springer Berlin, 2007. p. 69-90.

LANDETE, José María *et al.* Effect of soaking and fermentation on content of phenolic compounds of soybean (*Glycine max* cv. Merit) and mung beans (*Vigna radiata* [L] Wilczek). **Int. J. Food Sci. Nutr.** Londres, v. 66, n. 2, p. 203-209, jan. 2015.

LIN, Huan-Yu *et al.* Food Safety Assessment of Commercial Genetically Modified Soybeans in Rats. **Foods**, v. 11, n. 4, fev 2022.

MAHDINIA, Ehsan; DEMIRCI, Ali; BERENJIAN, Aydin. Production and application of menaquinone-7 (vitamin K2): a new perspective. **World J. Microbiol. Biotechnol.** Suíça, v. 33, n. 1, jan. 2017.

MARTIN, José Guilherme Prado. Leguminosas fermentadas. In: MARTIN, José Guilherme Prado; LINDNER, Juliano de Dea. **Microbiologia de Alimentos Fermentados.** São Paulo: Blucher, 2022. p. 170-190.

NISHITO, Yukari *et al.* Whole Research article genome assembly of a natto production strain *Bacillus subtilis* natto from very short read data. **BMC Genomics**, Suíça, v. 11, abr. 2010.

OGAWA, Yoshihiro *et al.* Efficient Production of γ -Polyglutamic Acid by *Bacillus subtilis* (natto) in Jar Fermenters. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Oxford, v. 61, n. 10, p. 1684-1687, jan. 1997.

OHTA, Teruo. Natto. In: REDDY, N. R.; PIERSON, Merle D.; SALUNKHE, D. K. **Legume-Based Fermented Foods.** Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 85-92.

PAN, Hung-Chuan *et al.* Dietary supplement with fermented soybeans, natto, improved the neurobehavioral deficits after sciatic nerve injury in rats. **Neurological Research**, Londres, v. 31, n. 5, p. 441-452, mar. 2009.

PRADO, Fernanda Guilherme do. Fermented Soy Products and Their Potential Health Benefits: A Review. **Microorganisms**, Basel, v. 10, n. 8, ago. 2022.

PRAJAPATI, Jashbhai B.; NAIR, Baboo M. The History of Fermented Foods. In: FARNWORTH, Edward R. **Handbook of Fermented Functional Foods**. 2^a ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 1-24.

REPORTS AND MARKETS. **Global Natto Market 2023 by Manufacturers, Regions, Type and Application, Forecast to 2029**, 2023. Disponível em <<https://www.reportsandmarkets.com/reports/global-natto-market-3871744>> Acesso em 6 nov. 2023.

SATO, Sunao. Alimentos Orientais. In: AQUARONE, Eugênio *et al.* **Biotecnologia Industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Blucher, 2001. p. 465-488.

SŁOWIK-BOROWIEC, Magdalena *et al.* Influence of *Bacillus Subtilis* Fermentation on Content of Selected Macronutrients in Seeds and Beans. **Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology**, Sibiu, v. 26, n. 1, p. 123-138. maio 2022.

SŁOWIK-BOROWIEC, Magdalena *et al.* Preparation of Vitamin K2 Mk-7 in a Process of Fermentation of Different Seeds and Cereals by Bacteria *Bacillus Subtilis*. **Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology**, Sibiu, v. 25, n. 1, p. 93-104, jun. 2021.

SOARES, Paula Araujo; GABRIEL, José Ronaldo Bezerra. **Análise de Custos**. Salvador: UFBA, 2019.

SUZUKI, Yasuhiro *et al.* Dietary supplementation of fermented soybean, natto, suppresses intimal thickening and modulates the lysis of mural thrombi after endothelial injury in rat femoral artery. **Life Sciences**, v. 73, n. 10, p. 1289-1298, jul. 2003.

TSUMURA, Yuki *et al.* Which characteristic of Natto: appearance, odor, or taste most affects preference for Natto. **J. Physiol. Anthropol**, v. 31, n. 1, maio 2012.

WANG, C. L. *et al.* Induction of apoptosis in human leukemia K562 cells by cyclic lipopeptide from *Bacillus subtilis* natto T-2. **Peptides**, v. 28, n. 7, p. 1344-1350, jul. 2007.

WANG, Han *et al.* Improvement of menaquinone-7 production by *Bacillus subtilis* natto in a novel residue-free medium by increasing the redox potential. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Suíça, v. 103, n. 18, p. 7519-7535, set. 2019.

WANG, Huei-Ju; CHANG, Lin; LIN, Yu-Shiun. Changes in Functionality of Germinated and Non-Germinated Brown Rice Fermented by *Bacillus natto*. **Foods**, Basel, v. 10, n. 11, nov. 2021.

WU, Fang-Chen; CHANG Chen-Wei; SHIH, Ing-Lung. Optimization of the production and characterization of milk clotting enzymes by *Bacillus subtilis* natto. **SpringerPlus**, Suíça, v. 2, jan. 2013.

ZHANG, Zuofa *et al.* Production of Powerful Antioxidant Supplements via Solid-State Fermentation of Wheat (*Triticum aestivum* Linn.) by *Cordyceps militaris*. **Food Technology and Biotechnology**, Zagreb, v. 50, n. 1, p. 32-39, jan. 2012.