



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A ROTA DE BIOPROCESSOS PARA PRODUÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO A PARTIR DO MELAÇO DE SOJA COMO SUBSTRATO

¹ Edson Maluf da Costa (UFBA) – edsonmaluf@hotmail.com; ² Silvio A. B. Vieira de Melo (UFBA) – sabvm@ufba.br; ³ Érika Durão Vieira (SENAI CIMATEC) – erika@fieb.org.br; ⁴ C. A. Piedrahita-Aguirre (UFBA) – piedrahitaaguirre@gmail.com; ⁵ Mariana Araújo de Assis Ribeiro (SENAI CIMATEC) – mariana.assis.eng@gmail.com;

Resumo: A soja é uma oleaginosa amplamente cultivada no Brasil e na Bahia. Devido a sua importância econômica e a crescente pesquisa no desenvolvimento de bioprocessos se tornou natural o desenvolvimento de produtos de alto valor agregado a partir de subprodutos gerados. O objetivo deste trabalho é prospectar tecnologias existentes para o desenvolvimento de ácido lático a partir do melaço de soja. A metodologia adotada foi a pesquisa na plataforma *Web of Science*TM a partir de palavras chaves relevantes e combinações focando em publicações acadêmicas e patentes. Os resultados apresentados demonstram que o tema ainda está pouco explorado tecnologicamente agregando inovação a produção de ácido lático com melaço de soja.

Palavras-Chaves: melaço; soja; ácido lático; bactérias ácido-láticas (BAL); fermentação;

TECHNOLOGICAL PROSPECTION ON THE ROUTE OF BIOPROCESSES FOR THE PRODUCTION OF LACTIC ACID FOR LPA FROM SOYBEAN MOLASSES AS A SUBSTRATE

Abstract: Soy is an oilseed widely cultivated in Brazil and Bahia. Due to its economic importance and growing research in the development of bioprocesses it has become natural to develop high value-added products from generated by-products. The objective of this work is to prospect existing technologies for the development of lactic acid from soybean molasses. The methodology adopted was the research on the *Web of Science*TM platform from relevant keywords and combinations focusing on academic publications and patents. The results were that the subject is still little explored technologically adding innovation to the production of lactic acid with soy molasses.

Keywords: soy; molasses; lactic acid; lactic acid bacteria (LAB); fermentation;



1. INTRODUÇÃO

No estado da Bahia há grande interesse no aproveitamento dos resíduos e subprodutos da produção de soja, sobretudo o melaço de soja, como substrato para a produção de biomoléculas de alto valor agregado. Nesse contexto, pretende-se realizar uma prospecção tecnológica sobre a viabilidade da utilização do melaço de soja como substrato, de baixo custo, para a produção de ácido láctico, que se enquadra perfeitamente na necessidade de diversificar a indústria química brasileira como foi demonstrado no estudo “Diversificação da Indústria Química Brasileira” [1]. Vários produtos derivam da soja sendo os principais o óleo vegetal e o farelo de soja [2]. O farelo de soja gera como subproduto o melaço, que pode ser matéria prima para a produção do ácido láctico. Este melaço de soja possui em sua composição uma grande quantidade de açúcares, destacando-se a sacarose, rafinose e estaquinose, também chamados de oligossacarídeos [3]. Estes açúcares podem sofrer uma conversão para originar o ácido láctico.

O ácido láctico é um potente ácido orgânico, denominado quimicamente como ácido 2-hidroxiopropiônico ou ácido α -hidroxiopropiônico, sendo utilizado em indústrias alimentícias, farmacêutica, cosmética e também na indústria química como solvente verde e para produção de polímeros biodegradáveis [4,5,6]. O melaço de soja deve sofrer uma quebra em seus oligossacarídeos tendo como ênfase os açúcares estaquiose e rafinose. Após a quebra da rafinose e estaquiose, o melaço de soja sofre a fermentação através das cepas selecionadas para a produção de ácido láctico [7].

O mercado consumidor do ácido láctico tem apresentado significativo crescimento no mundo desde 2008 devido à utilização deste ácido orgânico como monômero para produção de PLA e à crescente demanda da indústria alimentícia e de bebidas. Estima-se que até 2020 o mercado do ácido láctico alcance US\$ 3,82 bi, com crescimento anual de 18,6% [8]. A viabilidade econômica de obtenção do ácido láctico depende basicamente do substrato a ser utilizado e o microrganismo responsável pela fermentação[9].

2. METODOLOGIA

O artigo proposto tem como objetivo a prospecção tecnológica sobre a produção de ácido láctico usando como substrato o melaço de soja com a finalidade de identificar se esta rota biotecnológica é considerada de cunho inovador. Foram utilizados os bancos de dados *Principal Collection*, para seleção de artigos, e da *Derwent Innovation IndexTM*, para seleção de patentes, ambos disponíveis na plataforma *Web of ScienceTM* do Portal CAPES. O intervalo de tempo estabelecido foi aberto, ou seja, toda a base foi pesquisada e os artigos e patentes mais relevantes selecionados para discussão.

A estratégia de busca foi baseada em combinações de palavras-chave relacionadas ao assunto da pesquisa: ácido láctico. As palavras-chave foram determinadas com base em busca preliminar nas bases de dados da plataforma *Web of Science*. A



Tabela 1 apresenta as palavras-chave escolhidas ordenadas nas linhas, bem como seus sinônimos ou termos técnicos semelhantes ordenados nas colunas.

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na busca sobre ácido láctico

OR	
lactic acid bacteria	Streptococcus Lactobacillus
AND fermentat*	production
soybean	soy
molasses	
lactic acid	

As palavras chaves selecionadas foram baseadas no produto a ser obtido que é o ácido láctico (lactic acid), o substrato a ser utilizado que é o melão (molasses) de origem específica (soybean, soy) e a rota bioquímica de fermentação (fermentation, production) e microrganismos (lactic acid bacteria, *Streptococcus*, *Lactobacillus*) A estratégia de busca sobre ácido láctico está apresentada na Tabela 2 e foi montada com base em combinações destas palavras-chave e seus sinônimos utilizando os operadores básicos AND e OR. O operador OR retorna registros que contém ou uma palavra ou outra da linha. O Operador AND retorna registros que contém uma palavra e a outra.

Tabela 2 - Estratégia de busca sobre ácido láctico

Nº	Palavras-Chave e Combinações	ACID LACTIC	MOLASSES	SOYBEAN	FERMENTAT*	LACTIC ACID BACTERIA
1	lactic acid	X				
2	molasses		X			
3	soybean OR soy			X		
4	fermentat* OR production				X	
5	lactic acid bacteria OR <i>Streptococcus</i> OR <i>Lactobacillus</i>					X
6	#3 AND #2 AND #1	X	X	X		
7	#4 AND #2 AND #1	X	X		X	
8	#4 AND #3 AND #2 AND #1	X	X	X	X	
9	#5 AND #4 AND #3 AND #2 AND #1	X	X	X	X	X

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca de anterioridades sobre ácido láctico foi realizada por meio de consulta a 66.725.435 registros nos limites de dados selecionados da base *Principal Collection* da

Plataforma Web of ScienceTM. A Tabela 3 apresenta os resultados da busca realizada conforme estratégia definida na Tabela 2.

Tabela 3 - Resultado da busca sobre ácido láctico na base *Principal Collection* da plataforma *Web of Science*TM

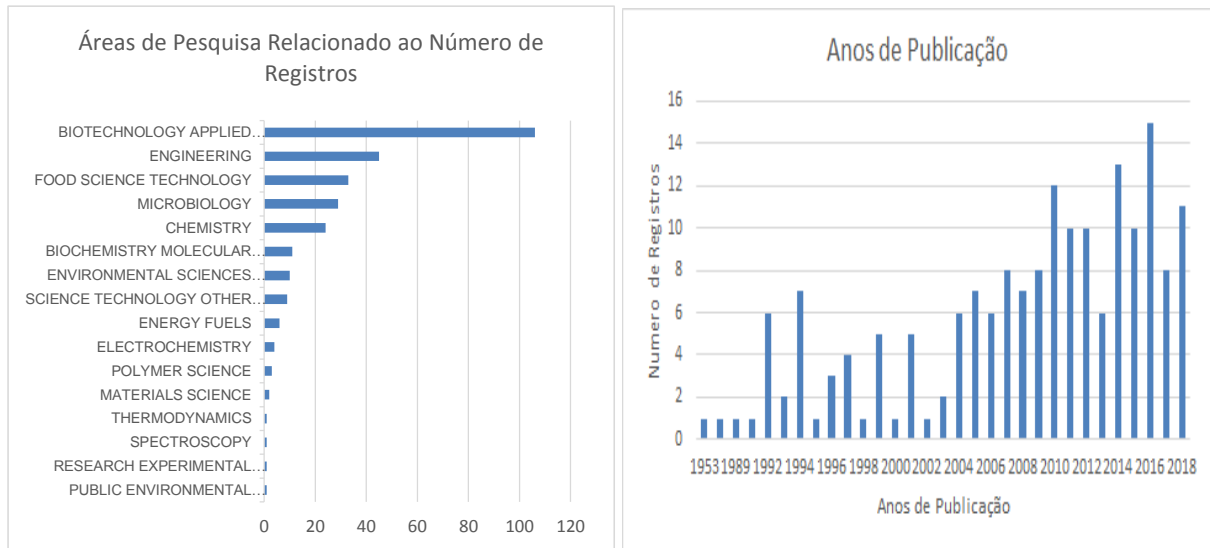
Resultados	Resultados		Editar resultados	Combinar resultados AND OR Combinar	Excluir resultados Selecionar tudo Excluir
# 10	20	#5 AND #4 AND #3 AND #2 AND #1 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 9	27	#4 AND #3 AND #2 AND #1 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 8	30	#3 AND #2 AND #1 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 7	179	#1 AND #2 AND #4 Refinado por: [excluindo] ÁREAS DE PESQUISA: (AGRICULTURE OR VETERINARY SCIENCES OR NUTRITION DIETETICS OR LIFE SCIENCES BIOMEDICINE OTHER TOPICS OR PLANT SCIENCES OR GEOLOGY OR FISHERIES OR INFECTIOUS DISEASES OR MYCOLOGY OR OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE OR PARASITOLOGY) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 6	384	#1 AND #2 AND #4 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 5	149.718	TS=(lactic acid bacteria OR Lactobacillus OR Streptococcus) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 4	1.897.526	TS=(fermentat* OR production) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 3	125.389	TS=(soybean OR soy) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 2	7.743	TS=(molasses) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
# 1	71.864	TS=(lactic acid) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>	Editar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A estratégia adotada foi ampliar o universo de amostras utilizando somente 3 palavras-chave (ácido láctico, melão e fermentação ou produção) sem restringir ao melão de soja. Verificou-se que existia um número significativo de registros (384 registros da busca #6). Estes foram refinados dentro das áreas de pesquisas pertinentes ao foco desta prospecção resultando em 179 registros na busca #7. Uma análise preliminar de alguns artigos dentro deste universo não revelou significância quanto ao tema de interesse mas revelou muitas pesquisas envolvendo o uso do melão como substrato para processos fermentativos úteis para obtenção de produtos variados nas área de zootecnia (silagem e ração), saúde (nutrição) e farmácia (medicamentos).

A Figura 1 apresenta a distribuição dos registros em função da área de pesquisa. Verifica-se que existe um número significativo de pesquisas na área de Biotecnologia Aplicada e Microbiologia tratando do uso de melão, produção de ácido láctico e processos fermentativos. Também mostra uma grande evolução em número de registros de trabalhos em relação ao ano de publicação em que há um crescimento mais significativo a partir de 2004.

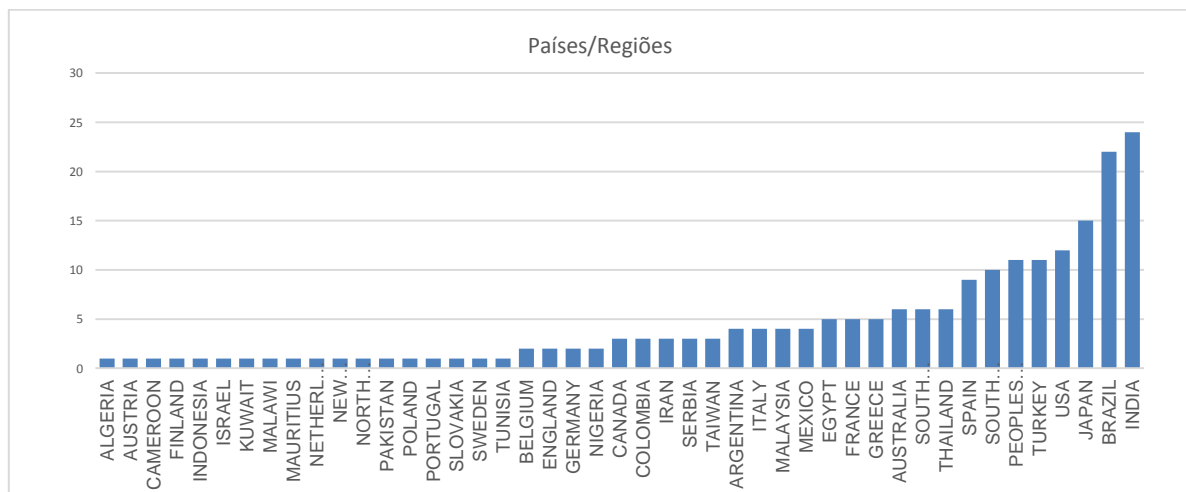


Figura 1 - Área de pesquisa relacionado ao número de registros e Número de registros x Anos de publicação



A Figura 3 mostra a quantidade de publicações por país e é interessante notar um grande número de publicações por parte da Índia e Brasil. Japão e Estados Unidos também se destacam em publicações nesta área.

Figura 3 - Quantidade de publicações por país



Com objetivo de refinar ainda mais os registros obtidos na busca #7, foram feitas as buscas #8, #9 e #10 que retornaram um número de registros dentro do recomendado, ou seja, abaixo de 50. Destas buscas #8, #9 e #10, foram selecionados 7 (sete) registros como sendo os mais relevantes relacionados ao assunto da busca, ou seja, ácido láctico utilizando melão de soja como substrato, que estão dispostos na Tabela 4. Em relação a busca de patentes foram encontrados 2 resultados mais relevantes também dispostos na Tabela 4.



Tabela 4 – Artigos e patentes selecionados das buscas #8, #9, #10 na base *Principal Collection* e *Derwent Innovation Index™* da plataforma *Web of Science™*

Registro 1 de 9

Título: Application of the biorefinery concept to produce L-lactic acid from the soybean vinasse at laboratory and pilot scale

Autor(es): Karp, SG *et al.*

Registro 2 de 9

Título: Biotechnological routes based on lactic acid production from biomass

Autor(es): Gao, C *et al.*

Registro 3 de 9

Título: Lactic acid production by *Lactobacillus plantarum* LMISM6 grown in molasses: optimization of medium

Autor(es): Coelho, LF *et al.*

Registro 4 de 9

Título: Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed soybean molasses

Autor(es): da Silva, FB *et al.*

Registro 5 de 9

Título: Recent advancements in lactic acid production - a review

Autor(es): Es, I *et al.*

Registro 6 de 9

Título: Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals

Autor(es): Al Loman, A *et al.*

Registro 7 de 9

Título: *Lactobacillus salivarius* for conversion of soy molasses into lactic acid

Autor(es): Montelongo, JL *et al.*

Registro 8 de 9

Título: Producing lactic acid by fermenting soybean molasses, involves preparing culture mediums, inoculating *Lactobacillus acidophilus* into culture mediums, sequentially and subjecting obtained culture to fermentation to obtain lactic acid

Autor(es): YI, Y *et al.*

Patente: CN102181491-A; CN102181491-B

Registro 9 de 9

Título: Fermentation broth used for obtaining lactic acid, is provided for utilizing granulated sugar or molasses as substrate

Autor(es): UONO, T.

Patente: BR201016238-A2

A utilização do melaço de soja para produção via biotecnológica de ácido láctico utilizando vinhaça de soja como substrato foi testada como enriquecimento do meio de cultivo [10]. O *Lactobacillus agilis* LPB 56 foi selecionado para a fermentação devido a sua habilidade de metabolizar oligossacarídeos complexos. A proposta da obtenção de ácido láctico utilizando o melaço de soja como substrato principal pode ser mais vantajosa devido ao grande teor de oligossacarídeos existentes neste substrato.

A utilização de processos biotecnológicos para a produção de ácido láctico e seus derivados deverá substituir a rota química atual no futuro de forma cada vez mais consolidada [11]. GAO *et al.* ressaltam os vários produtos a serem obtidos pelo ácido láctico bem como os tipos de substratos utilizados, é interessante notar que o melaço de soja não foi citado como substrato de interesse o que demonstra o caráter inovador desta rota. O experimento Plackett-Burman foi utilizado para avaliar a adição de componentes ao melaço de cana a fim de



aumentar a produtividade de ácido láctico [12]. A aplicação do experimento Plackett-Burman poderia ser uma abordagem importante para o desenvolvimento da pesquisa proposta de produção de ácido láctico utilizando melão de soja como substrato.

Uma abordagem interessante é a produção de etanol via melão de soja por fermentação com *Saccharomyces cerevisiae* [13]. Foi realizada a hidrólise por α -galactosidase dos açúcares do melão de soja, que se traduziu em uma produtividade maior na ordem de 10,4% em comparação ao melão de soja não hidrolisado. O trabalho trata especificamente da produção de etanol via melão de soja comparando três situações distintas: sem hidrólise, com hidrólise anterior a fermentação e com hidrólise simultaneamente a fermentação. Uma alternativa para obtenção de ácido láctico via melão de soja pode ser a aplicação de hidrólise do melão para aumento de produtividade. Novas tecnologias de produção de ácido láctico estão sendo desenvolvidas para aumentar a produtividade e, conseqüentemente, diminuir o custo. Engenharias genética e metabólica são grandes ferramentas para superar problemas associados à inibição de produção, formação de produtos indesejados, efeito negativo de condições extremas de cultura e o mais importante, que é o uso de substratos caros e ineficientes [14]. A produção de ácido láctico por melão de soja, considerado um subproduto na indústria de processamento de soja e que possui em sua composição uma grande quantidade de oligossacarídeos, vem despontando como uma nova alternativa para produção de ácido láctico.

A indústria produz comercialmente o óleo de soja, concentrado proteico e leite. Os subprodutos ou resíduos destes processos são o objeto de estudo para desenvolvimento de produção de biocombustíveis e produtos químicos agregados [15]. O trabalho é interessante, pois reforça o potencial de produção de ácido láctico via melão de soja como substrato ou ainda como fonte de oligossacarídeos para outro substrato a ser utilizado. Dos registros selecionados, somente um reporta a obtenção de ácido láctico tendo como substrato o melão de soja através de *Lactobacillus salivarius* [16]. O trabalho objetiva a otimização das condições de operação tais como temperatura, tempo de fermentação e pH para aumento da produtividade. As condições citadas no trabalho poderiam servir como referência para o desenvolvimento do projeto ora proposto de produção de ácido láctico a partir de melão de soja por meio do uso de microrganismos do mesmo gênero do citado ou outros a serem selecionados.

Um método de obtenção de ácido láctico utilizando o melão de soja como substrato foi patenteado [17]. Este método utiliza o *Lactobacillus acidophilus* como cultura. O método relata como vantagens o custo e a sustentabilidade. Um pedido de patente da empresa ECOPLASTICO LTDA [18] sobre processo de produção de ácido láctico tem como diferencial a utilização de melão de cana para a obtenção de ácido láctico utilizando o *Bacillus coagulans* ATCC7050. O método destaca o uso de farelo de soja como enriquecedor do melão e cita como vantagem a obtenção de um produto óticamente puro e estável.

4. CONCLUSÃO

A pesquisa ratificou que o desenvolvimento de uma nova rota de produção via biotecnológica de ácido láctico utilizando o melão de soja como substrato é promissora, já que não há muitos trabalhos disponíveis na literatura. Convém reforçar que somente um (1) artigo possui relação direta com o projeto em relação às técnicas de produção de ácido láctico utilizando melão de soja. Em relação a



patentes também foi encontrada somente 1 (uma) referente a produção de ácido láctico utilizando o melão de soja.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ BAIN & COMPANY. GAS ENERGY. **Diversificação da indústria química brasileira: sumário do estudo**. São Paulo. 2014. 30 p.
- ² SILVA, F.B. **Produção de etanol a partir de melão de soja hidrolisado enzimaticamente**. 2011 – f. 120. Dissertação (Mestrado em engenharia química). Departamento de engenharia química. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2011.
- ³ BOBBIO, F.O. *et al.* Carboidratos. **In: Introdução a química de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 1992. P-46.
- ⁴ HOFVENDAHL K., *et al.* Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. **Enzyme and Microbial Technology**. Vol 26. Pag 87– 107, 2000.
- ⁵ PLEISSNER D., *et al.* Valorization of organic residues for the production of added value chemicals: A contribution to the bio-based economy. **Biochemical Engineering Journal**. Vol 116. Pag 3 – 16, 2016.
- ⁶ MANDEGARI M.A, *et al.* Recent trends on techno-economic assessment (TEA) of sugarcane biorefineries. **Biofuel Resource Journal**. Vol 15. Pag 704 – 712, 2017.
- ⁷ LIMA, U.A. **Biotecnologia industrial: Processos fermentativos e enzimáticos**. Vol. 3 Ed. Edgard Blucher. p 616. 2002.
- ⁸ MARKETS & MARKETS. Lactic Acid Market by Application (Biodegradable Polymer, Food & Beverage, Personal Care & Pharmaceutical) & Polylactic Acid Market by Application (Packaging, Agriculture, Automobile, Electronics, Textile), & by Geography - **Global Trends & Forecasts to 2020**. Dezembro, 2015.
- ⁹ DATTA, R. Technological and economic potential of poly(lactic acid) and lactic acid derivatives. **FEMS Microbiology Reviews**. v-16, p-221-231. 1995.
- ¹⁰ KARP, S.G *et al.* Application of the biorefinery concept to produce L-lactic acid from the soybean vinasse at laboratory and pilot scale. **Bioresource Technology**. Vol 102. p 1765-1772. 2011.
- ¹¹ GAO, C; *et al.* Biotechnological routes based on lactic acid production from biomass. **Biotechnology Advances**. Vol 29. p 930-939. 2011.
- ¹² COELHO, L.F; *et al.* Lactic acid production by *Lactobacillus plantarum* LMISM6 grown in molasses: optimization of medium. **Brazilian journal of chemical engineering**. Vol 28. p 27-36. 2011.
- ¹³ DA SILVA, F.B; *et al.* Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed soybean molasses. **Biochemical engineering journal**. Vol 69. p 61-68. 2012.
- ¹⁴ ES, I; *et al.* Recent advancements in lactic acid production - a review. **Food research internacional**. Vol 107. p 763-770. 2018.
- ¹⁵ AL LOMAN, A; *et al.* Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals, **Process biochemistry**. Vol 51. p 1046-1057. 2016.
- ¹⁶ MONTELONGO, J.L; *et al.* *Lactobacillus salivarius* for conversion of soy molasses into lactic acid, **Journal of food science**. Vol 58. p 863-866. 1993.
- ¹⁷ YI, Y; *et al.* Producing lactic acid by fermenting soybean molasses, involves preparing culture mediums, inoculating *Lactobacillus acidophilus* into culture mediums, sequentially and subjecting obtained culture to fermentation to obtain lactic acid. **Patente: CN102181491-A; CN102181491-B**.
- ¹⁸ UONO, T. Fermentation broth used for obtaining lactic acid, is provided for utilizing granulated sugar or molasses as substrate. **Patente: BR201016238-A2**