RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 13/03/2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

FELIPE CARLOS SPNESKI SPEROTTO

ABORDAGEM MULTIPROCESSUAL E CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS) DE MILHO

Botucatu
2017

FELIPE CARLOS SPNESKI SPEROTTO

ABORDAGEM MULTIPROCESSUAL E CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS) DE MILHO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP – FCA – LAGEADO – BOTUCATU (SP)

Sperotto, Felipe Carlos Spneski, 1988-
S749a Abordagem multiprocessual e caracterização dos grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) de milho / Felipe Carlos Spneski Sperotto. – Botucatu : [s.n.], 2017
89 p. : fots. color., grafs. color., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Resíduos agrícolas. 3. Biocombustíveis. 4. Proteômica. 5. Lipídios. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"ABORDAGEM MULTIPROCESSUAL E CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS) DO MILHO"**

AUTOR: FELIPE CARLOS SPNESKI SPEROTTO
ORIENTADOR: MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES
Depto de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Prof. Dr. ALINE DE LIMA LEITE
Depto de Química e Bioquímica / Faculdade de Odontologia de Bauru - USP

Profa. Dra. SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Profa. Dra. GISELA FERREIRA
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu

Botucatu, 13 de março de 2017.

RESUMO

A busca por combustíveis menos poluentes aumenta o interesse pelo etanol. No Brasil, a possibilidade da produção de etanol de milho na entressafra da cana-de-açúcar apresenta-se como uma alternativa promissora. Após a produção de etanol de milho, gera-se um resíduo conhecido como ``distiller's dried grains with solubles (DDGS)`` ou grãos secos de destilaria com solúveis, usado como fonte de energia revertida em alimentação animal. O principal objetivo desta pesquisa foi caracterizar e agregar valor ao DDGS de milho, permitindo que seu uso seja expandido para além da alimentação animal. Para tanto, foram utilizadas técnicas de processamento, análises de caracterização química e bioquímica. O delineamento foi inteiramente casualizado para as análises de lipídeos e açúcares. Os resultados indicaram que o DDGS de milho apresentou em sua constituição de minerais altas concentrações de enxofre, cobre e cobalto o que indica a necessidade de se caracterizar o produto antes de disponibiliza-lo como ração. O uso da técnica proteômica possibilitou levantar 191 proteínas presentes no DDGS. A adição de etanol como co-solvente de extração aumentou o volume de óleo extraído via CO_2 supercrítico, sendo que a taxa de 10% de adição de etanol obteve o melhor rendimento 9,3% em 180 minutos. A adição de etanol como co-solvente de extração não foi significativa para recuperação de compostos lipídicos como tocols e fitosteróis do óleo de DDGS. O uso da auto-hidrólise para extração de carboidratos do DDGS de milho possibilitou extrair 7,31 $g.mL^{-1}$ de líquido hidrolisado de DDGS à 180 ^{o}C e 20% de sólido. Extrações com temperaturas diferentes de 180 ^{o}C resultaram nas maiores médias de furfural, indicando maior degradação das moléculas de açúcares durante o tratamento térmico. O uso das técnicas de extração de óleo e carboidratos totais mostraram que o DDGS possui compostos capazes de serem extraídos e assim elevar sua função além da ração animal.

Palavras Chave: ZEA mays, resíduos agroindustriais, fluído supercrítico, técnica hidrotérmica, proteômica, lipídios menores.

ABSTRACT

The search for cleaner fuels increases interest in ethanol. In Brazil, the possibility of producing corn ethanol in the sugarcane harvest season is a promising alternative. After the production of corn ethanol, a residue known as "distiller's dried grains with solubles (DDGS)" is used as a source of energy reversed in animal feed. The main objective of this research was to characterize and add value to DDGS, allowing its use to be expanded beyond animal feed. For this purpose, processing techniques, chemical characterization and biochemical analyzes were used. The design was completely randomized for lipids and sugars analyzes. The results indicated that the DDGS of corn presented high concentrations of sulfur, copper and cobalt in its constitution, indicating the need to characterize the product before making it available as feed. The use of the proteomic technique allowed to raise 191 proteins present in DDGS. The addition of ethanol as extraction co-solvent increased the volume of oil extracted via supercritical CO_2, with the ethanol addition rate of 10% obtaining the best yield of 9.3% in 180 minutes. The addition of ethanol as extraction co-solvent was not significant for recovery of lipid compounds such as tocols and phytosterols from DDGS oil. The use of autohydrolysis to extract carbohydrates from corn DDGS made it possible to extract 7.31 $g.mL^{-1}$ of DDGS hydrolyzed liquid at 180 ^{o}C and 20% solid. Extractions with temperatures different from 180 ^{o}C resulted in the higher averages of furfural, indicating greater degradation of the sugar molecules during the heat treatment. The use of oil and total carbohydrates extraction techniques showed that DDGS has compounds capable of being extracted and thus elevate its function beyond animal feed.

Keywords: ZEA mays, agro-industrial wastes, supercritical fluid, hydrothermal technique, proteomics, minor lipids.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 OBJETIVO 13
2.1 Objetivo geral 13
2.1.2 Objetivos específicos 13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
3.1 Energia renovável 14
3.3 Estrutura e produçã do grão de milho no Brasil 18
3.3 Produção de etanol de milho 18
3.4 Grãos secos de destilaria com solúveis (*Distiller's dried grains with solubles* (DDGS)) 20
3.4.1 Composição química e bioquímica do DDGS 22
3.5 Composição lipídica do DDGS 27
3.6 Açúcares totais do DDGS 29
4 MATERIAL E MÉTODOS 32
4.1 Caracterização química e bioquímica do DDGS de milho 32
4.1.2 Análise de minerais do DDGS 33
4.1.2.1 Preparo das amostras 33
4.1.2.2 Determinações de Ca, Cu, Co e Se 34
4.1.2.3 Determinação de P 34
4.2 Extração de óleo via dióxido de carbono supercrítico 36
4.2.1 Análise de lipídios menores 38
4.2.1.1 Teor de tocomanols 38
4.2.1.2 Teor de fitoesterol 38
4.3 Extração de açúcares do DDGS via auto-hidrólise 39
4.3.1 Carboidratos Totais 42
4.3.2 Concentração de ácido ferúlico livre e esterificado 42
4.4 Análise estatística 43
4.4.1 Análise Centesimal 43
4.4.2 Análise de Minerais 43
4.4.3 Extração via dióxido de carbono supercrítico 44
4.4.4 Extração de carboidratos totais via auto-hidrólise 44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 46
5.2 Análise de minerais 47
5.4 Extração de óleo via dióxido de carbono supercrítico SC-CO_2 49
5.4.1 Perfil lipídico do óleo de DDGS de milho extraído via CO_2 supercrítico e via soxhlet 58
5.4.1.1 Teor de tocomanol (tocoferol + tocotrienol) do óleo de DDGS de milho 59
5.4.1.2 Teor de fitosterol do óleo de DDGS de milho 59
5.5 Extração de carboidratos totais via auto-hidrólise 65
5.5.1 Concentração de ácido ferúlico livre e esterificado 69
6 CONCLUSÕES 73
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 74
8 REFERÊNCIAS 75
9 APÊNDICE 81

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de etanol. Sua produção a partir da cana-de-açúcar é de, aproximadamente, 30 bilhões de litros por ano segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2015). Recentemente, devido ao avanço da tecnologia do setor associado com a busca por novas fontes renováveis de matéria prima, o interesse pelo etanol de grãos traduz o início de uma nova disponibilidade de biocombustível no Brasil. Segundo dados da Companhia nacional de abastecimento - (CONAB), (2016), o Brasil supera suas safras de milho a cada ano sendo esperadas safras recordes até o ano de 2020. Estes números podem ser traduzidos em maior oferta de milho no mercado e aumento dos estoques do grão que já apresentam-se em grande escala.

O processo de produção de etanol a partir do milho gera um coproduto chamado grãos secos de destilaria ou em inglês conhecido como dried distillers grains (DDG), que contém resíduos de grãos após a fermentação. Para se obter o dried distillers grains with solubles (DDGS) adiciona-se ao DDG (grãos secos de destilaria) os solúveis recuperados durante o processo de centrifugação do mosto de milho, logo em seguida a mistura de DDG mais os solúveis recuperados passam pelo processo de secagem a alta temperatura, e o produto passa a ser chamado de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS).

A partir de cada tonelada de milho processado, cerca de 480 Kg de DDGS são produzidos. Uma vez que este produto apresenta 10% a 12% de umidade, o mesmo possui uma vida de prateleira para além de oito meses se bem acondicionado, sendo esse um dos pontos positivos de sua comercialização em áreas distantes da indústria de produção de etanol.

Não se tem atualmente estimativas da capacidade de produção total de etanol de milho no Brasil, porém sabe-se que estados como o Mato-Grosso, Mato-Grosso do Sul e Goiás já produzem e/ou investem nas chamadas usinas ‘’flex’’, capazes de extrair etanol a partir da cana-de-açúcar e do milho. A produção dos grãos secos de destilaria com solúveis ou distiller’s dried grains with solubles (DDGS) incrementa a receita das usinas

com a possibilidade da sua comercialização para produtores de bovinos de corte e leite, granjas de aves e suínos.

Nos Estados Unidos da América, anualmente, cerca de 40 mil toneladas de DDGS são produzidos, com mais de 30 mil toneladas sendo direcionados para o mercado interno (USDA, 2012).

Atualmente, o DDGS é usado principalmente como fonte de energia na alimentação animal. Seu custo relativamente inferior em comparação com outras fontes de energia e proteína, como o farelo de soja, levou ao aumento da inclusão deste produto na alimentação dos animais (ERICKSON; KLOPFENSTEIN; WATSON, 2012).

Devido o uso do DDGS ser destinado em grande parte para alimentação animal, os estudos sobre o produto têm-se centrado na sua composição centesimal, composição de aminoácidos, teores de minerais e relação consumo versus ganho de peso dos animais. Uma vez que, a extração de etanol da cana-de-açúcar é mais barata e tem maior produtividade, é preciso consolidar a indústria do etanol de milho e assim identificar e desenvolver usos alternativos, como a oferta de DDGS, buscando explorar seu conteúdo, incluindo proteína, óleo e ácidos fenólicos, seguindo a linha de busca por compostos bioativos.

Sendo assim, faz-se necessário o levantamento de informações para impulsionar o uso deste coproduto no Brasil e, consequentemente, fornecer meios para as agroindústrias obterem uma maior rentabilidade e sustentabilidade da matéria prima e seus coprodutos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Faz-se necessária a ressalva de que o DDGS de milho, quando utilizado como produto de alimentação animal, deve ser caracterizado quanto a sua composição para que ao final o animal receba uma alimentação balanceada.

Faz-se necessário o estudo das frações lipídicas do óleo de DDGS com foo em outros elementos, uma vez que, o etanol como co-solvente aumentou o volume de extraído, porém, esse aumento não se converteu em quantidades de tocols e/ou fitosteróis, mostrando que o volume de óleo superior das condições com etanol não são constituídas desses compostos analisados.

Uma comparação econômica completa entre os métodos CO_2 supercrítico e soxhlet exigiria um estudo mais aprofundado, para que futuramente possa-se comparar a eficiência dos métodos com os seus respectivos custos.

8 REFERÊNCIAS

ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6182–6187, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, G. N. E B. (BRASIL). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2015Anp 2008**. [s.l: s.n.].

ANDERSON, T. J.; LAMSA, B. P. Zein extraction from corn, corn products, and coproducts and modifications for various applications: A review. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 2, p. 159–173, 2011.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. [s.l: s.n.].

ARTUR YABE MILANEZ, DIEGO NYKO, MARCELO SOARES VALENTE, CARLOS EDUARDO OSÓRIO XAVIER, L. et al. A Produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, v. 41, p. 147–208, 2005.

BALAT, M.; BALAT, H. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. **Applied Energy**, v. 86, n. 11, p. 2273–2282, 2009.

BELAYNEH, H. D. et al. Extraction of omega-3-rich oil from Camelina sativa seed using supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, p. 153–159, 2015.

BELYEA, R. L.; RAUSCH, K. D.; TUMBLESON, M. E. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. **Bioresource Technology**, v. 94, n. 3, p. 293–298, 2004.

BERANOVA-GIORGIANNI, S. **Proteome analysis by two-dimensional gel electrophoresis and mass spectrometry: Strengths and limitationsTrAC - Trends in Analytical Chemistry**, 2003.

BORGES, L. E. M.; PASCHOAL, J. J. INFLUÊNCIA DOS MICRO-MINERAIS (Cu , Mn , Se e Zn) NO SISTEMA IMUNOLÓGICO DOS BOVINOS. **Cuadernos de pós graduação**, 2011.

BOTHAST, R. J.; SCHLICHER, M. A. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 67, n. 1, p. 19–25, 2005.

CAPARROS, S. et al. Xylooligosaccharides production from Arundo donax. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 14, p. 5536–5543, 2007.

CIFTCI, O. N.; CALDERON, J.; TEMELLI, F. Supercritical carbon dioxide extraction of corn distiller's dried grains with solubles: Experiments and mathematical modeling. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 51, p. 12482–12490, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira - Grãos. **Observatório Agrícola**, v. 2, n. 4, p. 1–60, 2016.

COSTA JUNIOR, G. et al. Elasticidades de transmissão espacial de preço do milho no Brasil: Um estudo para o Mato Grosso. **Economia & Região**, v. 4, n. 1, p. 63, 2016.

CRUZ, J. C. et al. Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, p. 10, 2010.

DAVID JOHN SUNDQUIST. DRIED DISTILLERS GRAINS WITH SOLUBLES AS A MULTIFUNCTIONAL FILLER IN WOOD PARTICLEBOARDS A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the North Dakota State University of Agriculture and Applied Science By David John Sundquist In Partial Fulfillment of t. **Pro Quest LLC**, n. March, p. 87, 2015.

DE OLIVEIRA, J. P. et al. TEOR DE PROTEÍNA NO GRÃO EM POPULAÇÕES DE MILHO DE ALTA QUALIDADE PROTEICA E SEUS CRUZAMENTOS. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p. 45–51, 2004.

ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; WATSON, A K. **Biofuel co-products as livestock feed opportunities and challenges**. [s.l: s.n.].

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 1, p. 533–50, 2013.

FOLTYN, M. et al. Effect of corn ddgs on broilers performance and meat quality. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 61, n. 1, p. 59–64, 2013.

FREITAS, G. S.; DATHEIN, R. AS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL : uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **NExos Econômicos**, v. 7, p. 71–94, 2013.

GANI, A.; SM, W.; FA, M. Whole-Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 3, n. 3, 2012.

GEBAUER, S. K. et al. **n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits**. American Journal of Clinical Nutrition. **Anais**...2006

GIBSON, G. R. **Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept)Clinical Nutrition, Supplement**, 2004.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of nutrition**, v. 125, n. 6, p. 1401–1412, 1995.

GOESER, J. P.; HOFFMAN, P. C.; COMBS, D. K. Modification of a rumen fluid priming technique for measuring in vitro neutral detergent fiber digestibility. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 8, p. 3842–8, 2009.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a Sustainable. **Science**, v. 315, n. September, p. 808–810, 2007.

GUNSTONE, F. D. **Vegetable Oils in Food Technology**. [s.l: s.n.].

GYLLING, H.; MIETTINEN, T. A. **Cholesterol absorption: influence of body weight and the role of plant sterols.Curr Atheroscler Rep**, 2005a. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16256005>

GYLLING, H.; MIETTINEN, T. A. The effect of plant stanol- and sterol-enriched foods on lipid

metabolism, serum lipids and coronary heart disease. **Annals of clinical biochemistry**, v. 42, n. Pt 4, p. 254–63, 2005b.

HABBEN, J. E. et al. Elongation factor 1 alpha concentration is highly correlated with the lysine content of maize endosperm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 92, n. 19, p. 8640–8644, 1995.

HADDAD, Y.; BENET, J. C.; ABECASSIS, J. A rapid general method for appraising the rheological properties of the starchy endosperm of cereal grains. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 5, p. 673–676, 1998.

HERTEL, T. W.; TYNER, W. E.; BIRUR, D. K. The global impacts of biofuel mandates. **Energy Journal**, v. 31, n. 1, p. 75–100, 2010.

HETTINGA, W. G. et al. Understanding the reductions in US corn ethanol production costs: An experience curve approach. **Energy Policy**, v. 37, n. 1, p. 190–203, 2009.

HILL, J. et al. Environmental , economic , and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS**, v. 103, p. 11206–11210, 2006.

JAMIN, F. F.; FLORES, R. A. Effect of additional separation and grinding on the chemical and physical properties of selected corn dry-milled streams. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 1, p. 166–170, 1998.

KAWAKUBO, M. et al. Natural antibiotic function of a human gastric mucin against Helicobacter pylori infection. **Science**, v. 305, n. 5686, p. 1003–6, 2004.

KIM, S.; DALE, B. E. Environmental aspects of ethanol derived from no-tilled corn grain: Nonrenewable energy consumption and greenhouse gas emissions. **Biomass and Bioenergy**, v. 28, n. 5, p. 475–489, 2005.

KLEINSCHMIT, D. H. et al. Evaluation of various sources of corn dried distillers grains plus solubles for lactating dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 12, p. 4784–4794, 2006.

KRÄMER-ALBERS, E. et al. Oligodendrocytes secrete exosomes containing major myelin and stress-protective proteins : Trophic support for axons ? p. 1446–1461, 2007.

LAMSAL, B. P.; PATHIRAPONG, P.; RAKSHIT, S. Microbial growth and modification of corn distillers dried grains with solubles during fermentation. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 553–559, 2012.

LAWTON, J. W. Zein: A history of processing and use. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 1, p. 1–18, 2002.

LIM, C.; LI, E.; KLESIUS, P. H. Distiller's dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, n. 4, p. 172–178, 2011.

LIU, K.; HAN, J. Changes in mineral concentrations and phosphorus profile during dry-grind processing of corn into ethanol. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 3110–3118, 2011.

LOCATELLI, S.; BERARDO, N. Original Paper Open Access Chemical composition and phytosterols profile of degermed maize products derived from wet and dry milling. 2014.

MENDONÇA, A. F. DE et al. Minerals : the Importance of Dietary Use of Ruminants. **Agropecuária**

Científica No Semi-Árido, v. v.07, n. 1, p. 01–13, 2011.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, B. Matriz Energética Nacional 2030. **Vasa**, p. 254, 2008.

MOGODINIYAI KASMAEI, K.; HOLTENIUS, K. Phosphorus net absorption in dairy cows subjected to abomasal infusion of inorganic phosphorus - a pilot study. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 3, p. 599–603, 2013.

MOREAU, R. A; POWELL, M. J.; HICKS, K. B. Extraction and Quantitative Analysis of Oil from Commercial Corn Fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 8, p. 2149–2154, 1996.

NABARLATZ, D.; EBRINGEROVA, A.; MONTANE, D. Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides. **Carbohydrate polymers**, v. 69, n. 1, p. 20–28, 2007.

NUEZ ORTÍN, W. G.; YU, P. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 10, p. 1754–1761, 2009.

OHTSUBO, K.; MARTH, J. D. Glycosylation in Cellular Mechanisms of Health and Disease. **Cell**, v. 126, n. 5, p. 855–867, 2006.

PEREIRA JUNIOR, J. B.; FERNANDES, K. G.; MÜLLER, R. C. S.; NÓBREGA, J. A.; PALHETA, I. C. DETERMINAÇÃO DIRETA DE Ca, Mg, Mn E Zn EM AMOSTRAS DE LEITE DE BÚFALA DA ILHA DE MARAJÓ POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (FAAS). **Quim. Nova**, v. 32, n. 9, p. 2333–2335, 2009.

PIMENTEL, D. Ethanol fuels: Energy balance, economics, and environmental impacts are negative. **Natural Resources Research**, v. 12, n. 2, p. 127–134, 2003.

RAJAEI, A.; BARZEGAR, M.; YAMINI, Y. Supercritical fluid extraction of tea seed oil and its comparison with solvent extraction. **European Food Research and Technology**, v. 220, n. 3–4, p. 401–405, 2005.

RAUSCH, K. D.; BELYEA, R. L. The future of coproducts from corn processing. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 128, p. 47–86, 2006.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. 2013 Ethanol Industry Outlook - Battling for the Barrel. **ETHANOL INDUSTRY OUTLOOK**, p. 29, 2013.

ROBINSON, P. H.; KARGES, K.; GIBSON, M. L. Nutritional evaluation of four co-product feedstuffs from the motor fuel ethanol distillation industry in the Midwestern USA. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, n. 3–4, p. 345–352, 2008.

ROSE, D. J.; INGLETT, G. E. Two-stage hydrothermal processing of wheat (triticum aestivum) bran for the production of feruloylated arabinoxylooligosaccharides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 10, p. 6427–6432, 2010a.

ROSE, D. J.; INGLETT, G. E. Production of feruloylated arabinoxylo-oligosaccharides from maize (Zea mays) bran by microwave-assisted autohydrolysis. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1613–1618, 2010b.

ROSE, D. J.; INGLETT, G. E.; LIU, S. X. Utilisation of corn (Zea mays) bran and corn fiber in the production of food components. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 6, p. 915–924, 2010.

SAMALA, ADITYA; SRINIVASAN, RADHAKRISHNAN ; YADAV, M. Food and Bioproducts Processing Comparison of xylo-oligosaccharides production by autohydrolysis of fibers separated from ground corn flour and DDGS. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, n. April, p. 354–364, 2014.

SAMALA, A. et al. Xylo-oligosaccharides production by autohydrolysis of corn fiber separated from ddgs. **BioResources**, v. 7, n. 3, p. 3038–3050, 2012.

SHONE, R. A. Resíduo Seco De Destilaria Com Solúveis (Ddgs) Na Alimentação De Frangos De Corte. **Dissertação**, p. 57, 2015.

SHUKLA, R.; CHERYAN, M. Zein: The industrial protein from corn. **Industrial Crops and Products**, v. 13, n. 3, p. 171–192, 2001.

SILES, L.; CELA, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Phytochemistry Vitamin E analyses in seeds reveal a dominant presence of tocotrienols over tocopherols in the Arecaceae family. **Phytochemistry**, v. 95, p. 207–214, 2013.

SILVA, J. R. DA; NETTO, D. P.; SCUSSEL, V. M. Grãos secos de destilaria com solúveis , aplicação em alimentos e segurança : Revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 3, p. 257–270, 2016.

SILVA, R. L. DA et al. Valor nutritivo de alimentos energéticos para a tilápia-do-nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 3, p. 566–577, 2016.

SINGH, J. et al. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. **Food Chemistry**, v. 83, n. 3, p. 387–393, 2003.

SINGH, V. et al. Recovery of fiber in the corn dry-grind ethanol process: A feedstock for valuable coproducts. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 6, p. 868–872, 1999.

SPIEHS, M. J. et al. Nutrient database for distiller â€™ s dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : Nutrient. p. 2639–2645, 2002.

SPIEHS, M. J.; WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 10, p. 2639–2645, 2002.

SRINIVASAN, R. et al. Separation of Fiber from Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) Using Sieving and Elutriation. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 5, p. 528, 2005.

SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock: Fourth edition**. [s.l: s.n.].

TAHERZADEH, M. J.; KARIMI, K. **Enzyme-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A reviewBioResources**, 2007.

THEANDER, O; AMAN, P; WESTERLUND, E; ANDERSSON, R. P. D. Total Dietary Fiber Determined as Neutral Sugar Residues, Uronic Acid Residues, and Klason Lignin (The Uppsala Method):

Collaborative Study. n. 3, 1995.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **estudos avançados**, v. 26, p. 249–260, 2011.

USDA. Oil Crops Outlook. **Outlook**, v. OCS-12-k, n. November, p. 1–17, 2012.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Grain: World Markets and Trade. **Office of Global Analysis**, p. 1–56, 2015.

WANG, L. et al. Comparison of supercritical CO2 and hexane extraction of lipids from sorghum distillers grains. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 109, n. 6, p. 567–574, 2007.

WANG, L.; WELLER, C. L. **Recent advances in extraction of nutraceuticals from plantsTrends in Food Science and Technology**, 2006.

WANG, X. et al. Quantitative Trait Locus Mapping of Loci Influencing Elongation Factor 1 ␣ Content in Maize Endosperm 1. v. 125, n. March, p. 1271–1282, 2001.

WINKLER, J. K. et al. Phytosterol and tocopherol components in extracts of corn distiller's dried grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 16, p. 6482–6486, 2007.

XU, W.; REDDY, N.; YANG, Y. An acidic method of zein extraction from DDGS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6279–6284, 2007.

XU, W.; REDDY, N.; YANG, Y. Extraction, characterization and potential applications of cellulose in corn kernels and Distillers' dried grains with solubles (DDGS). **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 4, p. 521–527, 2009.

XUE, Y. et al. **Production and some properties of the thermostable feruloyl esterase and xylanase from Bacillus pumilusAfrican Journal of Biotechnology**, 2012.

Y. POMERANZ, C. R. MARTIN, D. D. TRAYLOR, AND F. S. L. Corn hardnes determination.pdf. **Cereal Chemistry**, v. 61, p. 147–150, 1984.

YANG, J. et al. Production and in Vitro fermentation of soluble, non-digestible, feruloylated oligo- and polysaccharides from maize and wheat brans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 1, p. 159–166, 2014.

YOSHIDA, Y.; NIKI, E.; NOGUCHI, N. Comparative study on the action of tocopherols and tocotrienols as antioxidant: Chemical and physical effects. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 123, n. 1, p. 63–75, 2003.

YUAN, X.; WANG, J.; YAO, H. Production of feruloyl oligosaccharides from wheat bran insoluble dietary fibre by xylanases from Bacillus subtilis. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 484–492, 2006.