

EFEITO DA ADIÇÃO DE SORO DE QUEIJO NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE BATATA-DOCE

Addition effect of cheese whey in the process of obtaining ethanol from sweet potato

Isis Prado Meirelles de Castro¹, Tarso da Costa Alvim², Wesley Rosa de Santana²,
Valdira Dias Pereira de Carvalho², Marcio Antonio da Silveira²

RESUMO

Estudou-se o incremento na produção convencional de etanol de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] incorporando soro de queijo ao processo e a variação nos teores de proteína bruta dos resíduos sólidos úmidos gerados por esses processos utilizando-se dois cultivares selecionados no estado do Tocantins. O incremento na produção convencional de álcool de batata-doce alcançou um percentual de 16,6% quando o soro de queijo hidrolisado foi incorporado ao processo, resumidos em até 28,9 litros a mais de etanol por tonelada de raiz. Houve uma variação no teor de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos gerados nos processos substituídos pelo soro de queijo em comparação ao gerado pelo processo testemunha de até 32,1% a mais de proteína. Os resultados obtidos mostram a viabilidade da incorporação do soro de queijo no processo convencional de produção de etanol de batata-doce, possibilitando o reaproveitamento deste coproduto da indústria de laticínio.

Termos para indexação: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., incremento alcoólico, variação de proteína bruta.

ABSTRACT

This work studied the increase in conventional ethanol production from sweet potato after adding cheese whey to the process, as well as variation in the amount of crude protein in solid waste generated by these processes, using two cultivars developed in Tocantins. Ethanol production increased by 16.6% when hydrolysed cheese whey was added to the process, resulting in up to 28.9 extra liters of alcohol per ton of rooted potato. Adding cheese whey to the process generated 32.1% more crude protein content in the solid waste compared with the control process. The obtained results show the viability of incorporating cheese whey in the production of ethanol from sweet potato, enabling the reuse of this by-product of the dairy industry.

Index terms: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., alcohol increment, raw protein variation.

(Recebido em 25 de novembro de 2009 e aprovado em 10 de março de 2011)

INTRODUÇÃO

A fim de propiciar o desenvolvimento da agroenergia no país foram estabelecidas as diretrizes de política de agroenergia para o período de 2006 a 2011, com destaque para as pesquisas que contribuam para a produção sustentável da agricultura energética, e o uso racional da energia renovável (BRASIL, 2006).

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] apresenta uma ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada ao baixo custo de produção e rusticidade (SILVEIRA, 2008). Os cultivares de batata doce desenvolvidos por Silveira (2007) podem, em média, produzir de 120 a 199 litros de etanol por tonelada de raiz.

O soro de queijo é um coproduto de baixo valor econômico que apresenta, em média em sua composição, 5% de lactose e 0,7% de proteína, entre outros compostos

(TEIXEIRA; FONSECA, 2008). Anualmente, são produzidos 4,3 bilhões de litros de soro no Brasil e 100 bilhões de litros no mundo (FERCHICHI et al., 2005; OZMIHICI; KARGI, 2007; GUIMARÃES et al., 2008; LEHRSCHE et al., 2008).

Estudos propondo o aproveitamento do soro de leite na produção de biogás, etanol, proteínas concentradas, produtos fermentados hidrolisados, substrato fermentativo e fertirrigação, contribuem para a diminuição do impacto ambiental causado pelo seu descarte direto (SZCZODRAK, 2000; KOSSEVA et al., 2003; FERCHICHI et al., 2005; MENDES et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2008; LEHRSCHE et al., 2008).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o incremento alcoólico e a porcentagem de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos gerados nos processos de obtenção de etanol de batata-doce com incorporação de soro de queijo em comparação ao processo convencional.

¹Universidade Federal do Tocantins/UFT – Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental – Avenida NS 15 – 109 Norte - Bloco IV – 77020-120 – Palmas, TO – isisprado@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Tocantins/UFT – Palmas, TO

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das cultivares de batata doce para a produção de etanol

As cultivares selecionadas para o processo de produção de etanol foram Amanda e Carolina Vitória, ambas com variação na produtividade, porcentagem de amido e ciclo, conforme citado por Silveira (2007).

Para a condução do presente trabalho, o plantio dessas cultivares foi instalado na Estação Experimental Campus Universitário de Palmas (220 m altitude, 10° 45' S e 47° 14' W) e a metodologia seguida foi a proposta por Silveira (2007).

Determinação da porcentagem de amido e matéria seca nos cultivares de batata doce.

Determinou-se a porcentagem de amido pelo método proposto por Cereda et al. (2004) e a porcentagem de matéria seca foi determinada por diferença de peso analítico (precisão de 0,0001 g) mantendo-se as alíquotas à 105° C em estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal/TE-394/1), até peso constante.

Preparação da batata doce para o processo de extração do amido

As raízes foram lavadas e trituradas por 2 vezes em triturador de facas e martelos (Nogueira DPM – 2000 NV) até obtenção de uma “massa” homogênea. Foram pesados 4 kg dessa massa para compor cada meio fermentativo a ser estudado, totalizando 12 kg (mais ou menos 1 g) de massa para cada batelada experimental.

Produção de soro de queijo e hidrólise da lactose

O soro de queijo foi obtido a partir da coagulação do leite e, posteriormente, pasteurizado a uma temperatura de 75° C, por 15 segundos, com o objetivo de eliminar microorganismos deteriorantes que poderiam consumir a lactose.

Determinou-se a acidez titulável do leite e do soro de queijo pelo método proposto por Richardson (1990). Os resultados obtidos foram comparados aos parâmetros de qualidade descritos pela Instrução Normativa n° 51 (IN 51) de 18 de setembro de 2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2002).

Para a hidrólise enzimática da lactose foi utilizada a enzima β -galactosidase comercial obtida a partir de *K. lactis* (Maxilact Lx 5000).

O monitoramento da taxa de hidrólise da lactose do soro de queijo pasteurizado foi realizado conforme metodologia proposta por Andrade et al. (2006), utilizando

o equipamento LAC-60: Milk Analyzer (LCD display – 4 lines x 16 characters/ Bocco Germany).

Processo de produção de etanol de batata doce

O processo de produção convencional de etanol de batata-doce, utilizando as cultivares selecionadas neste estudo e, incorporando soro de queijo ao processo, seguiu a metodologia proposta por Silveira (2007) e Stefanone Junior (2009).

O álcool etílico hidratado carburante (AEHC) possui teor alcoólico, variando de 92,6 a 93,8° GL, segundo a Resolução ANP n° 36 que anexa o Regulamento Técnico ANP n° 7 (BRASIL, 2005). As Equações 1 e 2 ilustram o cálculo para o rendimento prático do álcool carburante, em L/ton. de raiz:

$$RP_{\text{álcool carburante}} = m_{\text{total}} / \text{°GL}_{\text{álcool carburante}} / 1000 \quad (1)$$

Onde a m_{total} é calculada por:

$$m_{\text{total}} = V_{\text{vinho}} \times \text{°GL}_{\text{médio experimental vinho}} \quad (2)$$

Análise da proteína bruta total do fermentado seco da batata doce.

Para cada meio destilado, contendo uma tonelada de batata-doce obtém-se em média 300 kg de resíduo sólido úmido ou 500 g de resíduo sólido úmido/L de álcool, segundo metodologia proposta por Silveira (2007) e Stefanone Junior (2009). Uma parte desse resíduo foi colocada em estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal/TE-3941/1) a 60° C, durante 52 horas, segundo a metodologia proposta por Silveira (2007). Após secos, os resíduos foram triturados e armazenados. As análises de proteína bruta seguiram o procedimento padronizado para Nitrogênio Total pelo método Kjeldahl, conforme Silva (1990).

Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído por 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 2x3, constituídos por três meios fermentativos (água, soro de queijo hidrolisado e não hidrolisado) e duas cultivares de batata-doce (Amanda e Carolina Vitória). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT® versão 7.5 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias experimentais obtidas para a acidez titulável do leite (17 °D) e do soro de queijo pasteurizados (11,5 °D), estão de acordo com a legislação (BRASIL, 2002) e com Brito et al. (2007) que preveem a acidez entre 15 -18 °D para o leite e de 9-13 °D para o soro de queijo. Esses valores correspondem a um pH de 6,6 e 6,5 respectivamente.

Para todas as concentrações da enzima β -galactosidase, verificou-se a maior depressão no ponto de congelamento quando a reação foi mantida por 50 minutos, à 37° C em pH 6,5. Os maiores pontos de congelamento, nesse mesmo intervalo de tempo, foram obtidos para as concentrações de 0,2% m/v e 0,7% m/v de enzima, respectivamente.

Como a diferença entre o ponto de congelamento, entre as duas concentrações é muito pequena, optou-se pela utilização da concentração mais baixa. Os parâmetros encontrados experimentalmente estão de acordo com os encontrados por Matioli et al. (2001) e Jurado et al. (2002).

Os resultados obtidos para a porcentagem de matéria seca e amido nas cultivares Amanda e Carolina Vitória foram de 33,06% (b.u.) e 64,60% (b.s.), e de 35,80% (b.u.) e 70,10% (b.s.), respectivamente.

A porcentagem de amido determinada para a cultivar Amanda está de acordo com o valor encontrado por Silveira (2007). Já, o valor obtido para a cultivar Carolina Vitória apresentou variação negativa de 14,3% de amido em comparação à literatura. Essa diferença é explicada pelos 90 dias em que esse cultivar permaneceu no campo, além dos 180 dias do seu ciclo. Esse período a mais ocasionou

no consumo do amido pela própria planta, resultando no baixo valor encontrado experimentalmente, pois as condições de umidade, temperatura, precipitação e adubação, além do tempo em que a batata-doce permanece no campo, são fatores que alteram a porcentagem de amido nas mesmas (CEREDA; VILPOUX, 2001; OLIVEIRA et al., 2005).

Na Tabela 1, é apresentado o resumo do quadro da análise de variância para as duas características estudadas.

Os coeficientes de variação (C.V.) das análises de variância para as características em estudo foram classificados como baixos (Tabela 1), de acordo com a classificação de Banzatto e Kronka (1989), indicando boa precisão experimental. Foram detectados efeitos significativos para os fatores cultivar e meios, mas não para a interação entre eles.

Nas Tabelas 2 e 3, estão apresentadas as médias dos fatores para a produção de etanol nos processos em estudo e a variação da porcentagem de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos gerados.

Os resultados apresentados mostram que ocorreram diferenças ao nível de 5% de significância no comportamento das cultivares estudadas. Em relação à cultivar Carolina Vitória, a cultivar Amanda apresentou uma menor produção de etanol por tonelada de raiz em todos os meios fermentativos, podendo-se justificar essa diferença pelo fato de que uma maior porcentagem de amido implica em uma maior produção de etanol, segundo dados apresentados por Silveira (2008). A cultivar Amanda apresentou 64,6% de amido contra 70,1% apresentados pela cultivar Carolina Vitória.

Tabela 1 – Resumo do quadro da análise de variância para a produção de álcool (L/ton. de raiz) das cultivares de batata-doce em estudo nos meios fermentativos incorporados ao processo convencional e nos teores de proteína bruta dos resíduos sólidos úmidos (%PB) gerados.

FV	GL	Produção de etanol	% proteína bruta
		QM	QM
Cultivar	1	1725.51042 *	36.16215**
Meio fermentativo	2	3772.81125**	25.05252**
Int. Cultivar x Meio fermentativo	2	446.92792ns	1.76085ns
Tratamentos	5	2032.99775**	17.95778**
Resíduo	18	348.51431	2.23431
Total	23		
C.V (%)		10,08	11,64

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

ns não significativo.

Tabela 2 – Médias dos fatores para produção de etanol (L/ton. de raiz).

Meio Fermentativo	Cultivar		Média
	Amanda	Carolina Vitória	
Testemunha	176,2	183,82	180,01 B
Soro de queijo hidrolisado	204,4	213,45	208,93 A
Soro de queijo sem hidrólise	149,3	183,5	166,40 B
Média	176,63 b	193,59 a	

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Médias dos fatores para a variação nos teores de proteína bruta dos resíduos sólidos úmidos gerados pelos processos estudados.

Meio Fermentativo	Cultivar		Média
	Amanda	Carolina Vitória	
Testemunha	11,73	10,34	11,03 B
Soro de queijo hidrolisado	16,15	12,99	14,57 A
Soro de queijo sem hidrólise	14,31	11,49	12,90 AB
Média	14,06 a	11,61 b	

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Foram observados incrementos na produção de etanol, para ambas as cultivares, quando o meio fermentativo usado foi o soro de queijo hidrolisado. Isso se justifica pelo fato de que a lactose presente no soro de queijo, quando hidrolisada, permite a incorporação de açúcares fermentescíveis (glicose) como substrato ao processo de fermentação alcoólica.

A adição de soro de queijo não hidrolisado ao processo não aumentou a produção de álcool, em ambas as cultivares, resultando em dados de desempenho estaticamente iguais (ao nível de 5% de probabilidade), àqueles da testemunha.

No caso da cultivar Amanda, a adição de soro de queijo não hidrolisado ao processo resultou em queda na produção de álcool, quando comparado aos resultados obtidos pela testemunha. Uma possível explicação seria o estresse osmótico da célula fermentativa causado pela alta concentração de açúcares, conforme relatado por Bai et al. (2007), visto que a lactose não hidrolisada não é metabolizada pelo *S. cerevisiae*, permanecendo no meio como um açúcar não fermentescível, inibindo o crescimento celular e a produção de álcool.

Obteve-se, para o cálculo do rendimento prático de álcool carburante, utilizando a Equação 2, um teor alcoólico médio de 28,3 °GL para a cultivar Amanda e de 30,8 °GL para Carolina Vitória, resultando nos dados de

produção apresentados. O rendimento prático de álcool carburante, apresentado pelo tratamento testemunha da cultivar Amanda (176,2 L/ton. de raiz) está de acordo com a literatura pesquisada (SILVEIRA, 2007, 2008). Contudo, para Carolina Vitória esse rendimento (183,82 L/ton. de raiz) foi abaixo do rendimento citado pelo autor (199,32 L/ton. de raiz). Essa diferença se justifica pela baixa porcentagem de amido nesta cultivar em relação à esperada.

Em relação à produção convencional de álcool de batata-doce, a substituição da água pelo soro de queijo hidrolisado, nos processos estudados, possibilitou um incremento de até 16,6 % na produção de álcool por tonelada de raiz (resumidos em até 28,9 litros a mais de álcool por tonelada de raiz).

Experimentalmente, para cada 4 kg de batata doce e 8 L de meio fermentativo, foram gerados, em média, 1.200 g de resíduo sólido úmido. Esse resultado está de acordo com os dados citados por Silveira (2007) e patenteados por Stefanone Junior (2009), quando descreveram que para cada tonelada de raiz são produzidos em torno de 300 kg de resíduo sólido úmido.

Como o soro de queijo possui em sua composição 0,7% de proteínas, esperava-se que houvesse um incremento protéico quando da incorporação desse meio fermentativo ao processo.

Observou-se que, em relação à porcentagem de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos, os resultados demonstrados pelas cultivares foram estatisticamente diferentes entre si. A cultivar Carolina Vitória apresentou uma porcentagem de matéria seca de 35,80% e de 70,10% de amido na base seca. É provável que a maior parte de sua matéria seca seja constituída por amido e por isso possui pouca proteína (11,61% base seca). Já, a cultivar Amanda, possuía 33,06% de matéria seca e de 64,60% de amido na base seca e apresentou maiores porcentagens de proteína bruta (14,06% base seca), em todos os meios fermentativos em estudo. Isso possivelmente se justifica pelo fato de que sendo a porcentagem de amido e matéria seca características dos materiais genéticos, a variação percentual de ambas também interfere diretamente nos percentuais de proteína e de outros açúcares presentes na cultivar (SILVEIRA, 2007). Os mesmos autores relatam correlação alta (0,791) e significativa (ao nível de 1% de probabilidade) entre a porcentagem de matéria seca e a

porcentagem de amido de 10 cultivares de batata-doce cultivados na Universidade Federal de Tocantins.

Em relação aos diferentes meios estudados verificou-se diferença para o incremento protéico advindo do soro de queijo, independentemente se este foi hidrolisado ou não.

Os incrementos observados nos teores de proteína bruta dos resíduos sólidos úmidos finais variaram entre 17%, quando houve a adição de soro sem hidrólise ao processo, e 32,1%, quando se substituiu pelo soro hidrolisado.

Os resultados obtidos para a testemunha foram comparados com aqueles citados por Silveira (2007) e percebeu-se que os autores não citaram a cultivar em estudo, e sim a porcentagem média de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos gerados no processo (6,11% b.u.; 14,54% b.s). Como mostrado neste trabalho, a porcentagem de proteína na batata-doce é passível de variação, sendo dependente de características genéticas e ambientais.

As Figuras 1 e 2 ilustram os resultados obtidos para as características estudadas.

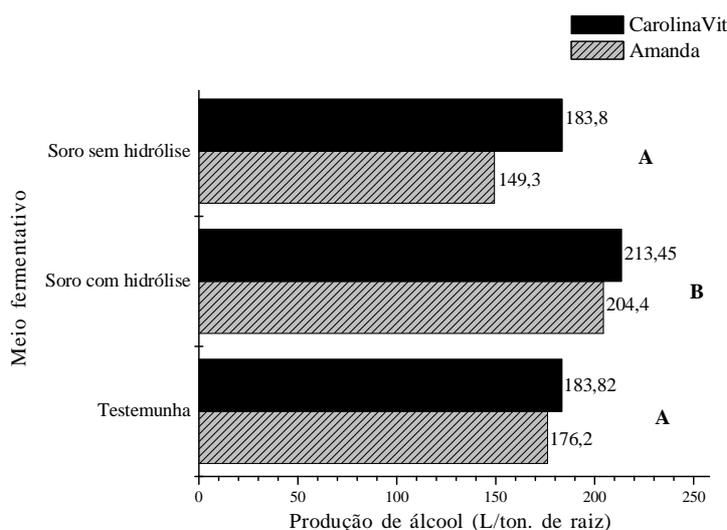


Figura 1 – Produção de álcool (L/ton. de raiz) utilizando as cultivares Amanda e Carolina Vitória como substrato fermentativo e substituindo a água do processo por soro de queijo hidrolisado e não hidrolisado.

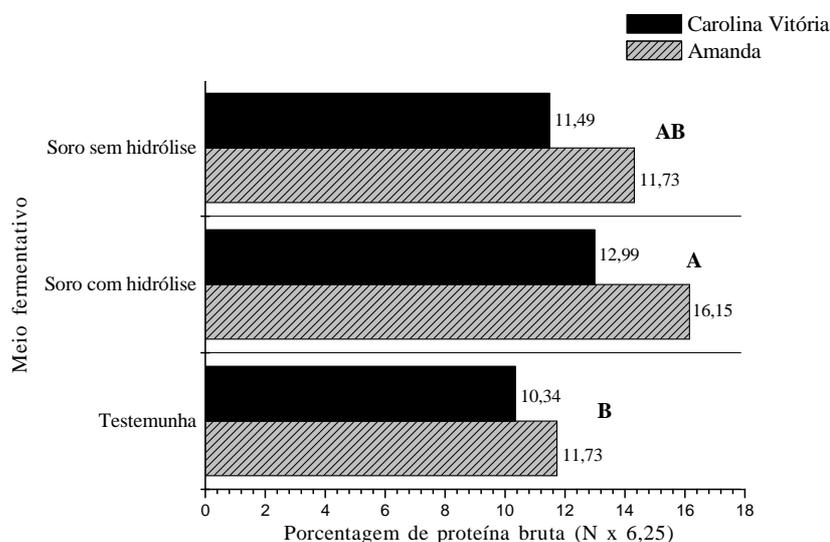


Figura 2 – Porcentagem de proteína bruta nos resíduos sólidos úmidos do processo de produção de etanol utilizando a batata-doce como matéria-prima e substituindo o meio fermentativo por soro de queijo.

CONCLUSÃO

Verificou-se que o uso do soro de queijo hidrolisado pode incrementar a produtividade de etanol de batata-doce, pois constitui numa boa fonte de açúcares fermentescíveis. Além disso, por conter sólidos protéicos de alto valor biológico, embora em pequenas concentrações, seu aporte ao processo elevou o teor de proteína do resíduo sólido úmido gerado, viabilizando novos estudos direcionados ao seu uso na alimentação animal e humana. Dessa forma, a incorporação do soro de queijo ao processo apresentou-se como mais uma alternativa ambiental para a indústria de laticínios destinarem seus volumes excedentes de soro residual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V.T.; ALVIM, T.C.; BRANDÃO, S.C.C. Desenvolvimento de sorvete sabor doce de leite com lactose hidrolisada. **Indústria de Laticínios**, São Paulo, v.55, n.1, p.63-66, 2006.

BAI, F.W.; ANDERSON, W.A.; MOO-YOUNG, M. Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. **Biotechnology Advances**, New York, v.1, n.26, p.89-105, 2007.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. do. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989. 247p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 51**, de 20 de setembro de 2002. Aprova os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=3335>>. Acesso em: 2 nov. 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional do Petróleo. **Resolução ANP nº 36**, de 6 de dezembro de 2005. Estabelece as especificações do Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) e do Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) comercializados pelos diversos agentes econômicos em todo o território nacional. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/bra199_t.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110p.

BRITO, M.A. et al. **Acidez titulável**. Brasília: Embrapa Agronegócio do Leite, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_194_21720039246.html>. Acesso em: 6 set. 2009.

- CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R.; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microondas. **Revista Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**, Paranaíba, v.2, n.8, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista8/metodologia.php>>. Acesso em: 13 jul. 2009.
- CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. (Coords.). **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001. 224p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 1).
- FERCHICHI, M. et al. Influence of initial pH on hydrogen production from cheese whey. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v.120, n.4, p.402-409, 2005.
- GUIMARÃES, P.M.R.; TEIXEIRA, J.A.; DOMINGUES, L. Fermentation of high concentrations of lactose to ethanol by engineered flocculent *Saccharomyces cerevisiae*. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v.30, n.11, p.1953-1958, Nov. 2008.
- JURADO, E. et al. A new kinetic model proposed for enzymatic hydrolysis of lactose by a β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v.31, n.3, p.300-309, 2002.
- KOSSEVA, M.R.; KENT, C.A.; LLOYD, D.R. Thermophilic bioremediation strategies for a dairy waste. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v.15, n.2, p.125-130, 2003.
- LEHRSCHE, G.A.; ROBBINS, C.W.; BROWN, M.J. Whey utilization in furrow irrigation: effects on aggregate stability and erosion. **Bioresource Technology**, Essex, v.99, n.17, p.8458-8463, 2008.
- MATIOLI, G.; MORAES, F. F.; ZANIN, G. M. Hydrolysis of lactose by β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*: characterization of the enzyme. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n.3, p. 655-659, 2001.
- MENDES, A.A.; PEREIRA, E.B.; CASTRO, E.F. de. Biodegradação de águas residuárias de laticínios previamente tratadas por lípases. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.9, n.2, p.143-149, 2006.
- OLIVEIRA, A.P. et al. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P_2O_5 . **Acta Science Agronomy**, Maringá, v.27, n.4, p.747-751, 2005.
- OZMIHICI, S.; KARGI, F. Ethanol fermentation of cheese whey powder solution by repeated fed-batch operation. **Enzyme and Microbial Technology**, London, v.41, n.1/2, p.169-174, 2007.
- RICHARDSON, G.H. Dairy products. In: HELDRICH, K. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: food composition: additives: natural contaminants**. 15.ed. Arlington: AOAC, 1990. 805p.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 165p.
- SILVA, F. A. S. A.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- SILVEIRA, M.A. (Coord.). Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: INSTITUTO EUVALDO LODI/NÚCLEO CENTRAL. **Álcool combustível**. Brasília: IEL/NC, 2008. p.109-122. (Série indústria em perspectiva).
- SILVEIRA, M.A. (Coord.). **Cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para o etanol**. Palmas: UFTO, 2007. 64p.
- STEFANONI JUNIOR, R. **Processo produtivo de etanol de batata-doce e resíduo protéico**. BRn. PI0801439-6, publicada em 13 de janeiro de 2009. Disponível em: <<http://www.patentesonline.com.br/processo-produtivo-de-etanol-de-batata-doce-e-residuo-proteico-190670.html>> Acesso em: 29 set. 2009
- SZCZODRAK, J. Hydrolysis of lactose in whey permeate by immobilized β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. **Journal of Molecular Catalysis**, Amsterdam, v.10, n.6, p.631-637, 2000.
- TEIXEIRA, L.V.; FONSECA, L.M. Perfil físico-químico do soro de queijos mozzarella e minas-padrão produzidos em várias regiões de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.60, n.1, p.243-250, 2008.