

ADSORÇÃO DE α -LACTOGLOBULINA DO SORO DE LEITE EM CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DO CAROÇO DO CAJA

J. F. BORGES^{1*}, K. A. MONTEIRO², T. P. OLIVEIRA³, M. J. P. BRITO⁴, C. M. VELOSO⁵,
T. B. SILVA⁶

^{1,2,3}Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Graduação em Engenharia de Alimentos.

⁴ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Ciência de Alimentos

⁵ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Naturais

⁶ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Graduação em Engenharia Ambiental

*e-mail: jessicajfborges@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do carvão ativado obtido a partir do caroço de cajá em adsorver a proteína α -lactoalbumina do soro do leite. O carvão ativado foi obtido utilizando ativação química e caracterizado em relação ao teor de cinzas e umidade, determinou-se também o rendimento do processo empregado na obtenção do carvão ativado e o ponto de carga zero do mesmo. A eficiência do processo de adsorção da α -lactoalbumina em carvão ativado foi determinada pelo estudo de pH e influência da massa adsorvente utilizada. O carvão apresentou características dentro dos padrões encontrados para carvões ativados obtidos a partir de resíduos da agroindústria e um ponto de carga zero de 3,6. No estudo do pH verificou-se que o pH= 5,0 apresentou melhor desempenho na adsorção e que a massa ideal para adsorção da proteína (α lactoalbumina) foi de 0,075 g com eficiência de 58,04%.

1 INTRODUÇÃO

O soro de leite representa de 80 a 90% do volume total do leite utilizado durante a produção de queijos e contém, aproximadamente, 55% dos nutrientes do leite: proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e uma quantidade mínima de gordura. A α -lactoalbumina (α -La) é a segunda maior fração proteica presente no soro do leite. Constitui cerca de 13% das proteínas totais sendo a única fração capaz de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco, afetando positivamente sua absorção. É rico em aminoácidos essenciais, principalmente o triptofano, um aminoácido precursor de

niacina, vitamina hidrossolúvel, cujos derivados desempenham um importante papel no metabolismo energético celular. Sua molécula é formada por 123 resíduos de aminoácidos e tem um peso molecular de aproximadamente 14 kDa. São resistentes termicamente, pois conseguem renaturar-se a baixas temperaturas (SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006; KRISSENSANSEN, 2007; RENHE, 2008).

Devido à vasta aplicabilidade das proteínas do soro de queijo e dos grandes volumes de soros produzidos tanto no Brasil, quanto no mundo, várias técnicas têm sido utilizadas para sua separação e isolamento. Dentre elas pode-se mencionar a

cromatografia de troca iônica em leite fluidizado (CARRÉRE et al., 1996) filtração em gel (YOSHIDA, 1990), precipitação com polifosfato (ALMASHIKI e BYERS, 1998; HAHN et al., 1998, MANJI et al.; 1985), ultrafiltração (MEHRA e DONNELLY, 1993), combinação dos processos de precipitação e filtração (PETRA et al., 1997) e adsorção (GURGEL et al., 2001), dentre outros.

O processo de adsorção é um fenômeno de superfície decorrente da aderência de moléculas de um componente presente em uma fase fluida (líquida ou gasosa) sobre a superfície de um sólido. O material sobre o qual ocorre a adsorção chama-se adsorvente, e a substância adsorvida é o adsorbato (AWWA, 1999; COELHO, 2006; SREEJALEKSHMI, KRISHNAN e ANIRUDHAN, 2009). Esta técnica vem sendo utilizado na recuperação de biomoléculas, entretanto, as matrizes adsorventes comerciais apresentam alto custo, despertando o interesse para a aplicação de adsorventes alternativos como carvão ativado.

Os carvões ativados são materiais altamente porosos com elevada área superficial. São produzidos a partir da desidratação de matérias-primas e carbonização seguida de ativação. Suas características são influenciadas, sobretudo, pelo material precursor e pelo método utilizado na sua preparação (DURAL *et al*, 2011; BHATNAGAR e SILLANPAA, 2010). Dentre os diversos materiais estão: a casca de coco, o carvão mineral, a madeira, a turfa, resíduos de petróleo, ossos de animais, etc. Atualmente, outros tipos de matéria renovável e de baixo custo vêm sendo utilizadas, dentre elas estão os resíduos agroindustriais, que disponíveis em grande quantidade, são uma alternativa viável tanto do ponto de vista econômico como ambiental na produção de carvões ativados (AVELAR *et al.*, 2010).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do carvão ativado obtido a partir do caroço de cajá em

adsorver a α -lactoalbumina (α -LA) do soro do leite, estudando o efeito do pH e da massa no processo adsorptivo.

2 MATERIAS E METODOS

Na síntese do carvão ativado foi utilizado o caroço do cajá como precursor de carbono. O mesmo foi seco naturalmente, triturado em moinho e em seguida peneirado em uma peneira de 40 mesh. O resíduo foi impregnado com ácido fosfórico (2 g de agente:1 g de precursor) e aquecido à 80°C, sob agitação manual, por cerca de 30 min. Em seguida, foi seco em estufa a 110°C, por 48 h. A carbonização do material foi realizada em forno mufla com taxa de aquecimento de 5 °C. min⁻¹ até 500 °C, permanecendo nesta temperatura por 120 min sob fluxo de nitrogênio (50 ml.min⁻¹). Após a carbonização o material obtido foi lavado com uma solução de ácido clorídrico 0,1 mol.L⁻¹ e levado à ebulição por um período de 60 min sobre refluxo. Por fim o carvão ativado obtido foi lavado com água destilada até atingir o pH 7 e seco a 105 °C durante 24 h.

Os teores de umidade e cinzas do carvão obtido foram determinados de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2004). O rendimento do processo de síntese do carvão ativado a partir do caroço do cajá, foi calculado através da Equação 1:

$$R_c (\%) = \left(\frac{m_c}{m_p} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que: R_c é o rendimento de carvão (%), m_c é a massa do carvão obtido (g) e m_p é a massa do material do precursor (g).

Para a determinação do ponto de carga zero, 0,050 g da amostra de carvão ativado foi misturada com 50,00 mL de uma solução de NaCl 0,10 mol L⁻¹ em diferentes valores de pH (1-11) e deixados sobre agitação constante (em agitador orbital) durante 24 h. O pH de cada

solução foi ajustado com solução de HCl ou NaOH 0,50 mol L⁻¹. Ao final das 24 h o pH final foi medido e construído o gráfico, onde o ponto de carga zero corresponde à faixa onde o pH final se mantém constante.

Para estudar o efeito do pH sobre o processo de adsorção aproximadamente 0,025 g do carvão ativado foram adicionados a tubos contendo 5 mL das soluções da proteína (α -lactoalbumina), na concentração de 500 mg.L⁻¹, e o ajuste do pH foi realizado com adição de solução tampão fosfato de potássio (20 mM) para os valores de pH 5,0 e 7,0 e fosfato de potássio monobásico e ácido fosfórico para pH 3,0. Os tubos foram colocados sob agitação constante de 20 rpm (em agitador orbital) por 24 h sob temperatura ambiente, em seguida centrifugados. A quantificação das proteínas foi realizada por leitura direta em espectrofotômetro no comprimento de onda de 280 nm.

O efeito da massa de adsorvente na eficiência de adsorção também foi verificado, onde diferentes massas de carvão (0,025 g; 0,050 g e 0,075 g) foram adicionadas em tubos contendo 5 mL da solução de α -lactoalbumina com concentração inicial de 500 mg.L⁻¹ em pH 5,0 seguindo a mesma metodologia descrita no estudo do pH.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização química e rendimento do processo de síntese estão apresentados na Tabela 1. O teor de umidade do carvão obtido através da biomassa do caroço de cajá está dentro dos valores esperados para carvões ativados, pois segundo Fernandes (2004) 10% é o valor máximo permitido para materiais desta natureza, estando dentro do limite aceitável. O teor de cinzas constatado se mostrou dentro dos padrões de carvões ativados comerciais que é de até 15%, porém o teor encontrado pode influenciar no processo de adsorção. Segundo

Dias (2013) a baixa eficiência no processo de adsorção em um carvão com elevado teor de cinzas ocorre devido ao aumento da quantidade de matéria inorgânica e do baixo conteúdo de carbono, impedindo o acesso aos poros do carvão.

Tabela 1 – Teores de umidade, cinzas e rendimentos obtidos com o carvão ativado.

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Rendimento (%)
Carvão Ativado	9,34	13,12	14,55

Fonte: Autor (2015)

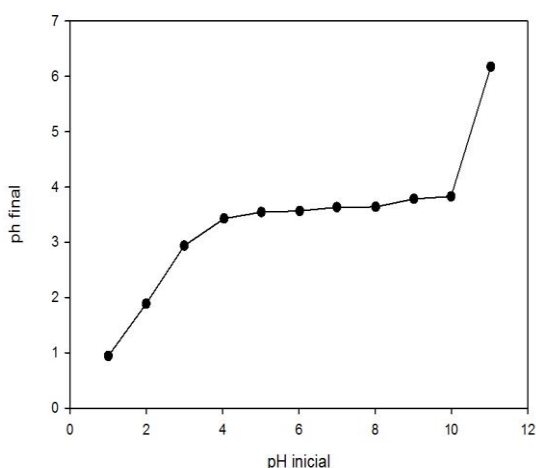
O rendimento do carvão sintetizado, foi satisfatório, pois apresentaram melhor resultado quando comparados a carvões produzidos de outros precursores como casca do cupuaçu (5,35%) de resíduo do pequi (8,24%) (DIAS, 2013). O rendimento do produto é uma medida importante, uma vez que esse se torna um parâmetro determinante para a escolha de um dado precursor, pois determina a viabilidade da elaboração de carvão ativado a partir do mesmo.

O pH do ponto de carga zero, pode ser definido como sendo o pH do adsorvente no qual o balanço entre as cargas positivas e negativas é nulo, onde carvões ácidos tem um valor de ponto de carga menor que 7,0 e os básicos possuem um valor de ponto de carga zero maior que 7,0 (OLIVEIRA, 2014)

Como pode-se observar (Figura 1) o ponto de carga zero para o carvão sintetizado foi de aproximadamente 3,6, indicando que e que os grupos ácidos possuem maior predominância do que os grupos básicos na superfície do adsorvente. Em soluções com pH abaixo do ponto de carga zero a superfície do carvão ativado é protonada, favorecendo a adsorção de compostos com carga negativa, e conseqüentemente é desprotonada em pH acima, favorecendo o comportamento oposto (VIEIRA et al., 2010).

Os resultados obtidos para análise do efeito do pH no processo de adsorção da α -lactoalbumina, realizados com diferentes valores de pH, estão apresentados na Tabela 2.

Figura 1. Valores de pH inicial e final no experimento de medida do ponto de carga zero



Fonte: Autor (2015)

Tabela 2. Capacidade adsortiva (q) e eficiência de adsorção (efic) da α -lactoalbumina, após 24 h de teste a temperatura ambiente com variação do pH.

pH	q (mg.g ⁻¹)	Efic (%)
3	20,77	20,94
5	51,42	51,64
7	39,20	39,20

Fonte: Autor (2015)

Como pode-se observar, nos três valores de pH avaliados houve adsorção da proteínas, entretanto no pH = 5,0 foram obtidos os maiores valores de capacidade adsortiva e uma eficiência máxima de 51,64 %. O pH inicial da solução é um fator que influencia fortemente na adsorção, pois na superfície do carvão há a presença de grupos funcionais, de cargas positivas ou negativas e além disso influencia a ionização de diversos solutos, ou seja interfere nos íons presentes (SKOOG, et al., 2006). Observa-se através dos resultados que a

adsorção foi mais eficiente em pH próximo ao ponto isoelétrico da proteína (4,7 a 4,9), demonstrando que o efeito hidrofóbico é que governa o processo de adsorção.

Como a maior capacidade adsortiva foi obtida em pH 5,0 os mesmo foi escolhido pra a realização do estudo de massa.

Os resultados obtidos através do estudo de massa para analisar a influência da massa de carvão sobre adsorção da α -lactoalbumina estão apresentados na Tabela 3.

É possível observar que o aumento da massa do carvão promoveu um aumento na eficiência de adsorção da α -lactoalbumina, tendo sido observado uma maior eficiência utilizando a massa de 0,075 g, sendo então a massa ideal para adsorção da proteína.

Tabela 3. Capacidade adsortiva (q) e eficiência de adsorção (efic) da α -lactoalbumina, após 24 h de teste a temperatura ambiente com variação de massa.

Massa (g)	q (mg.g ⁻¹)	Efic (%)
0,025	40,70	40,62
0,050	23,97	47,98
0,075	19,35	58,04

Fonte: Autor (2015)

Portanto o valor de massa do carvão obtido mostra-se satisfatório para o processo de adsorção da proteína α -lactoalbumina, pois foram encontrados resultados satisfatórios de eficiência associada à capacidade adsortiva com uma massa relativamente pequena.

4. CONCLUSÃO

Com base nos estudos sobre adsorção realizados neste trabalho, ficou constatado que o carvão ativado obtido através do caroço de cajá, apresentou ponto de carga zero de 3,6 apresentando uma caráter ácido, possuindo uma eficiência considerável na adsorção da proteína α -lactoalbumina, utilizando de uma

massa relativamente pequena com uma eficiência de 58,04%. Diante disso é possível concluir que o carvão ativado produzido a partir do caroço de cajá possui potencial para ser empregado na separação da proteína α -lactoalbumina, tornando o seu uso como material adsorvente uma alternativa promissora para o fracionamento de proteínas do soro do leite.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, A.P.; Moreira, R.O; Júnior, P.H.R; Martins, M.C.F; Perrone, I.T; Carvalho, A.F. **Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos**, Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes, Juiz de Fora, v. 69, n.3, p; 212-226, mai/jun, 2014.
- ARUNKUMAR, A.; ETZEL, M. R. Fractionation of α -lactalbumin and β -lactoglobulin from bovine milk serum using staged, positively charged, tangential flow ultrafiltration membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 454, p. 488-495, 2014.
- AVELAR, F.F.; Bianchi, M.L.; Gonçalves, M.; Mota, E.G. **The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon**. *Bioresource Technology* 101 (2010) 4639–4645.
- AWWA – American Water Works Association. **Water quality and treatment: a handbook on drinking water**, 5th ed. USA: McGraw-Hill Inc., 1999.
- DIAS. P. S. **Caracterização dos carvões ativados obtidos a partir da casca do cupuaçu e do caroço de pequi e avaliação no processo de adsorção no corante azul de metileno em meio aquoso**. 2013. 103 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UESB, Itapetinga, 2013.
- DURAL, M. U. *et al.* Methylene blue adsorption on activated carbon prepared from *Posidonia oceanica* (L.) dead leaves: Kinetics and equilibrium studies”. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, p. 77-85, 2011.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª edição. São Paulo, 2004.
- KRISSANSEN, G.W. Emerging health properties of whey proteins and their clinical implications. **Journal of the American College of Nutrition**, Vol. 26, No. 6, 713S–723, 2007
- MORENO-CASTILLA, C. **Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials**, *Carbon*, n°42, p. 83, 2004.
- OLIVEIRA, M. S. C. **Utilização do carvão ativado na adsorção de lactose e proteínas do soro do leite**. 2014. 54 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UESB, Itapetinga, 2014.
- RENHE, I.R.T. O papel do leite na nutrição. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, n°363, 63: 36-43, Jul./Ago., 2008.
- SANTANA, R. S. **Valorização Química do Soro de Queijo pela Produção Seletiva de Lactitol por Hidrogenação Catalítica da Lactose**. 2003. 128p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
- SILVA, D. J. QUEIRÓZ, A. C. de **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa. (2002) 235p.

SGARBIERI, V.C., Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1, p. 43-56, jan./mar., 2005.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 397-409, 2004.

SKOOG, D.A.; WEST, D.M; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. **Fundamentos de Química Analítica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 8ª edição, 2006.

VIEIRA, A. P., SANTANA, S. A., BEZERRA, C. W., SILVA, H. A., DE MELO, J. C., DA SILVA FILHO, E. C., & AIROLDI, C. Copper sorption from aqueous solutions and sugar cane spirits by chemically modified babassu coconut (*Orbignya speciosa*) mesocarp. **Chemical Engineering Journal**, 161(1), 99-105, 2010.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela bolsa de Iniciação Científica.