

A goma do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) como sistema inovador de extração líquido-líquido

Leonie Asfora Sarubbo

Professor adjunto, Centro de Ciências e Tecnologia
– NPCIAMB – Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE [Brasil]
leonie@unicap.br

Galba Maria de Campos-Takaki

Professor adjunto, Centro de Ciências e Tecnologia
– NPCIAMB – Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE [Brasil]
takaki@unicap.br

Ana Lúcia Figueiredo Porto

Professor associado, Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE [Brasil]
analuporto@yahoo.com.br

Elias Basile Tambourgi

Professor adjunto, Faculdade de Engenharia Química
– Universidade Estadual de Campinas
Campinas – SP [Brasil]
eliastam@feq.unicamp.br

Luciana Alves de Oliveira

Pesquisadora da Embrapa / Centro Nacional de Pesquisa de
Mandioca e Fruticultura Tropical
Cruz das Almas – BA [Brasil]
lualves@uol.com.br

A goma do *Anacardium occidentale L.* é um heteropolissacarídeo ramificado (arabinogalactana ácida) largamente encontrado no Brasil. Devido à importância da cultura do cajueiro em algumas regiões brasileiras, especialmente no Nordeste, o conhecimento das características da goma e as pesquisas realizadas sobre seu potencial biotecnológico despertam grande interesse científico. Neste trabalho, apresenta-se uma revisão completa do estado da arte envolvendo o polissacarídeo e sua utilização como alternativa a processos convencionais utilizados na biopurificação de produtos de alto valor agregado.

Palavras-chave: Biotecnologia. Extração líquido-líquido.
Goma do cajueiro.



1 Importância e caracterização do cajueiro

O *Anacardium occidentale* L., vulgarmente chamado de cajueiro, pertence à família *Anacardiaceae*, havendo mais 12 espécies relacionadas ao gênero *Anacardium*. O nome popular “caju” é derivado da palavra indígena “yu” – amarelo –, cor predominante de seus frutos. A palavra que designa o gênero *Anacardium* significa “coração invertido”, em alusão à forma do fruto (MEDINA et al., 1978). O cajueiro é uma árvore de múltiplo uso, que se desenvolve, geralmente, em solos arenosos secos, nas planícies centrais do Brasil, e é cultivada em várias regiões da floresta Amazônica. A árvore cresce mais de 15 metros e possui tronco espesso e tortuoso com galhos tão longos que, frequentemente, atingem o solo. O cajueiro ocupa lugar de destaque entre as plantas frutíferas tropicais, em decorrência da crescente comercialização de seus produtos principais, a amêndoa e o líquido contido no mesocarpo da castanha. O caju é um pseudofruto, uma vez que a castanha é o verdadeiro fruto, uma drupa cuja semente é comestível. O que chamamos de fruto é o pedúnculo que se desenvolveu de modo diferente, cujas cores variam do amarelo ao vermelho. Do caju tudo se aproveita, o suco, o bagaço, a castanha, a casca da árvore, as folhas, as flores e a madeira (SMITH et al., 1992). A árvore do cajueiro é fonte de muitos produtos. A casca e as folhas são usadas para fins medicinais, a castanha tem grande valor de mercado como alimento, e até sua casca é utilizada na medicina e tem aplicações nas indústrias de plásticos e resinas, em razão de seu conteúdo ser composto de fenólicos. A fruta do cajueiro possui aroma suave e doce, e sua polpa fresca ou congelada pode ser aproveitada para o preparo de sucos comuns nas lojas e supermercados da América do Sul (SHULTES, RAFFAU, 1990).

2 A goma (exsudato) do cajueiro



Figura 1: Exsudato obtido de *Anacardium occidentale* L.

Fonte: (www.arbolesornamentales.com).

O uso de gomas naturais, provenientes dos exsudatos e extratos de plantas, vem tomando grande impulso por suas múltiplas e lucrativas possibilidades de industrialização. O exsudato do cajueiro (Figura 1) consiste em um heteropolissacarídeo ramificado (arabinogalactana ácida), exsudado naturalmente ou por incisões no tronco e nos ramos da árvore como goma ou resina de coloração amarelada e solúvel em água (MENESTRINA et al., 1998; PAULA, ROFRIGUES, 1995).

A goma possui característica semelhante à goma arábica, podendo substituí-la como cola líquida para papel, na indústria farmacêutica, em cosméticos, e como aglutinante de cápsulas e comprimidos, e na indústria alimentícia como estabilizante de sucos, cervejas e sorvetes. Dessa forma, o polissacarídeo do cajueiro representa uso alternativo, não-convencional, podendo ser utilizado para diferentes finalidades. Existem estudos sobre a goma do cajueiro de árvores provenientes da Índia (Madras), Nova Guiné (Papua) (ANDERSON et al., 1974; ANDERSON, BELL, 1975) e também de árvores brasileiras, destacando-se o estado do Ceará como maior produtor

do país (MENESTRINA et al., 1998; PAULA, ROFRIGUES, 1995; RODRIGUES et al., 1993). A goma do cajueiro é constituída de unidades de galactose, arabinose, glicose, ácido urônico, manose e xilose; entretanto, tem-se verificado que a porcentagem dos monossacarídeos varia de acordo com a região geográfica. Um possível fragmento estrutural da goma pode ser observado na Figura 2. A Tabela 1 mostra a composição da goma de *Anacardium occidentale L.*, de diferentes regiões.

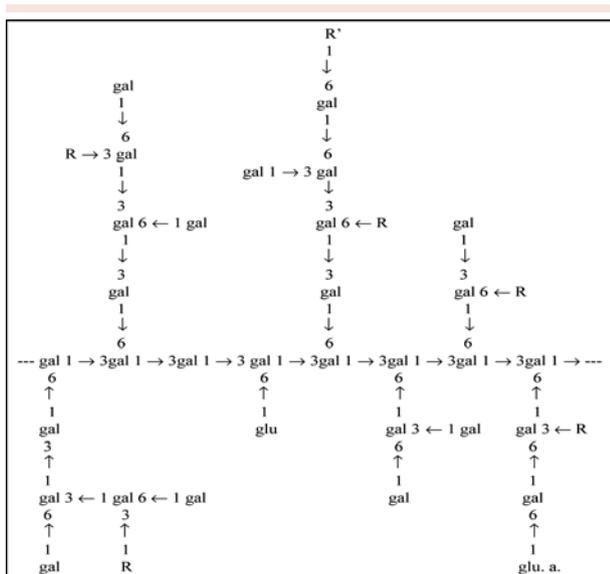


Figura 2: Fragmento estrutural da goma de cajueiro

R representa D-manose, L-ramnose, L-arabinose ou cadeias de arabinose com ligação 1,2. R' representa D-glicose (glu) ou ácido D-glucurônico (glu. a.), e Gal representa galactose

Fonte: MENESTRINA et al., 1998.

As árvores produzem cerca de 700 gramas/ano em goma. A produção de frutos em árvores com mais de 25 anos aumenta após a extração da goma (SARUBBO, 2000). Em decorrência da importância da cultura do cajueiro em algumas regiões brasileiras, a goma tem revelado potencial de utilização industrial, embora a aplicação biotecnológica desse produto ainda não tenha sido explorada.

Estudos realizados recentemente mostram a possibilidade de utilização da goma do cajueiro como componente de sistemas de extração lí-

Tabela 1: Composição da goma de *Anacardium occidentale* de diferentes origens

Composição (%)	Índia	Nova Guiné	Brasil
Galactose	61	63	73
Arabinose	14	15	05
Glicose	08	09	11
Ramnose	07	07	04
Manose	02	01	01
Xilose	02	-	-
Ác. Glucurônico	06	05	06

Fonte: RODRIGUES et al., 1993.

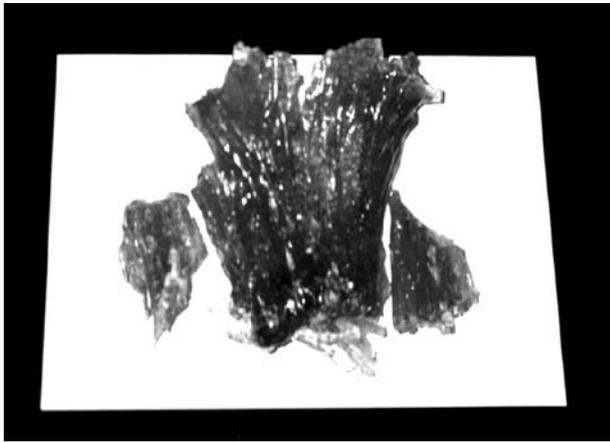
quido-líquido para purificação de biomoléculas de alto valor agregado (SARUBBO et al., 2000; 2004; OLIVEIRA et al., 2002). Os resultados obtidos nesses trabalhos estão descritos de forma resumida nos próximos itens.

3 Obtenção do polissacarídeo do cajueiro (policaju)

A goma bruta (isenta de cascas e folhas) pode ser tratada segundo a metodologia descrita por Rinaudo e Millas (1991) e modificada por Sarubbo e colaboradores (2000). A goma, triturada e dissolvida em solução aquosa, é filtrada e precipitada no etanol para separar o polissacarídeo dos mono e oligopolissacarídeos, que permanecem em solução. O precipitado obtido é submetido à secagem em estufa a 35 graus Celsius (°C). As ilustrações da goma bruta e do polissacarídeo isolado (policaju), após extração com etanol, podem ser observadas na Figura 3.

4 A extração líquido-líquido e a utilização da goma do cajueiro para preparação de sistemas bifásicos aquosos

A extração líquido-líquido utilizando sistemas de duas fases aquosas tem sido tópico de



(a)



(b)

Figura 3: (A) Polissacarídeo do cajueiro (Policaju) purificado e (B) Goma bruta do cajueiro

Fonte: Sarubbo, 2000.

grande interesse nestes últimos anos e foi descrita, pela primeira vez, na literatura pelo microbiologista alemão Beijerinck, em 1896, que descobriu que gelatina (ou amido), ágar e água, misturados a certas concentrações, formavam um sistema de duas fases, sendo a superior rica em gelatina, e a inferior, em ágar (ALBERTSSON, 1986).

O pesquisador Albertsson inicialmente reconheceu a possível utilização desses sistemas como método de separação aplicado a biomacromoléculas, células e partículas celulares, sob condições que preservassem sua atividade biológica, estabelecendo grande número de diagramas de fase de vários sistemas de duas fases aquosas, descrevendo

também suas propriedades físico-químicas básicas (DIAMOND, HSU, 1992; KULA et al., 1982).

Os sistemas de duas fases aquosas são geralmente formados por solução aquosa de dois polímeros hidrófilos ou um polímero e de determinados sais. Acima da concentração crítica desses componentes, ocorre espontaneamente a separação de fases, predominando um ou outro componente em cada fase resultante. A imiscibilidade das fases é resultado do fenômeno de incompatibilidade entre os polímeros. Quando a concentração dos polímeros é alta, eles não são capazes de interagir, levando à formação de agregados que tendem a promover suas exclusões e, simultaneamente, a separação das fases. Uma mistura homogênea só é atingida se a interação entre os diferentes polímeros for maior do que a que ocorre entre as moléculas da mesma espécie (ALBERTSSON, 1986).

Os sistemas bifásicos aquosos caracterizam-se por apresentar em sua composição elevado conteúdo de água, o que permite a partição de biomoléculas em condições não-desnaturantes. Por exemplo, as fases dos sistemas constituídos por polímeros como polietileno glicol (PEG) e dextrana contêm cerca de 80-90% de água. Já os sistemas bifásicos formados por solventes orgânicos e água, como butanol-água e etanol-soluções salinas, possuem cerca de 40-50% de água na fase orgânica, condição que pode causar a precipitação e desnaturação de proteínas e concentração de materiais biológicos, exclusivamente na fase aquosa (DIAMOND, HSU, 1992).

Sistemas bifásicos PEG-sais apresentam, no entanto, alguns problemas que limitam sua aplicabilidade. Esses sistemas se formam com elevadas concentrações de sal em ambas as fases, normalmente superiores a 1M (molaridade), o que pode causar a desnaturação de estruturas biológicas (KULA et al., 1989; LIN et al., 1996). Por um lado, esses sistemas demonstraram ainda o inconveniente de adicionar elevadas con-

centrações de fosfatos e sulfatos aos efluentes industriais; por outro, o alto custo associado ao tradicional sistema bifásico PEG-dextrana tem levado à procura de polímeros alternativos. Nos últimos anos, em razão da necessidade de desenvolvimento de novos sistemas, elevado número de polímeros tem sido testado para ser aplicado em sistemas bifásicos aquosos.

Estudos sobre a caracterização da goma do cajueiro mostram que ela é de baixa viscosidade (PAULA, RODRIGUES, 1995). A viscosidade absoluta em soluções de 1% é de 1,0 mPas (milipascal), encontrando-se, portanto, de acordo com os valores exigidos para formar dispersão adequada de fases, o que representa adequação da goma para aplicação como componente de sistemas bifásicos aquosos e constitui produto de fácil obtenção, pois o Nordeste brasileiro é rico nessa fonte natural.

Nesse sentido, os trabalhos desenvolvidos tiveram como objetivo estudar a aplicação de um polímero regional de baixo custo a técnicas de separação bifásica aquosa, possibilitando a redução dos custos no desenvolvimento de sistemas bifásicos aquosos como técnica alternativa aos processos tradicionais de recuperação. Buscou-se mostrar que os dados compilados ao longo das últimas três décadas para sistemas bifásicos aquosos, formados por polímeros como a dextrana, podem ser transpostos para sistemas formados por polímeros alternativos (SARUBBO et al., 2000; 2004).

Sistemas bifásicos aquosos policaju-PEGs, de vários pesos moleculares e de diferentes concentrações, foram preparados por pesagem das quantidades apropriadas de soluções concentradas de PEG e policaju em tampão fosfato, de forma que se obtivessem os pHs (potenciais hidrogeniônicos) desejados (6,0, 7,0 e 8,0). Após a determinação dos diagramas de fases (ALBERTSSON, 1986) para o novo sistema e do estudo de suas propriedades físicas, cogitou-se a partição de uma proteína modelo, albumina de soro bovino. A con-

centração de proteína foi determinada segundo Bradford (1976). Depois de se determinar a concentração de proteína nas fases, estabeleceu-se o coeficiente de partição da proteína (K), definido como a razão entre a concentração de proteína nas fases superior e inferior. Esse parâmetro caracteriza a direção da migração da biomolécula em um sistema específico. Quando seu valor é maior que 1, a molécula encontra-se na fase leve (superior), enquanto, para valores menores, concentra-se na fase pesada (inferior). No sistema em estudo, o PEG constituiu a fase superior, e o policaju, a superior (SARUBBO, 2000).

5 Caracterização do sistema PEG-policaju

Para a caracterização dos sistemas bifásicos formados pela combinação do polissacarídeo em estudo com PEG, foi determinado o diagrama de fases. Seu interesse reside no fato de ser possível, por sua consulta, o acesso à concentração de polímeros, necessária tanto à formação quanto à composição das fases em equilíbrio, além de efetuar previsão qualitativa da partição de moléculas e partículas biológicas.

A figura 5 mostra, esquematicamente, o diagrama de fases para os sistemas PEG-policaju-água, nos quais as concentrações dos polímeros são expressas em porcentual (p/p) e designa-se como binodal, a linha curva que divide o diagrama em duas áreas distintas. A separação das fases ocorre apenas quando a mistura dos dois polímeros possui composições representadas por pontos acima da binodal, enquanto as que têm pontos abaixo resultam em uma solução homogênea.

Existem muitos parâmetros que influenciam a partição de determinada biomolécula, como pH do sistema, tipo e concentração de sais presentes no sistema, peso molecular do polímero e concen-



tração, além das propriedades da partícula, tais como estrutura, hidrofobicidade e peso molecular (ALMEIDA et al., 1998; HACHEM et al., 1996). Tendo em vista a complexidade dos fenômenos de partição, torna-se difícil prever o comportamento de uma biomolécula específica e selecionar as condições de separação para planejar um experimento (HACHEM et al., 1996). Dessa forma, a maioria dos estudos nesse campo é empírica, e a purificação, alcançada pela variação sistemática de vários fatores. Estudou-se a influência de diversos parâmetros como peso molecular do PEG e concentração dos polímeros. Para todas as condições experimentais, o coeficiente de partição da proteína foi menor que 1, o que significa que a albumina de soro bovino distribuiu-se, predominantemente, na fase rica em Policaju.

Analisando-se a influência do peso molecular do PEG no coeficiente de partição da proteína, não foi possível estabelecer correlação entre o coeficiente de partição e o peso molecular do PEG no sistema PEG-policaju, ou seja, não houve tendência geral para o comportamento de partição da albumina, que permaneceu na fase inferior rica em policaju (Figuras 5, 6 e 7). Os resultados alcançados por esse sistema são similares aos da maioria dos sistemas PEG-polissacarídeos descritos na literatura. Comportamentos geralmente esperados, como o aumento do coeficiente de partição com a redução do peso molecular do PEG, também são observados em sistemas PEG-polissacarídeos (CHRISTIAN et al., 1998; SZLAG, GIULIANO, 1988).

Analisando-se a influência da concentração dos polímeros no coeficiente de partição da albumina, foi possível observar, para todos os PEGs testados, tendência à diminuição desse coeficiente com o aumento da concentração para os três valores de pH testados, o que provocou redução no coeficiente de partição.

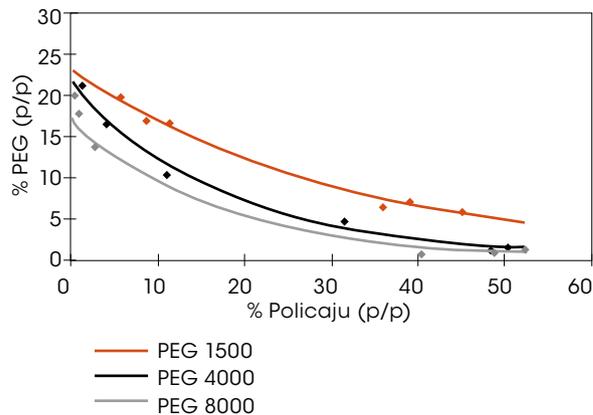


Figura 4: Diagramas de fases dos sistemas bifásicos aquosos polietileno glicol 8000-policaju, polietileno glicol 4000-policaju e polietileno glicol 1500-policaju, a 25°C ± 2°C, pH 7,0

Fonte: Sarubbo, 2000.

Analisando-se os diferentes pHs (6,0, 7,0 e 8,0), observou-se que a elevação do pH provocou leve tendência ao aumento do coeficiente de partição para a albumina de soro bovino em todos os sistemas estudados (Figuras 5, 6 e 7).

A importância do conhecimento do comportamento da partícula em relação a variações de

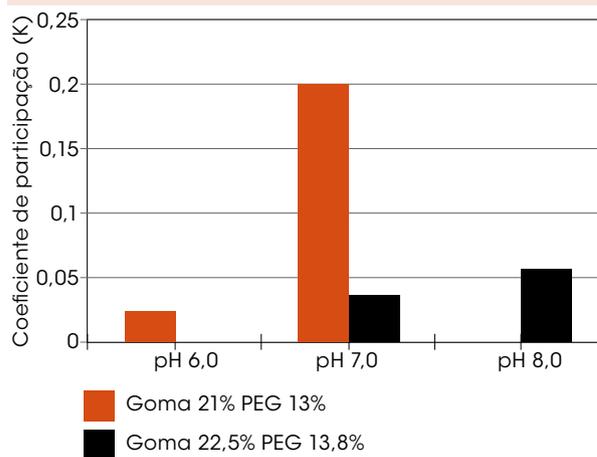


Figura 5: Influência da concentração dos polímeros e do pH no coeficiente de partição da albumina de soro bovino em sistema polietileno glicol 1500-policaju, a 25 °C ± 2 °C. Porcentuais obtidos a partir da análise da composição das fases de cada sistema, resultando em dois sistemas

Fonte: Sarubbo, 2000.

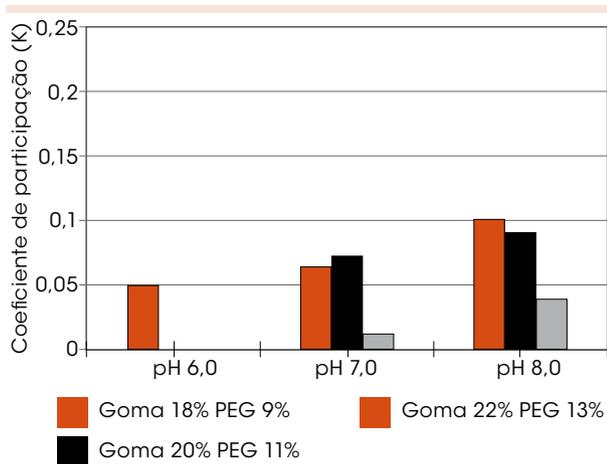


Figura 6: Influência da concentração dos polímeros e do pH no coeficiente de partição da albumina de soro bovino em sistema polietileno glicol 4000-policaju, a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Porcentuais obtidos a partir da análise da composição das fases de cada sistema, resultando em três sistemas

Fonte: Sarubbo, 2000.

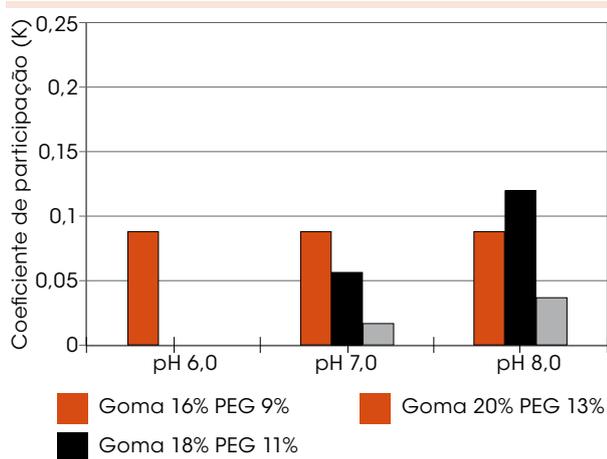


Figura 7: Influência da concentração dos polímeros e do pH no coeficiente de partição da albumina de soro bovino em sistema polietileno glicol 8000-policaju, a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Porcentuais obtidos a partir da análise da composição das fases de cada sistema, resultando em três sistemas

Fonte: Sarubbo, 2000.

alguns parâmetros permite a manipulação da biomolécula, de modo que seja possível direcioná-la para a fase na qual sua recuperação seja mais eficiente, condição necessária para tornar o processo mais econômico no nível industrial.

6 Análise econômica do sistema

Diversos estudos têm sido realizados com o propósito de avaliar o impacto econômico do recurso das técnicas de partição bifásica aquosa em processos de grande escala na purificação de moléculas biológicas (DATAR, 1986; TJERNELD et al., 1987).

O consumo de reagentes químicos pode tornar-se fator determinante no impacto econômico de processos em grande escala, pois, enquanto os custos com equipamentos se ampliam em uma potência de 0,6 com o aumento da escala, o uso de reagentes cresce linearmente (PAPAMICHAEL, HUSTEDT, 1994). Segundo Datar (1986), o custo dos reagentes pode representar até 74% do valor total da produção. Por esses fatos, torna-se fundamental reduzir substancialmente os custos dos reagentes químicos, com novos reagentes ou com a implementação de técnicas de recirculação.

A maioria das aplicações em escala industrial das separações bifásicas aquosas usa os sistemas PEG-sais por causa do baixo custo dos reagentes químicos utilizados. Contudo, a elevada concentração de sal em ambas as fases pode prejudicar estruturas sensíveis, além de provocar problema ecológico por sua presença nos efluentes. No entanto, os sistemas bifásicos aquosos, constituídos por dois polímeros, podem superar esses problemas. Nesse contexto, destacam-se os estudos com o sistema PEG-dextrana, composto de propriedades físicas bastante favoráveis, embora o alto custo da dextrana fracionada tenha dificultado sua utilização em larga escala. Várias alternativas têm sido investigadas, incluindo a dextrana bruta (KRONER et al., 1982), maltodextrinas (SZLAG, GIULIANO, 1988) e derivados do amido (JOHANSSON, JOELSSON, 1985; TJERNELD et al., 1986). A Dextrana



bruta permite redução significativa nos custos relativos à dextrana fracionada (KRONER et al., 1982), mas mostra alta viscosidade e, conseqüentemente, lenta separação das fases. As maltodextrinas podem ser obtidas a custo reduzido, embora seus baixos pesos moleculares possam causar problemas de viscosidade a altas concentrações (SZLAG, GIULIANO, 1988). Já os derivados do amido demonstram excelente capacidade de separação, apesar de uma redução mais significativa dos custos ser interessante para torná-los mais competitivos para aplicações industriais.

A análise econômica do novo sistema foi efetuada em conjunto com outros sistemas já descritos na literatura, a fim de avaliar a aplicabilidade do policaju como alternativa viável para separações biotecnológicas.

A Tabela 2 apresenta o custo de um quilograma (kg) de alguns polímeros utilizados nos sistemas bifásicos, e a Tabela 3, a comparação entre os custos de 1kg de alguns sistemas bifásicos aquosos usados ao longo dos anos. Esses custos foram determinados para uma composição média (apresentada na mesma tabela), alcançada por meio das composições usadas por diferentes autores para cada caso. Para o cálculo dos custos dos reagentes, buscaram-se informações em empresas que comercializam tais produtos ou em referências bibliográficas de cada sistema. Para estabelecer comparação mais precisa, realizaram-se cálculos fixando os preços de polietileno glicol (PEG), obtidos da Sigma Chemical Co., EUA.

Pode-se observar que o custo do Policaju é bastante competitivo, apresentando preço compatível com os demais polímeros avaliados, especialmente em relação aos derivados do amido (Tabela 2).

O novo sistema caracterizado também apresenta custo viável em relação aos demais sistemas estudados na literatura (Tabela 3).

Tabela 2: Preço por quilograma de polímeros empregados para a formação de SBA

Polímero	Preço (US\$/kg)	Referência
Dextrana T500	500,00	Sigma Chemical Co., EUA
Dextrana bruta	58,00	Sigma Chemical Co., EUA
Policaju	9,00	EMPRAPA, Brasil
Hidroxipropilcelulose (Kluce L)	13,00	Aqualon, EUA
Arabinogalactana	65,00	Larex Inc., EUA
Hidroxipropilamido (Reppal PES)	20,00	Reppal PES, Reppe Glyckos AB, Suécia
Hidroxipropilamido (Aquaphase PPT)	21,00	Perstorp AB, Suécia
Maltodextrina	0,98-2,40	Szlag e Giuliano (1988)

Fonte: Sarubbo et al., 2000.

Tabela 3: Custo associado a um quilograma de diferentes SBA

Sistema	Custo (US\$/kg)	Referência
5%PEG8000-7% Dextrana T500	36,63	Albertsson (1986)
5%PEG8000-7% Dextrana bruta	5,7	Kroner et al., (1982)
9%PEG4000-18% Policaju	4,2	Sarubbo et al., (2000)
9%PEG8000-16% Policaju	4,3	Sarubbo et al., (2000)
4%Hidroxipropilcelulose (Kluce L)-10% PEG-PPG(propileno glicol)Pluronic P105	4,0	Skuse et al., (1992)
5%PEG8000-16% Arabinogalactana	12,0	Christian et al., (1998)
4%PEG8000-14% Hidroxipropilamido (Reppal PES)	4,1	Johansson e Joelsson (1985)
4%PEG8000-14% Hidroxipropilamido (Aquaphase PPT)	4,24	Tjerneld et al., (1986)
4%PEG8000-22% Maltodextrina	1,52-1,84	Szlag e Giuliano (1988)

Fonte: Sarubbo et al., 2000.

7 Considerações finais

Os resultados alcançados ao longo das pesquisas demonstraram o potencial do polissacarídeo do cajueiro (policaju) como suporte inovador

e alternativo à dextrana fracionada e em relação a outros polímeros empregados em sistemas bifásicos aquosos. Considerando-se polímero de fácil obtenção e baixo custo, adicionalmente o sistema PEG-policaju apresenta boa aplicabilidade em processos de separação, possibilitando, no futuro, o desenvolvimento biotecnológico para utilização em larga escala.

Cashew-nut tree gum (*Anacardium occidentale* L.) as a new system for liquid- liquid extraction

The exudate gum from *Anacardium occidentale* L. is a branched acidic heteropolysaccharide easily found in Brazil. Given the importance of cashew tree culture to some regions of Brazil, especially the Brazilian north-western, the knowledge of the characteristics of the gum and the results of researches developed to study its biotechnological application have awoken great scientific and industrial interests. In this work, we describe the literature regarding the polysaccharide and its utilization as an alternative to the conventional processes used in the biopurification of economically high-valued compounds.

Key words: Biotechnology. Cashew-nut tree gum. Liquid-liquid extraction.

Referências

- ALBERTSSON, P. A. *Partition of cell particles and macromolecules*. 3th ed. New York: Wiley, 1986.
- ALMEIDA, M. C.; VENÂNCIO, A.; TEIXEIRA, J. A.; AIRES-BARROS, M. R. Cutinase purification on poly(ethylene glycol)-hydroxypropil starch aqueous two-phase systems. *Journal of Chromatography B*, v. 711, p. 151-159, 1998.
- ANDERSON, D. M. W.; BELL, P. C. Structural analysis of the gum polysaccharide from *Anacardium occidentale*, *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v. 79, p. 185-197, 1975.
- ANDERSON, D. M. W.; BELL, P. C.; MILLAR, J. R. A. Composition of gum exudates from *Anacardium occidentale*. *Phytochemistry*, v.13, p. 2189-2193, 1974.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, p. 248-254, 1976.
- CHRISTIAN, T. J.; MANLEY-HARRIS, M.; RICHARDS, G. N. A preliminary study of the use of larch arabinogalactan in aqueous two-phase systems, *Carbohydrate Polymers*, v. 35, p. 7-12, 1998.
- DATAR, R. Economics of primary separation steps in relation to fermentation and genetic engineering. *Process Biochemistry*, v. 21, p. 19-26, 1986.
- DIAMOND, A. D.; HSU, J. T. Aqueous two phase systems for biomolecule separation. *Advances in Biochemistry Engineering*, v. 47, p. 89-135, 1992.
- HACHEM, F.; ANDREWS, B. A.; ASENJO, J. A. Hydrophobic partitioning of proteins in aqueous two-phase systems. *Enzyme Microbiology and Technology*, v. 19, p. 507-517, 1996.
- JOHANSSON, G.; JOELSSON, M. Preparation of Cibacron blue F3GA (polyethylene glycol) in large scale for use in affinity partitioning. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 27, p. 621-625, 1985.
- KRONER, K. H.; STACH, W.; SCHUTTE, H.; KULA, M. R. Scale-up of formate dehydrogenase isolation by partition. *Journal of Chemistry Technology and Biotechnology*, v. 32, p. 130-137, 1982.
- KULA, M. R.; KRONER, K. H.; HUSTED, T. H. Large Scale Protein Recovery Using Aqueous Phase Systems. In: FISHER, D. E.; SUTHERLAND, I. A. (ed). *Separations Using Aqueous Phase Systems*. London: Phenom Press, p. 295-298, 1989.
- KULA, M. R.; KRONER, K. H.; HUSTED, T. H. Purification of enzymes by liquid-liquid extraction. *Advances in Biochemical Engineering*, v. 24, p. 73-118, 1982.
- LIN, D. Q.; ZHU, Z. Q.; MEI, L. H. Affinity extraction of lactate dehydrogenase by aqueous two-phase systems using free triazine dyes. *Biotechnology techniques*, v.10, p. 41-46, 1996.
- MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; BERNHARDT, L. W.; HASHIZUME, T.; RENESTO, O. V.; VIEIRA, L. F. *Caju: da cultura ao processamento e comercialização*. (Séries Frutas Tropicais – 4). Governo do Estado de São Paulo. Campinas: ITAL, 1978.
- MENESTRINA, J. M.; IACOMINI, M.; JONES, C.; GORIN, P. A. J. Similarity of monosaccharide, oligosaccharide and polysaccharide structures in gum exudate of *Anacardium occidentale*. *Phytochemistry*, Oxford. v. 47, p.715-721, 1998.



OLIVEIRA, L. A.; SARUBBO, L. A.; PORTO, A. L. F.; LIMA-FILHO, J. L.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Physical and rheological characterisation of PEG-Cashew-nut tree gum aqueous two-phase systems. *Journal of Chromatography B*, v. 766, p. 27-36, 2002.

PAPAMICHAEL, N.; HUSTEDT, A. In: WALTER, H.; JOHANSSON, G. (Ed.). *Enzyme Recovery by Continuous Crosscurrent Extraction*. New York: Academic Press, 1994. p. 590-599.

PAULA, R. C. M.; RODRIGUES, J. F. Composition and rheological properties of cashew tree gum, the exudate polysaccharide from *Anacardium occidentale L.* *Carbohydrate Polymers*, v. 26, p. 177-181, 1995.

RINAUDO, M.; MILAS, M.; Polieletrólitos. In: GROOTE, R. A. M. C.; CURVELO, A. A. S. (ed.). São Carlos: Editora da USP, 1991.

RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M.; COSTA, S. M. O. Métodos de isolamento de gomas naturais: comparação através da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), *Polímeros: ciência e tecnologia*, ano III, n. 1, p. 31-36, 1993.

SARUBBO, L. A. *Caracterização de um novo sistema bifásico aquoso e aplicação em extração de proteínas com coluna de discos perfurados rotativos*. Doutorado. (Engenharia Química)- Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

_____.; OLIVEIRA, L. A.; PORTO, A. L. F.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; TAMBOURGI, E. B. Partition of proteins in aqueous two-phase systems based on cashew-nut tree gum and poly(ethylene glycol). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 47, p. 85-691, 2004.

SARUBBO, L. A.; OLIVEIRA, L. A.; PORTO, A. L. F.; DUARTE, H. S.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; LIMA-FILHO, J. L.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; TAMBOURGI, E. B. New aqueous two-phase system based on cashew-nut tree gum and polyethylene glycol. *Journal of Chromatography B*, v. 743, p. 79-84, 2000.

SHULTES, R. E.; RAFFAU, F. *The healing forest. Medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia*, Portland: Dioscorides Press, 1990.

SKUSE, D. R.; NORRIS-JONES, R.; YALPANI, M.; BROOKS, D. E. Hydroxypropil cellulose/ poly (ethylene glycol)-co-poly(propylene glycol) aqueous two-phase systems: system characterization and partition of cells and proteins. *Enzyme Microbiology and Technology*, v. 14, p. 785-790, 1992.

SMITH, N.; WILLIAMS, J.; PLUCKNETT, D.; TALBOT, J. *Tropical forests and their crops*. New York: Comstock, 1992.

SZLAG, D. C.; GIULIANO, K. A. A low cost aqueous two-phase system for enzyme extraction. *Biotechnology Techniques*, v. 2, p. 277-282, 1988.

TJERNELD, F.; BERNER, S.; CAJARVILLE, A. E.; JOHANSSON, G. New aqueous two-phase system based on hydroxypropil starch useful in enzyme purification. *Enzyme Microbiology Technology*, v. 8, p. 417-423, 1986.

TJERNELD, F.; JOHANSSON, G.; JOELSSON, M. Affinity liquid-liquid extraction of lactate dehydrogenase in large scale. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 30, p. 809-816, 1987.

Recebido em 6 ago. 2007 / aprovado em 8 out. 2007

Para referenciar este texto

SARUBBO, L. A. et al. A goma do cajueiro (*Anacardium Occidentale L.*) como sistema inovador de extração líquido-líquido. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 145-154, jan./jun. 2007.