

# EXTRAÇÃO COMBINADA DO ÓLEO DE MACAÚBA: TECNOLOGIA ENZIMÁTICA E PRENSAGEM HIDRÁULICA

Isabella.C.Costa da SILVA, UFRJ/TPQB. bellacosta\_rj@hotmail.com.

Fabiana S. Pontes, UFRJ/Escola de Química. faspontes@gmail.com

Sonia Couri, Embrapa Agroindústria de Alimentos. scoury@ctaa.embrapa.br

Marcelo M. Araujo, Paradigma Consultoria de Proj. S/C LTDA. marcelo.maraujo@uol.com.br

Suely Pereira Freitas, UFRJ/Escola de Química. freitasp@eq.ufrj.br

**RESUMO:** A polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) é rica em ácidos graxos, vitaminas e carotenóides. É considerada uma matéria prima promissora para a obtenção de óleos vegetais dado sua elevada produtividade e seu alto teor de óleo na polpa (50 a 70%), na castanha (40 a 50%) e na casca (6 a 11%), em base seca. Os principais ácidos graxos, encontrados no óleo da polpa, são oléico (cerca de 55%) e palmítico (cerca de 18%). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-tratamento pós-colheita e do processamento no rendimento e qualidade do óleo de macaúba. Os frutos apresentaram, em média, 36% de polpa, 25% de casca e 39% de amêndoa. O teor de umidade na polpa homogeneizada foi cerca de 60%. O tratamento enzimático aumentou em até 40% o rendimento de extração enquanto o aumento da pressão de 5000 para 10000 psi promoveu um acréscimo no rendimento de até 60%. O teor de ácidos graxos livres no óleo, obtido a partir da polpa seca com fluxo de ar a 60°C, foi superior (2,45 a 4,47 mg KOH/g) aos valores obtidos no óleo extraído a partir da polpa seca em microondas (0,86 a 1,54 mg KOH/g) indicando que ocorre maior liberação de ácidos graxos da cadeia dos triglicerídeos quando a amostra é submetida ao calor por um período longo (cerca de 24 horas). Pode-se concluir que a secagem em microondas preservou melhor a qualidade do óleo da polpa de macaúba que o processo convencional de secagem.

**Palavras-Chave:** Macaúba; Óleo; Pectinase; Prensagem; Hidráulica

## INTRODUÇÃO

Por se tratar de uma fonte de energia renovável, os óleos vegetais estão sendo usados para produção de biodiesel proporcionando uma descentralização na geração de energia, ampliação da infra-estrutura tecnológica no campo e valoração de fontes alternativas disponíveis em todo o território nacional. Entretanto, o uso do biodiesel para se tornar viável ainda necessita superar algumas dificuldades, particularmente a disponibilidade de óleos vegetais a preços mais competitivos.

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma matéria prima promissora para a obtenção de óleos vegetais tendo em vista seu alto teor de óleo na polpa (60 a 70%, em base seca) e na castanha (40 a 50%, em base seca) e sua elevada produtividade. A faixa de produtividade anual da palmeira macaúba, cultivada em espaçamentos diversos e sujeita a trato agrícola pode variar de 1,47 a 4,97 toneladas de óleo por hectare, índice somente atingido por poucas espécies, como o dendê, o pinhão-manso e o coco-da-baía (CETEC, 1983; MOTTA *et al.*, 2002; FREITAS & LAGO, 2007).

A macaúba distribui-se ao longo da América tropical e subtropical, desde o sul do México e Antilhas, até o sul do Brasil, chegando ao Paraguai e Argentina, estando ausente no Equador e Peru. Grupamentos importantes ocorrem em Minas Gerais, Ceará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraguai, Argentina e Bolívia, sendo mais abundante na região do cerrado. No estado de Minas Gerais algumas lavouras comerciais estão sendo implementadas, devido à crescente demanda por óleos vegetais para obtenção de biocombustíveis. De acordo com MOTTA *et al.*, (2002) estas lavouras poderão alcançar um rendimento de até 6200 kg/ha, superando o rendimento obtido com o dendê (5000 kg/ha). Segundo CLEMENT (2005) as perspectivas de aumento do rendimento de óleo por unidade de área cultivada, embora devam ser vistas com cautela, não podem ser desprezadas já que os estudos genéticos da espécie ainda estão por fazer. A formação de um banco de germoplasmas e o emprego de práticas agrícolas mais desenvolvidas poderão efetivamente consagrar a macaúba entre as oleaginosas mais promissoras.

O processamento da macaúba compreende diversas fases que vão desde a produção e colheita do coco até o beneficiamento final dos produtos derivados. A etapa de pós-colheita do fruto é ainda muito pouco estudada e a extração do óleo é feita aplicando-se tecnologias adaptadas de outras oleaginosas. Estes fatores contribuem para a baixa qualidade do óleo

comercializado no cerrado brasileiro. Estudo conduzido por MARIANO *et al.* (2008) mostrou principalmente o do coco da macaúba que pode atingir valores acima de 30% de ácidos graxos livres em poucas semanas após queda do cacho.

Tendo em vista a altura da palmeira macaúba (de até 15 m) os frutos são coletados diretamente do solo e apresentam quase sempre uma contaminação interna por flora microbiana variada e que atinge a polpa do fruto. A microflora, representada em grande parte por fungos, conforme comprovaram os estudos de LINARDI (2005), contém microorganismos lipolíticos que hidrolisam os triglicerídeos presentes na polpa. Desta forma o óleo obtido apresenta elevado teor de ácido graxos livres sendo destinado principalmente para a indústria de sabões. A implantação de um sistema adequado de coleta e o aperfeiçoamento das etapas de pós-colheita do coco e extração do óleo poderá expandir o uso do óleo da polpa de macaúba para outras finalidades mais nobres (SILVA *et al.*, 2007).

As características estruturais dos ácidos graxos determinam também a destinação econômica dos óleos. O óleo da polpa de macaúba possui um acentuado grau de insaturação, cuja composição em ácidos graxos o consagra entre os óleos de alta qualidade para fins comestíveis, principalmente em razão do alto teor de ácido oléico (53 a 55%) e baixo teor de ácido linolênico (< 2%). O linolênico, embora seja um ácido graxo essencial, reduz a estabilidade oxidativa do óleo. A coloração amarela-alaranjada do óleo da polpa de macaúba é devida à presença de carotenóides, especialmente dos isômeros  $\alpha$  e  $\beta$  (HIANE, 2005).

Os processos industriais tradicionalmente utilizados na produção de óleos vegetais consistem na prensagem contínua ou hidráulica seguida ou não da extração com hexano para ampliar o rendimento do processo. Nas últimas décadas, os órgãos governamentais ampliaram as restrições para uso de solventes derivados de petróleo aumentando os custos operacionais das usinas de óleos vegetais obrigadas a atingir os limites desejados de emissão de gases do efeito estufa. Portanto, o desenvolvimento de novos processos, ambientalmente mais amigáveis, tem sido recomendado (FREITAS & LAGO, 2007).

Uma alternativa tecnológica para aumentar o rendimento no processamento de matérias primas oleaginosas consiste na aplicação de enzimas hidrolíticas antes da etapa de extração o óleo. Resultados promissores foram observados em escala piloto e comercial para extração do óleo de diferentes oleaginosas de interesse comercial (ROSHENTHAL *et. al.*, 1996). De acordo com dados obtidos por FREITAS *et al.* (1998), a aplicação de enzimas no pré-tratamento de

matérias primas oleaginosas visando aumentar o rendimento de extração de óleos e gorduras vegetais, pode se tornar economicamente competitivo se as enzimas forem produzidas em sistemas de parceria entre as empresas biotecnológicas e as usinas de extração de óleo. Como discutido por COURI & FREITAS (2001), a produção de enzimas por fermentação em meio sólido, usando resíduos da agroindústria como substrato para obtenção de um extrato hidrolítico, viabilizará o emprego de enzimas extrativas. Diversos resíduos agroindústrias já foram testada para produção de enzimas com resultados promissores na obtenção de celulase, hemi-celulase e pectinase (COURI *et al*, 2000).

O uso de enzimas para auxiliar no processo de extração de óleos vegetais têm sido avaliado em escala de bancada para diferentes oleaginosas de interesse comercial. A partir das observações feitas sobre a acumulação do óleo nos espaços intracelulares em células vegetais, os pesquisadores têm estudado substâncias capazes de afetar a estrutura das células com objetivo de melhorar a extração de óleo. Entretanto, o tratamento enzimático requer uma estratégia específica para cada caso (COURI & FREITAS, 2001; HANMOUNGJAI, 2001; SHANKAR 1998 *apud* SANTOS, 2005).

Para se realizar a extração do óleo, presente nos vacúolos intracelulares, há necessidade de se romper as paredes e membranas dos tecidos vegetais. Os tratamentos mecânico e térmico causam a ruptura das estruturas celulares, porém, não são suficientes, já que parte do óleo permanece na célula, sem ser extraído. A hidrólise enzimática favorece a quebra da parede celular e promove-se uma maior liberação de óleo, ocorrendo também a *lise* do complexo molecular lipoproteína e dos lipopolissacarídeos, liberando o óleo extra que não é extraído por métodos mecânicos (SINEIRO,1998; FREITAS *et al.*, 2003; COURI *et al*, 2000).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-tratamento pós-colheita e do processamento no rendimento e qualidade do óleo da polpa de macaúba usando processos combinados: **tecnologia enzimática e prensagem hidráulica.**

## MATERIAL E MÉTODOS

Matéria prima: Fruto da macaúba colhido na região que se estende desde o Município de Santa Luzia até o Município de São Gonçalo, Estado de Minas Gerais. A Figura 1 ilustra o mapa da região onde os frutos foram coletados.

Tratamento pós-colheita: O fruto foi colhido, imerso em vapor para inativação das enzimas naturais e redução da carga microbiana.



Figura 1. Região do cerrado mineiro produtora do coco da macaúba usado neste trabalho.

Despolpamento e homogeneização da amostra: A polpa e a casca foram separadas da amêndoa em uma despoldadeira semi-industrial, homogeneizada e armazenadas sob refrigeração (5 a 10°C), até seu uso, em embalagens de 5 kg fechadas sob vácuo.

Hidrólise enzimática: Em cada experimento, cerca de 250g da amostra eram imersas em uma solução aquosa contendo um extrato enzimático, produzido em escala de bancada, com atividade pectinase (83 a 85 UA/g) e CMCase (20 a 35 UA/g). Em seguida, a mistura foi incubada, por 1 ou 2 horas, em uma câmara climática sob agitação de 30 rpm e temperatura de 40°C. A quantidade de enzima usada para hidrólise foi de 0,5% na base da polpa. Estas condições foram selecionadas usando resultados previamente otimizados para o preparado enzimático utilizado (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Após a hidrólise enzimática, a mistura foi filtrada para eliminação parcial da água.

Secagem: A polpa parcialmente hidrolisada contendo cerca de 65% de água foi desidratada por dois métodos: i- secagem com fluxo de ar a 60°C até atingir a umidade de equilíbrio (20 a 24 horas) e ii- secagem em microondas até alcançar a mesma redução de água na massa da amostra, se comparada com a secagem convencional (30 a 40 minutos).

Prensagem: A polpa, com umidade final entre 15% e 20%, foi processada em uma prensa hidráulica piloto (CARVER) utilizando-se dois níveis de pressão 5.000 psi e 10.000 psi durante 1 hora. O óleo extraído foi pesado para determinação do rendimento do processo (Figura 2).

Para fins de comparação, foram realizados quatro experimentos (controles) nas mesmas condições operacionais, porém sem o uso do preparado enzimático.

Fotos: Suely Pereira Freitas



Figura 2. Fruto da macaúba e prensa hidráulica usada no processo

Análises: O teor de umidade e o teor de óleo na polpa foram determinados pelos métodos padrões da AOAC (2000). O índice de acidez foi determinado pelos métodos padrões da AOCS (1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fruto apresentou, em média, 36% de polpa, 25% de casca e 39% de amêndoa. A composição centesimal da polpa dos frutos in natura (teor de óleo e umidade) variou muito decorrente das diferenças na maturidade dos frutos em um mesmo cacho. No fruto fresco, a umidade variou de 40 a 80% enquanto o teor de óleo, em base úmida, variou entre 10 a 25%. Como esperado, quanto mais maduro o fruto menor o teor de água e maior o teor de óleo na polpa.

A Figura 3 apresenta os rendimentos dos processos de extração do óleo. Pode-se observar que não houve uma variação significativa no rendimento de extração do óleo quando se variou o método de secagem dos frutos. A pressão hidráulica foi o parâmetro mais relevante e promoveu um aumento no rendimento de extração do óleo em até 60%. O tratamento enzimático aumentou em até 40% o rendimento global do processo.

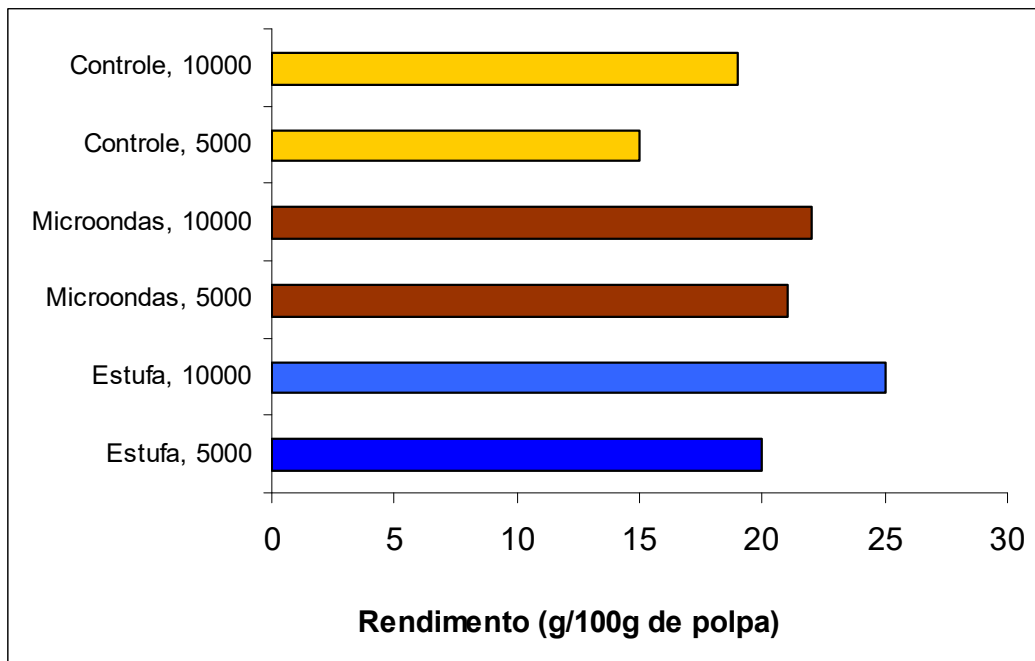


Tabela 1: Rendimento do processo de extração do óleo da polpa de macaúba em função do pré-tratamento (com e sem enzima), tipo de secagem (ar quente e microondas) e pressão (5000 e 10000 psi).

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de acidez dos óleos prensados. Pode-se observar que o índice de acidez no óleo obtido a partir da polpa seca com fluxo de ar a 60°C foi superior (2,45 a 4,47 mg KOH/g) aos valores obtidos no óleo extraído a partir da polpa seca em microondas (0,86 a 1,54 mg KOH/g). Isto pode ser explicado pela decomposição térmica que ocorre durante a secagem convencional por um período longo (20 a 24 horas) que promove a ruptura das ligações oxigênio-carbono na cadeia dos triglicerídeos, liberando ácidos graxos, segundo o mecanismo apresentado na Figura 4.

O óleo obtido a partir do fruto fresco, tratado com vapor, armazenado sob refrigeração e descascado manualmente, apresentou baixo índice de acidez, inferior a 0,50 mg KOH/g enquanto o óleo do fruto conservado na temperatura ambiente sem inativação com vapor apresentou índice de acidez superior a 15 mg KOH/g (Tabela 1). Estes resultados indicam que o tratamento pós-colheita é fundamental para preservar a integridade do óleo da polpa de macaúba.

Tabela 1: Efeito do processamento no índice de acidez dos óleos da polpa

Amostras	Pressão	Secagem	Acidez (mg KOH)
A1	5.000	Estufa	3,64 a 4,47
A2	5.000	Microondas	0,86 a 1,54
Controle 1	5.000	Estufa	2,45 a 2,84
Controle 2	5.000	Microondas	0,86 a 1,10
Fruto fresco*			0,44 a 0,65
Fruto fresco**			> 15,0

\* inativado com vapor e armazenado sob refrigeração por 15 dias

\*\* fruto fresco armazenado a 25°C por 15 dias

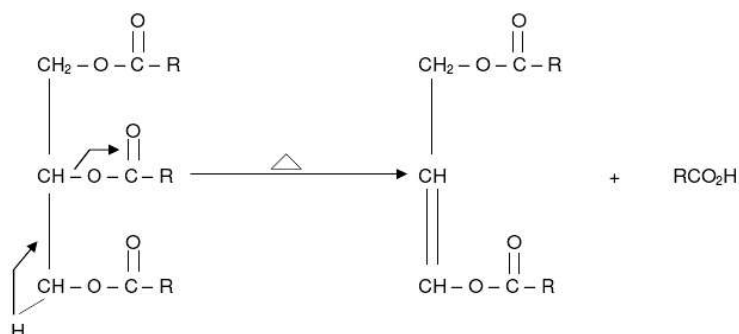


Figura 4: Mecanismo de liberação dos ácidos graxos livres. Fonte: Moretto, 1998.

## CONCLUSÃO

A extração enzimática aumentou o rendimento de obtenção de óleo fornecendo resultados promissores quando aplicada simultaneamente com o processo puramente mecânico. A pressão aplicada foi o parâmetro mais relevante do processo.

A secagem em microondas preservou melhor a qualidade do óleo da polpa de macaúba que o processo convencional de secagem por convecção com ar a 60°C.

A qualidade do óleo da polpa de macaúba pode, também, ser melhorada controlando-se algumas etapas de pós-colheita e processamento do fruto. A aplicação de vapor logo após a coleta dos frutos contribuiu para reduzir a formação de ácidos graxos livres no óleo da polpa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pelas bolsas concedidas a Isabella Christina Costa da Silva e Fabiana Pontes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AOAC. International official methods of analyses 17th ed. Washington D.C., 2000.

AOCS. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4 ed., (Champaign, IL.) 1996.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa Energia. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Belo Horizonte, 1983.

CLEMENT, C.R.; LERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. 2005. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, Montevideu, 67-71.

COURI, C.; FREITAS, S.P. Aplicação de enzimas na extração aquosa de óleos vegetais. **Ciência de Alimentos: Avanços e Perspectivas**, Ed. UNICAMP, cap. 10 p. 28 - 32, 2001.

COURI, S., PINTO, G.A.S., TERZI, S.C., COSTA, A.C.A., FREITAS, S.P. hydrolytic enzyme production in solid-state fermentation by *Aspergillus niger* 3T5B8. **Process Biochemistry**, v.36, p.255 - 261, 2000.

- FREITAS, S. P.; COURI, S.; JABLONKA, F. H.; CARVALHO, C. W. P. HARTMAN, L. The combined application of extrusion and enzymatic technology for extraction of soya bean. **Fett and Lipid**. v. 99, p.333 - 337, 1998.
- FREITAS, S.P. & LAGO, R.C.A. Equilibrium Data for the Extraction of Coffee and Sunflower Oils with Ethanol. *Brazilian Journal Food Technology*, v.10, n.3, 2007.
- FREITAS, S. P. ; VASCONCELOS, C. C. ; HAMACHER, M.S. ; PINTO, G. S. Tecnologia enzimática para extracción simultánea del aceite e proteína del ajonjolí. **Alimentaria**, v. 339, p. 43-48, 2003.
- HIANE, P.A.; FILHO, M.M.R.; RAMOS, M. L.; MACEDO, M. L. B. Bocaiúva, *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. Pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition, **Journal Food Technology**, v.8, n.3, p. 256 - 259, 2005.
- LINARDI, M; NOCOLI, J. Produção de lipase a partir de microorganismos isolados de frutos de macaúba (*A. Sclerocarpa*). ICB/UFMG, 1981, Belo Horizonte.
- MARIANO, R.G.B.; COURI, S.; FREITAS, S.P. The enzymatic technology to improved oil extraction from pequi pulp (*Caryocar brasiliense* Camb.). In: 30th **Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals**, 2008, New Orleans, LA. v. 1. p. 69-69, 2008.
- MORETTO, E.; FETT, R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos, Livraria Varela, São Paulo, 1998.
- MOTTA, P; CURRI, N.; GOMES, J.B. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.7, p.1023-1031, 2002.

NASCIMENTO, R.J.S.; COURI, S.; FREITAS, S.P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 1-5, 2008.

ROSENTHAL, A.; PYLE L.D.; NIRANJAN, K. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction. **Enzyme Microbiology Technology**, v. 19, p. 402-420, 1996.

SANTOS, R.D.; FERRARI, R.A. Extração aquosa enzimática de óleo de soja. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25 (1): 132-138, 2005.

SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M.J. Influencia del tratamiento enzimático en la calidad de aceites vegetales. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 2, p. 191-202, 1998.

SILVA, I.C.C.; COURI, S.; FREITAS, S.P. Aperfeiçoamento de um processo tecnológico para extração do óleo da polpa de macaúba (*A. Aculeata*). In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 2007, UNICAMP, 2007. v. 1. p. 1.

SZPIZ, R.R., LAGO, R.C.A., JABLONKA, F.H.; PEREIRA, D.A. 1989. Óleos de macaúba: uma alternativa para a oleoquímica. **Comunicado Técnico**, Embrapa CTAA, v. 14, pg. 1-10.