

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ESPECTROSCÓPICA DE BLENDS DE ÓLEO DE TUCUMÃ COM ÓLEOS COMERCIAIS PARA APLICAÇÕES ALIMENTÍCIAS E COSMÉTICAS

Cláudio Moisés F. de Sá[1,2]; Edcarlos V. Carvalho[2,3]; Flávia da S. Farias[2,3]; Bárbara M. Borges[2,4]; Ana Alice Q. Dias[1,2]; Mario L. B. de Jesus[4]; Juliana C. Valente[1,2]; Carla Carolina F. Meneses[2,3]; Cláudio N. Alves[1,2,3]

[1]*Faculdade de Química, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.*

[2]*Laboratório de Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.*

[3]*Programa de Pós-Graduação Profissional em Ciências e Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.*

[4]*Programa de Pós-Graduação em Química Medicinal e Modelagem Molecular, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.*

cladiofrancosa@gmail.com

Palavras-Chave: FTIR; índice de acidez; estabilidade oxidativa.

Introdução

A região amazônica brasileira destaca-se pela grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas. Os óleos e gorduras extraídos dessas espécies apresentam composições singulares, além de propriedades físico-químicas e nutracêuticas diferenciadas. Curiosamente, espécies de palmeiras pertencentes à família *Arecaceae* possuem grande relevância econômica para a região, sendo amplamente empregadas tanto na indústria cosmética quanto na produção alimentícia de consumo local (DIDONET *et al.*, 2020; PAULA FILHO *et al.*, 2023).

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.) é uma palmeira amazônica que produz frutos constituídos por duas importantes frações oleaginosas. A polpa fornece um óleo alaranjado rico em ácidos graxos poli-insaturados, enquanto o caroço produz uma gordura sólida rica em ácidos graxos láurico e mirístico (BORA *et al.*, 2001; DIDONET *et al.*, 2020).

A caracterização das propriedades físico-químicas do óleo de tucumã é fundamental para ampliar seu potencial de aplicação industrial, uma vez que essas propriedades estão diretamente relacionadas à composição de triacilgliceróis (TAG) presentes nos lipídios. Além disso, a determinação de parâmetros tecnológicos e de qualidade, como índice de acidez, acidez em ácido oleico livre, índice de peróxidos e outros obtidos por métodos da AOCS, é de grande importância para o desenvolvimento de produtos alimentícios e cosméticos à base de óleos vegetais (BEZERRA *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2019).

Apesar do elevado potencial nutricional e funcional do óleo de tucumã, sua aplicação industrial ainda é limitada pelo baixo rendimento de extração, pela baixa estabilidade oxidativa e pela irregularidade da cadeia produtiva. Nesse contexto, o desenvolvimento de blends entre óleos amazônicos e comerciais surge como uma alternativa para melhorar a estabilidade físico-química, otimizar propriedades tecnológicas e ampliar a viabilidade de aplicação tanto alimentícia quanto cosmética, agregando valor aos compostos bioativos do tucumã e fortalecendo o aproveitamento sustentável de recursos amazônicos.

Diante da crescente demanda por óleos amazônicos ricos em compostos bioativos, especialmente precursores da vitamina A, e da limitada disponibilidade de estudos sobre as propriedades físicas desses óleos em combinação com óleos comerciais, este estudo preliminar teve como objetivo caracterizar as propriedades físico-químicas e espectroscópicas do óleo de tucumã proveniente de São Domingos do Capim, Pará, em

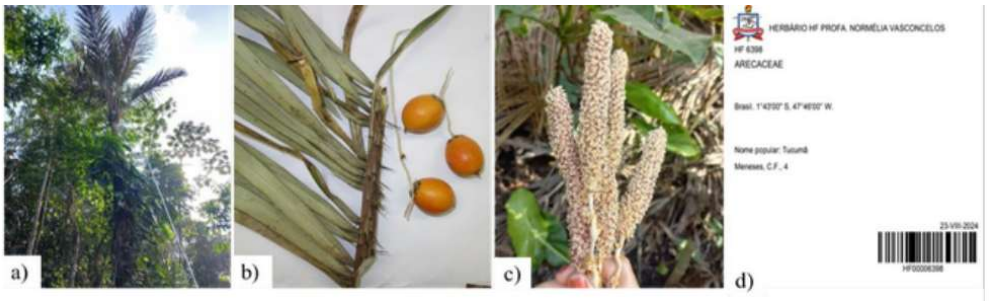
misturas com óleos de coco e soja. A proposta visa identificar as condições mais adequadas para o desenvolvimento de blends com potencial aplicação alimentícia e cosmética, aliando valor nutricional, estabilidade e características sensoriais diferenciadas.

Material e Métodos

Coleta botânica e aspectos morfológicos e externos do fruto de tucumã

Os frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.) utilizados para extração do óleo da polpa foram coletados em março de 2025, no município de São Domingos do Capim, Pará, Brasil, Chácara Flor do Ipê (1°43'00" S, 47°46'00" W). A identificação taxonômica da palmeira foi baseada em suas folhas, flores e frutos (código HF00006398), realizada pelo Herbário Professora Normélia Vasconcelos (HF) da Universidade Federal do Pará (UFPA), conforme ilustrado na Figura 1.

.Figura 1 – (a) Palmeira *Astrocaryum aculeatum* G. Mey.; (b) folha e fruto; (c) flor de tucumã; (d) ficha de identificação botânica.



Fonte: LRNSA (2025).

Extração do óleo de tucumã

Os frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.) foram lavados em água corrente, submersos em uma solução de hipoclorito de sódio a 10 mg/L por cinco minutos e, em seguida, despolpados manualmente com uma faca de aço inoxidável. Os frutos foram cortados em lascas de 0,2 cm de espessura, 1,5 cm de largura e 2,8 cm de comprimento (MENESES *et al.*, 2025). A polpa foi seca em estufa com circulação de ar e depois triturada em multiprocessador por cinco minutos. As amostras foram submetidas à extração de óleo por prensagem mecânica a frio (MENESES *et al.*, 2025). Esta etapa foi realizada na Central de Extração do LRNSA.

Preparação das amostras

As amostras foram preparadas com óleo de tucumã recém-extraído e misturadas com óleos comerciais refinados de coco (Copra) e soja (Siol) nas proporções 1:1, 1:2 e 1:4 (v/v), utilizando volumes fixos de 5 mL de óleo de tucumã para 5, 10 e 20 mL de óleo comercial, respectivamente.

Caracterização físico-química do óleo de tucumã extraído

O óleo bruto extraído da polpa de tucumã foi submetido à análise do índice de refração a 20 °C, usando um refratômetro ABBE (modelo 2WAJ-ATTO), de acordo com o método Cc 7-25 (AOCS, 2009). O índice de acidez, expresso em mg KOH/g, foi determinado pesando-se 2 g da amostra, diluindo-a em etanol 95%, adicionando fenolftaleína como indicador, e titulando com NaOH 0,1 N até a mudança de cor, corrigido pelo

fator de padronização do titulante, conforme o método Cd 3d-63 (AOCS, 2009). Os ácidos graxos livres, expressos como ácido oleico, foram calculados a partir do índice de acidez.

Espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

As análises espectroscópicas foram realizadas por FTIR em espectrofotômetro BRUKER VERTEX 70v com acessório ATR de cristal de diamante. Os espectros foram obtidos na faixa de 4000-400 cm^{-1}, com resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras por amostra. Aproximadamente duas gotas de óleo foram depositadas diretamente sobre o cristal ATR, sendo realizadas correções de fundo periódicas para garantir a qualidade dos dados.

Resultados e Discussão

Análise das propriedades físico-químicas do óleo de tucumã extraído

Os resultados da Tabela 1 mostraram que o aumento da proporção de óleo de coco e soja nas misturas reduziu o índice de acidez do óleo de tucumã de 4,10 para até 1,10 mg KOH/g e os ácidos graxos livres de 2,06% para 0,55%. Nas proporções 1:1 e 1:2, o óleo de soja apresentou maior eficiência na redução da acidez em comparação ao óleo de coco, com índices de 2,19 e 1,61 mg KOH/g, respectivamente, frente a 2,39 e 1,91 mg KOH/g nas misturas com coco. Na proporção 1:4, os dois sistemas convergiram para o mesmo valor (1,10 mg KOH/g).

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos e características dos óleos de tucumã, soja, coco e suas respectivas misturas físicas.

Parâmetros	Óleo de tucumã	Tucumã:Coco				Tucumã:Soja			
		Coco puro	1:1	1:2	1:4	Soja puro	1:1	1:2	1:4
Índice de acidez (mg KOH/g)	4,10 ± 0,00	0,54 ± 0,00	2,39 ± 0,47	1,91 ± 0,26	1,10 ± 0,05	0,82 ± 0,00	2,19 ± 0,27	1,61 ± 0,00	1,10 ± 0,00
AGL (% ácido oleico)	2,06 ± 0,00	0,27 ± 0,00	1,20 ± 0,00	0,96 ± 0,13	0,55 ± 0,26	0,41 ± 0,00	1,10 ± 0,00	0,81 ± 0,00	0,55 ± 0,00
Índice de refração (20°C)	1,466	1,455	1,460	1,460	1,459	1,472	1,469	1,471	1,471

Fonte: LRNSA (2025).

Essa diferença é evidenciada na Figura 2 e está relacionada à composição química dos óleos. O óleo de tucumã apresentou o maior índice de acidez entre os óleos avaliados, e a redução observada nas misturas é compatível com o efeito de diluição promovido pela adição dos óleos comerciais, que apresentam índices de acidez bem menores (0,54 mg KOH/g para o coco e 0,82 mg KOH/g para a soja). Além do efeito de diluição, a estabilidade intrínseca de cada óleo — determinada pelo seu perfil de ácidos graxos e pela resistência à degradação química — também influencia esse comportamento: o óleo de soja, por apresentar maior teor de ácidos graxos poli-insaturados, é mais suscetível à oxidação do que o óleo de coco, predominantemente saturado (CHOE; MIN, 2006).

Índice de refração

O valor do índice de refração aumenta com o aumento do comprimento da cadeia, do número de ligações duplas e da extensão da conjugação. O aquecimento prolongado também aumenta o índice de refração devido à introdução de grupos polares nas cadeias de ácidos graxos (VANI *et al.*, 2019). O índice de refração também pode ser influenciado por danos oxidativos ao óleo.

O óleo de coco apresenta menor valor (1,455) por ser mais saturado, o de tucumã valor intermediário (1,466) e o de soja maior valor (1,472) devido à maior quantidade de ligações duplas. Nas misturas, observa-se que o óleo de coco reduz o índice de refração do tucumã (1,459-1,460), enquanto o óleo de soja promove aumento (1,469-1,471). Dessa forma, o comportamento das misturas indica que o índice de refração varia conforme a composição, sendo influenciado principalmente pelo teor de insaturação.

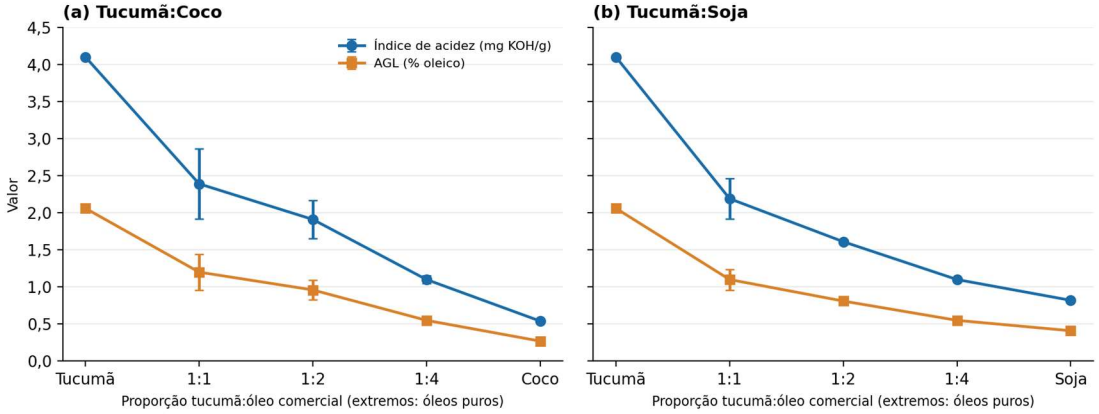


Figura 2 – Variação do índice de acidez e dos ácidos graxos livres em misturas de óleo de tucumã com óleos de coco e soja nas proporções 1:1, 1:2 e 1:4, evidenciando redução progressiva da acidez com o aumento da proporção dos óleos adicionados em ambos os sistemas.

Fonte: LRNSA (2026).

Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Os óleos e gorduras comestíveis são compostos principalmente por triglicerídeos (~98%), além de esteróis, vitaminas e ácidos graxos livres. As análises por FTIR evidenciaram diferenças na intensidade dos picos, especialmente nas regiões de 1085-1200 e 3006 cm^{-1}, permitindo diferenciar os óleos devido às suas assinaturas espectrais características (LUMAKSO *et al.*, 2015; ROHMAN *et al.*, 2014).

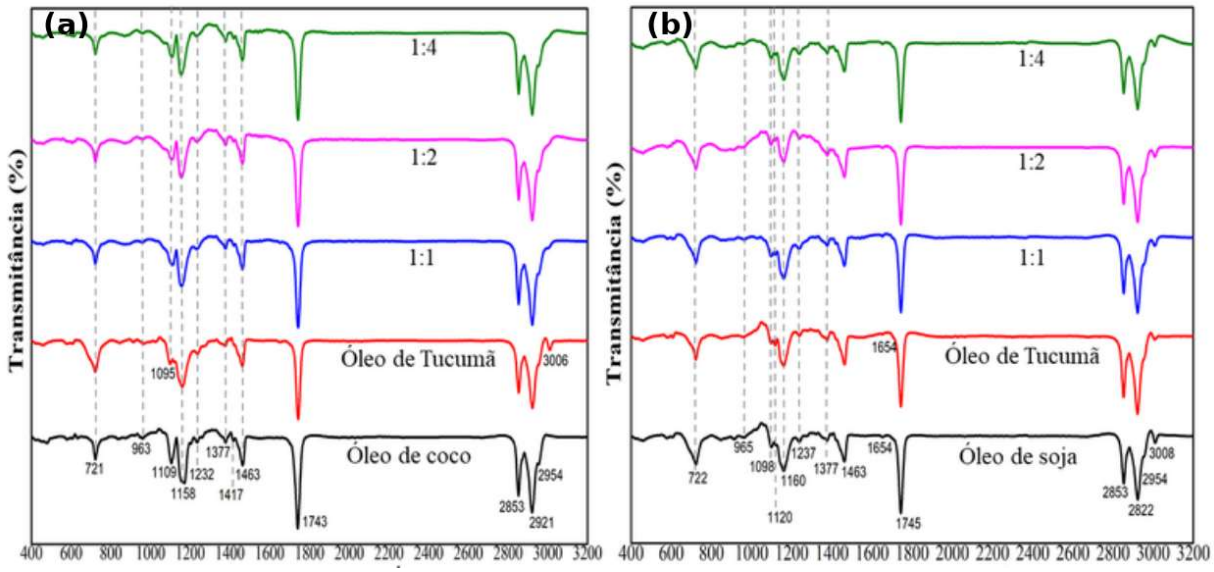
A Figura 3 apresenta os espectros FTIR dos óleos de tucumã, coco, soja e de suas misturas físicas na região de 4000-400 cm^{-1}. A análise espectral revelou bandas características de triacilgliceróis em 2954 cm^{-1} (CH_3), 2921 cm^{-1} (CH_2 assimétrico) e 2853 cm^{-1} (CH_2 simétrico), associadas às cadeias alifáticas dos óleos vegetais (LUMAKSO *et al.*, 2015).

A banda intensa em 1743 cm^{-1} corresponde ao estiramento da carbonila (C=O) de ésteres, típica de lipídios. Na região de impressão digital observaram-se bandas em 1463 cm^{-1} atribuída à deformação de CH_2 e em 1377 cm^{-1} à deformação simétrica de CH_3. As bandas em 1232 e 1158 cm^{-1} estão relacionadas ao estiramento C-O de ligações éster presentes nos triacilgliceróis, enquanto a banda em 721 cm^{-1} é atribuída ao movimento de balanço (*rocking*) de grupos -$(CH_2)_n$- em cadeias alifáticas longas.

No óleo de coco foi observada uma banda característica em 1109 cm^{-1}, atribuída ao estiramento C-O do esqueleto glicerídico, enquanto nas misturas e no óleo de tucumã essa banda apresentou deslocamentos para 1099 e 1095 cm^{-1}, respectivamente, indicando a contribuição de ambos os óleos. Também foi identificada uma banda em 3006 cm^{-1} associada ao estiramento C-H de grupos =C-H presentes em ácidos graxos insaturados, mais intensa no óleo de tucumã. Bandas próximas a 1417 e 963 cm^{-1}, tentativamente atribuídas à deformação de =C–H e a grupos olefínicos trans, respectivamente, também foram observadas; contudo, sua presença no óleo de coco — o mais saturado entre os analisados — sugere possível sobreposição com outras vibrações da região, como a deformação de CH_2 próxima à carbonila (LUMAKSO *et al.*, 2015).

As diferenças na composição de ácidos graxos desses óleos contribuíram para as diferentes intensidades dos picos reveladas, especialmente na frequência de 900-970 cm^{-1}. Essas regiões de frequência, geralmente, são exploradas para a quantificação de óleo de soja e coco em misturas binárias com outros óleos (LUMAKSO *et al.*, 2015).

Figura 3 – Espectros de FTIR (ATR) dos óleos puros e de suas misturas físicas em diferentes proporções: (a) óleo de coco puro (preto), óleo de tucumã puro (vermelho) e misturas nas proporções 1:1 (azul), 1:2 (rosa) e 1:4 (verde); (b) óleo de soja puro (preto), óleo de tucumã puro (vermelho) e misturas nas proporções 1:1 (azul), 1:2 (rosa) e 1:4 (verde). As principais bandas características estão indicadas em número de onda (cm^{-1}).



Fonte: LRNSA (2026).

No espectro FTIR do óleo de soja foram observadas bandas características de ligações insaturadas em 3008 cm^{-1} (=C-H) e 1654 cm^{-1} (cis -C=C), esta última também presente, com menor intensidade, no óleo de tucumã e nas misturas 1:1 e 1:2, mas ausente no óleo de coco. Além disso, foram identificadas bandas associadas a grupos CH_3, CH_2, C=O e C-O, características típicas de triacilgliceróis e ácidos graxos presentes nos óleos vegetais (LIANG *et al.*, 2013).

Com base nas informações obtidas nos espectros de FTIR, as misturas de óleos apresentam alterações espectrais principalmente nas regiões de 3006, 1654 e 900-970 cm^{-1}, associadas ao grau de insaturação. O aumento dessas bandas indica a presença de óleo de soja, caracterizado por elevado teor de ácidos graxos insaturados, com destaque para o ácido linoleico (C18:2, 50-60%), seguido do ácido oleico (C18:1, 22-30%) e do ácido linolênico (C18:3, 5-9%), enquanto os ácidos graxos saturados representam menos de 20% da composição, incluindo principalmente os ácidos palmítico (C16:0, 7-10%), esteárico (C18:0, 2-5%) e traços de araquídico (C20:0, < 1%) (FAN; ESKIN, 2015).

A contribuição do óleo de coco é evidenciada pelo deslocamento da banda de 1109 para ~1099 cm^{-1} e pela redução relativa das bandas de insaturação, em função de seu elevado teor de ácidos graxos saturados (~90%), predominando o ácido láurico (C12:0, 45-55%), seguido pelos ácidos mirístico (C14:0, 16-21%), palmítico (C16:0, 8-10%), esteárico (C18:0, 2-4%) e ácidos graxos de cadeia média, como o caprílico e o cáprico (MARINA; CHE MAN; AMIN, 2009).

Além disso, variações na região de 1085-1200 cm^{-1} reforçam a formação das misturas, mantendo-se a banda de 1743 cm^{-1} característica dos triacilgliceróis (LIANG *et al.*, 2013; LUMAKSO *et al.*, 2015). As características espectrais observadas **sugerem** que as misturas de óleo de tucumã com óleo de soja apresentam potencial de aplicação na indústria alimentícia, enquanto as misturas de óleo de tucumã com óleo de coco **parecem mais adequadas** para aplicações na área cosmética.

Conclusões

Os resultados demonstraram que a formação de blends entre o óleo de tucumã e os óleos comerciais de coco e soja promoveu redução do índice de acidez e dos ácidos graxos livres, principalmente com o aumento da proporção dos óleos adicionados, atingindo, na proporção 1:4, índice de acidez de 1,10 mg KOH/g e teor de ácidos graxos livres de 0,55% em ambos os sistemas. As análises por FTIR foram compatíveis com a presença de ambos os óleos nas misturas e evidenciaram alterações espectrais relacionadas ao grau de insaturação e à composição lipídica dos sistemas. Dessa forma, os blends desenvolvidos apresentam potencial para agregar valor ao óleo de tucumã, com as misturas de tucumã:soja voltadas principalmente à aplicação alimentícia e as de tucumã:coco à aplicação cosmética, contribuindo para o aproveitamento de um recurso oleaginoso amazônico. Por se tratar de um estudo preliminar, etapas futuras devem incluir a avaliação da estabilidade oxidativa, a quantificação de carotenoides totais e testes sensoriais, de modo a confirmar o potencial de aplicação identificado.

Agradecimentos

Agradecimentos à PROPESP/PIBIC/UFPA, PROEX/UFPA, CNPq, Pró-Amazônia nº 444009/2024-8, Linha 2, FAPESPA nº 0025/2023 e 009/2022, SECTET, SEMAS-PA, LABNANO-AMAZON e LRNSA/UFPA pelo apoio e financiamento.

Referências

AOCS. American Oil Chemists' Society. *Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society*: including additions and revisions, 2009.

BALDISSERA, M. D. *et al.* Antihyperglycemic, antioxidant activities of tucumã oil (*Astrocaryum vulgare*) in alloxan-induced diabetic mice, and identification of fatty acid profile by gas chromatograph: new natural source to treat hyperglycemia. *Chemico-Biological Interactions*, v. 270, p. 51–58, 2017.

BEZERRA, C. V.; RODRIGUES, A. M. da C.; DE OLIVEIRA, P. D.; DA SILVA, D. A.; DA SILVA, L. H. M. Technological properties of Amazonian oils and fats and their applications in the food industry. *Food Chemistry*, v. 221, p. 466–1473 [confirmar: provável 466–473], 2017.

BORA, P. S.; NARAIN, N.; ROCHA, R. V. M.; DE OLIVEIRA MONTEIRO, A. C.; DE AZEVEDO MOREIRA, R. Characterisation of the oil and protein fractions of tucuma (*Astrocaryum vulgare* Mart.) fruit pulp and seed kernel. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, v. 3, n. 2, p. 111–116, 2001.

CHOE, E.; MIN, D. B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 5, n. 4, p. 169–186, 2006.

DIDONET, A. A.; ANTONIASSI, R.; BACK, G. R.; FARIA-MACHADO, A. F.; WILHELM, A. E.; FERRAZ, I. D. K. Characterization of amount and quality of Tucuman kernel oil as a potential biomass. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 97, n. 9, p. 955–962, 2020.

FAN, L.; ESKIN, N. A. M. The use of antioxidants in the preservation of edible oils. In: *Handbook of Antioxidants for Food Preservation* [confirmar ano: 2015 no corpo do texto, 2002 aqui — padronizar]. p. 373–388.

[KNOTHE, 2002 — referência ausente. Incluir dados completos, ou remover a citação do corpo do texto (Resultados/Acidez).]

LIANG, P.; WANG, H.; CHEN, C.; GE, F.; LIU, D.; LI, S.; HAN, B.; XIONG, X.; ZHAO, S. The use of Fourier transform infrared spectroscopy for quantification of adulteration in virgin walnut oil. *Journal of Spectroscopy*, p. 1–6, 2013.

LUMAKSO, F. A.; ROHMAN, A.; HANDOY; RIYANTO, S.; YUSOF, F. M. Detection and quantification of soybean and corn oils as adulterants in avocado oil using Fourier transform mid infrared (FT-MIR) spectroscopy aided with multivariate calibration. *Jurnal Teknologi*, v. 77, n. 1, 2015.



MARINA, A. M.; CHE MAN, Y. B.; AMIN, I. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, n. 10, p. 481–487, 2009.

MENESES, C. C. F.; DALA, F. J.; SOUSA, P. R. M. de; ARAÚJO, A. C.; SILVA, J. R. de A.; BRASIL, D. do S. B.; LAMEIRA, J.; ALVES, C. N. Physico-chemical and spectroscopic characterization of tucumã and buriti oils extracted from fruits collected in São Domingos do Capim, Guamá micro-region, northeast Pará. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 5, e10035, 2025.

PAULA FILHO, G.; SOUZA, C.; LUCIA, C. D.; SANT'ANA, H.; SANTOS, R. H. Nutrients and bioactive compounds in wild fruits from the Brazilian Amazon rainforest. *Food Science and Technology*, v. 43, 2023.

PEREIRA, E.; FERREIRA, M. C.; SAMPAIO, K. A.; GRIMALDI, R.; MEIRELLES, A. J. de A.; MAXIMO, G. J. Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. *Food Chemistry*, v. 278, p. 208–215, 2019.

ROHMAN, A.; GUPITASARI, I.; PURWANTO, P.; TRIYANA, K.; ROSMAN, A. S.; SHUHEL AHMAD, S. A.; MOHD YUSOF, F. Quantification of lard in the mixture with olive oil in cream cosmetics based on FTIR spectra and chemometrics for halal authentication. *Jurnal Teknologi*, v. 69, n. 1, 2014.

VANI, G.; SIKDAR, P.; KIRAN, J. S.; PUSHPALATHA, C.; SIREESHA, T.; RANI, P. R.; VARDHAN, M. V.; BABU, M. N. Evaluation of physicochemical properties of some edible oils available in Tirupathi. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 11, n. 3, p. 179, 2019.