

ÓLEOS VEGETAIS NÃO COMESTÍVEIS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA BIOCOMBUSTÍVEIS: ANÁLISE QUALITATIVA

Catharina Paula Buranello¹, Matheus Lopes Harth², Gisella Maria Zanin^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil (buranellocatharina@gmail.com)

² Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil

Resumo: Este estudo examina o potencial de óleos vegetais não alimentares em biocombustíveis, visando mitigar o dilema entre energia e segurança alimentar. Alternativas como pinhão manso, mamona e microalgas mostram-se promissoras por seu alto rendimento, resiliência climática e baixo custo, sem competir com alimentos. O trabalho mapeia lacunas e tendências, reafirmando a importância dessas fontes renováveis para a transição energética global e a sustentabilidade.

Palavras-chave: biocombustíveis; óleo não comestível; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais em conjunto com a crescente toxicidade ambiental, a instabilidade dos preços do petróleo e a finitude de suas reservas vêm gerando uma crescente conscientização sobre o uso de combustíveis fósseis. Uma alternativa promissora que segue neste contexto é a exploração dos biocombustíveis, os quais podem ser produzidos por diferentes tipos de biomassa, como resíduos vegetais, culturas agrícolas e óleos reciclados. Além da diversificação da matriz energética, esses biocombustíveis de primeira geração contribuem para a redução de emissão de gases de efeito estufa, o que fortalece a segurança energética e o desenvolvimento do setor agrícola, ao mesmo tempo que incentivam o uso de recursos renováveis (Zia et al., 2024).

Nos últimos anos, políticas de apoio vêm sendo criadas para alavancar a expansão do uso de biocombustíveis de primeira geração, obtidos principalmente a partir de sementes comestíveis de óleos vegetais, como os óleos de soja, palma, milho, coco, entre outros. Isso gerou o início do debate “alimento versus combustível,” pois esta exploração pode gerar problemas, especialmente em países subdesenvolvidos produtores destas sementes (Atabani et al., 2013; Das & Gundimeda, 2022; Zia et al., 2024).

Diversos estudos analisaram os efeitos da expansão dos biocombustíveis em relação à alimentação, uso da terra, aspectos socioeconômicos e biodiversidade, demonstrando seu impacto ao mercado e alimentos e rações. Há uma preocupação constante na possível

conversão de terras agrícolas para produção de biocombustíveis sustentáveis, gerando uma redução significativa do abastecimento de alimentos. Além disso, o desmatamento de novas áreas pode acarretar a perda de biodiversidade local, além da degradação de recursos hídricos e do solo devido às práticas agrícolas intensivas. Esse conjunto de fatores afetam a segurança alimentar global, principalmente nos países em desenvolvimento, pois reduz a disponibilidade de terras férteis para o cultivo de alimento (Das & Gundimeda, 2022; Mofijur et al., 2023a).

Estes impactos não intencionais gerados pelos biocombustíveis de primeira geração impulsionou uma preocupação generalizada em reformular estratégias quanto ao uso desta matéria-prima. Uma das alternativas é o incentivo ao uso de sementes de plantas não comestíveis, as quais apresentam diversas vantagens, como o alto rendimento em óleo, baixo custo de produção e ausência de efeitos sobre a produção de alimentos (Zia et al., 2024).

Quantidades significativas de sementes provenientes de plantas não comestíveis são descartadas todos os anos por falta de aproveitamento adequado. Este material surge como um grande potencial para aplicação energética na produção dos biocombustíveis de primeira geração, pois estas culturas possuem resistência a condições climáticas e de solo adversas, podem ser cultivadas em períodos de entressafras e não demandam alto manejo, tornando seu cultivo simples, proveitoso e economicamente viável. Estes pontos são importantes para potencializar a produção sustentável



de biocombustíveis sem competir com recursos alimentares e pode reduzir o custo total da produção (Zia et al., 2024).

Neste contexto, o presente trabalho se caracteriza por apresentar uma análise abrangente da literatura com uma abordagem qualitativa conduzida com o objetivo de reunir e analisar informações que sejam relevantes sobre o uso de óleos vegetais não comestíveis na produção de biocombustível, permitindo a identificação de tendências, possíveis lacunas e perspectivas futuras para o uso destes óleos como fonte alternativa de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistemáticas em bases de dados científicas reconhecidas, incluindo ScienceDirect, Scopus, Web of Science e Google Scholar. Foram utilizados descritores em inglês e português, como “non-edible oils”, “biodiesel production”, “fatty acid composition”, “oil extraction” e “renewable energy”, combinados por operadores booleanos (AND, OR) para ampliar a abrangência dos resultados. Como critérios de inclusão, consideraram-se artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares, preferencialmente nos últimos anos, que abordassem diretamente a temática proposta.

Após a seleção inicial, os artigos passaram por leitura dos títulos e resumos, seguida de análise completa dos textos considerados mais relevantes. As informações extraídas foram organizadas e categorizadas de acordo com os principais eixos temáticos, como tipos de matérias-primas, métodos de extração, processos de produção de biodiesel, propriedades físico-químicas e desempenho em motores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Óleos não comestíveis como matéria-prima

Os óleos não comestíveis são obtidos a partir de espécies vegetais que apresentam compostos tóxicos que inviabilizam seu consumo para humanos. A matéria prima deve apresentar alto teor de óleo, abundância de sementes, composição adequada de ácidos graxos e adaptabilidade climática para se tornar uma alternativa sustentável (Shah, 2025).

Normalmente, óleos vegetais não comestíveis apresentam alto teor de extração, cerca de 30 a 50%, o que permite uma maior produção de biocombustíveis e reduz gastos. Além disso, estas oleaginosas são colhidas por sementes ou nozes, garantindo facilidade no armazenamento e no transporte, enfatizando seus benefícios econômicos e ambientais (Shah, 2025).

Estes óleos apresentam quantidades mínimas de enxofre em sua composição, o que resulta em um

combustível com baixo teor de enxofre inerente. Essa característica atende a normas ambientais relacionadas à problemática de emissões de enxofre para a atmosfera, muito comum nos combustíveis fósseis atualmente utilizados (Shah, 2025; Shah et al., 2013).

As oleaginosas são, geralmente, derivadas de plantas que não demandam altas necessidades de insumo e manutenção com fertilizantes e pesticidas, o que contribui com sua estabilidade com preços de produção e cultivo, e podem ser cultivadas em terras com baixa qualidade do solo, baixa pluviosidade e em locais que apresentam condições climáticas severas. O cultivo destas culturas pode proporcionar o desenvolvimento de renda em áreas com poder agrícola limitado, fazendo com que não haja a competição com o mercado de alimentos e desmatamento de florestas para abrir novas áreas de cultivos (Mattsson et al., 2000; Rosamond .- Naylor et al, 2007; Shah, 2025).

Embora estas vantagens em termos da sustentabilidade e à não competição com mercado de alimentos seja apresentada, é importante que haja uma análise abrangente com relação ao uso dessas terras e possíveis impactos ambientais devido à intensa atividade do solo, consumo hídrico e demanda energética para manutenção do mesmo (Mattsson et al., 2000).

2. Composição em ácidos graxos

A composição em ácidos graxos do óleo também deve ser adequada, a fim de atender as propriedades dos combustíveis que podem influenciar significativamente quanto à sua qualidade, propriedade do biocombustível formado, sensibilidade à temperatura, viscosidade e acidez. Para isto, existem normas internacionais para verificação dessas propriedades de utilização do mesmo (Mofijur et al., 2023b; Shah, 2025).

Normalmente estes óleos apresentam perfis de ácidos graxos semelhantes aos dos óleos comestíveis, facilitando sua compatibilidade com os processos convencionais de conversão já utilizados, como a conversão por meio de processos térmicos, catalíticos, enzimáticos ou microbianos (Farooqui et al., 2022).

Óleos ricos em ácidos graxos insaturados aumentam a estabilidade oxidativa e reduzem a viscosidade, contribuindo com as propriedades de fluxo em baixas temperaturas do combustível. No entanto, deve haver um equilíbrio entre a quantidade de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados para que estas propriedades desejáveis sejam atendidas. Além disso, perfis de ácidos graxos de cadeia longa podem contribuir com a qualidade de ignição e a eficiência de combustão, influenciando nos valores de cetano.



A presença de grupos polares na cadeia carbônica tem como propriedade a redução de atrito, desgaste e aumento da lubrificação devido à formação de fortes ligações com as superfícies metálicas do motor (Shah, 2025).

Uma grande quantidade de ácidos graxos saturados influencia diretamente no desempenho do combustível em condições severas de baixas temperaturas, apresentando pontos de fluidez, de turvação e de entupimento de filtros mais elevados do que aqueles com maior concentração de ácidos graxos insaturados. Este parâmetro afeta o funcionamento de motores em climas frios, apresentando problemas de gelificação ou solidificação rápida. No entanto, este problema apresentado pode ser minimizado com a adição de ativos ou pré-tratamentos, o que, consequentemente, aumenta o custo de produção (Shah, 2025).

3. Impacto ambiental de combustíveis fósseis

Embora o nível de poluentes ambientais continue crescendo, existem acordos internacionais que visam o comprometimento com a transição energética e a neutralidade de carbono até 2050, como é o caso da COP27, realizada em novembro de 2022. Além disso, existe o Acordo de Paris sobre o Clima, que visa combater o aquecimento global e as mudanças climáticas. Ambos os acordos contribuem com a tentativa de alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), com foco para o desenvolvimento sustentável, repressão de mudanças climáticas e ambientais que possam ser catastróficas e irreversíveis, e com a menor dependência de combustíveis fósseis (Bashir et al., 2024).

Devido aos impactos negativos e prejudiciais dos combustíveis fósseis tanto na saúde humana quanto para o planeta, a necessidade da transição para fontes de energia que sejam sustentáveis e renováveis é cada vez mais urgente, pois além de apresentarem uma disponibilidade infinita, também se caracterizam pelo baixo impacto ambiental (Sharafi et al., 2024).

O setor automobilístico é o que mais contribui com a emissão de gases do efeito estufa e das emissões de dióxido de carbono, apresentando um crescimento em relação aos outros setores, o que se deve, principalmente pelo uso de combustíveis fósseis como fonte primordial de energia para os veículos (Kumar et al., 2023).

A combustão desses recursos acarreta impactos severos à saúde pública e ao equilíbrio ambiental, pois seu processo libera uma gama de poluentes críticos, como o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e materiais particulados. Adicionalmente, tais compostos primários podem sofrer reações fotoquímicas na atmosfera, catalisadas pela radiação

solar e umidade, resultando em poluentes secundários como o *smog* fotoquímico, agravando a degradação da qualidade do ar e dos ecossistemas (Kumar et al., 2023).

O setor de aviação também é um dos maiores emissores de dióxido de carbono, tendo sua quantidade de emissão dobrada entre 1980 e 2018, e, atualmente, contribui com cerca de 2,5% das emissões globais de CO₂. Além disso, os aviões podem afetar a concentração de outros gases atmosféricos e poluentes em um curto prazo, pois a queima do combustível de aviação nos motores a jato libera uma série de espécies químicas, como dióxido de carbono, vapor d'água, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos que não foram queimados totalmente e materiais particulados (Doliente et al., 2020).

4. Produção de biocombustíveis

Biomassa é toda matéria orgânica proveniente de animais e vegetais, a qual pode ser utilizada como recurso energético e é muito útil para recuperação de resíduos, além de ser a única fonte de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Ela é considerada uma fonte neutra de carbono, pois pode resultar em um ciclo fechado deste composto, evitando que ele seja exposto para a atmosfera, tornando a produção de biocombustíveis mais atrativa neste quesito. Além disso, a biomassa lignocelulósica (lignina, celulose e hemicelulose) evita a emissão de sulfatos para a atmosfera, já que as plantas possuem baixas quantidades de enxofre (Barroso-Martín et al., 2022; Lee et al., 2022).

O interesse na valorização da biomassa vem crescendo na área científica, já que se trata de um recurso abundante, amplamente distribuído e pode substituir os combustíveis fósseis futuramente (Barroso-Martín et al., 2022).

Atualmente, a biomassa comestível é utilizada como matéria prima para as biorrefinarias – indústrias que aproveitam integralmente biomassa, gerando produtos de alto e baixo valor agregado (Lee et al., 2022) –, como milho, trigo, soja, cana-de-açúcar, batata, beterraba, entre outras, mas com seu uso limitado devido às questões éticas alimentares. A biomassa não comestível, como a lignocelulósica, algas, resíduos orgânicos e óleos não comestíveis são recursos promissores para a substituição da utilização das culturas alimentares. Além disso, como a variedade da biomassa não comestível é muito alta, a composição da mesma é variável de acordo com a sua origem, o que acaba dificultando o processo de conversão e pode gerar diferentes combustíveis, com diversas especificidades, no entanto, ainda consiste em um recurso estratégico e fundamental para a construção de um futuro sustentável (Lee et al., 2022; Shah, 2025).



A conversão da biomassa em biocombustível consiste na integração de tecnologias bioquímicas e termoquímicas, podendo ser utilizadas de forma separada ou conjunta, de acordo com o princípio necessário de reação. A tecnologia bioquímica consiste na produção de biocombustível a partir da utilização de enzimas e microrganismos. No caso das enzimas, elas atuam como catalisadores biológicos, enquanto - os microrganismos assimilam os substratos para produzir combustíveis por processos metabólicos como fermentação alcoólica, digestão anaeróbia e crescimento celular. Já a tecnologia termoquímica consiste na síntese por meio da pirólise, sob condições extremas de temperatura e pressão (Aghamiri & Lahijani, 2024; K. Lee et al., 2022; Tao et al., 2022).

5. Principais óleos utilizados

Os óleos podem ser classificados em dois tipos: comestíveis e não comestíveis. O óleo comestível é uma das fontes essenciais provenientes de plantas e sementes, e são utilizados para alimentação e uso medicinal. Por outro lado, outras fontes de óleos não comestíveis têm seu uso limitado, mas são capazes de solucionar a problemática do emprego de óleos comestíveis para fins industriais e ambientais (Azam et al., 2005).

Como a indústria alimentícia não depende de óleos não comestíveis, pode-se utilizá-los como matéria-prima para biocombustíveis, pois são menos problemáticos para o processamento e para as tecnologias de biocombustíveis, apresentando diversas vantagens produtivas e econômicas. Algumas fontes de óleo não comestíveis, como de pinhão-manso, mamona e microalgas desempenham papéis significativos na produção de biocombustíveis (Azam et al., 2005).

Trabalhos como de Azam et al. mostram enormes possibilidades para a produção de biocombustíveis. Além disso, estudaram os ácidos graxos livres de cerca de 26 óleos de sementes vegetais não tradicionais, e Zhao et al. (2017) relataram a disponibilidade de mais de 300 fontes diferentes de óleos vegetais. Portanto, é essencial a migração para o uso de óleos não comestíveis para o emprego e estudo de biocombustíveis, que podem ser vistos como uma alternativa para substituir combustíveis derivados de petróleo e fontes relacionadas (Azam et al., 2005; Ramesh et al., 2022).

5.1. Pinhão-manso (*Jatropha curcas*)

A *Jatropha curcas* Linn é uma planta tropical típica de regiões da África, América Latina e América Central. Por ser resistente à seca e tolerante a pragas, consegue facilmente se adaptar a terras degradadas, áridas e semiáridas, além de apresentar uma rápida

floração, que começa 90 dias após o plantio (Abdelgadir & Van Staden, 2013).

Seu óleo não é comestível devido a presença do éster de forbol, mas o torna promissor para a produção de biocombustível devido as suas características de alto índice de cetano, baixo teor de enxofre, baixa contaminação, níveis de acidez, viscosidade e fósforo (Abdelgadir & Van Staden, 2013).

A qualidade e a quantidade de óleo podem variar de acordo com os fatores climáticos, no entanto, geralmente sua semente obtém cerca de 40% de óleo, o que define um bom rendimento após o processo de extração (Becker & Makkar, 2008; Turinayo et al., 2015).

5.2. Mamona (*Ricinus communis*)

A semente da *Ricinus communis* é composta por cerca de 50% de óleo de rícino, o que justifica sua alta viscosidade e estabilidade em temperatura e pressão abaixo de seu ponto de resfriamento. A toxina presente é a ricina, o que impede sua utilização na indústria alimentícia e farmacêutica (Matos et al., 2025).

O óleo de mamona apresenta cadeias saturadas e insaturadas que atribuem boas propriedades como ponto de fusão, densidade, viscosidade e estabilidades térmica e oxidativa, contribuindo para sua utilização em diversos produtos industriais, inclusive na produção de biocombustíveis (Alves, 2019; Matos et al., 2025).

5.3. Microalgas (*Microalgae spp.*)

As microalgas se destacam por apresentar alta adaptabilidade em ambientes extremos, e sua biomassa é altamente promissora, sendo suficiente para superar as culturas oleaginosas tradicionais, devido a eficiência na produção de óleo, variando de 20% a 50% do peso das células secas. Além disso o ciclo destes organismos é extremamente curto, o que facilita a rapidez na produção. Além disso, estes seres possuem alta eficiência fotossintética e capacidade de fixação de dióxido de carbono, contribuindo ainda mais para a mitigação de gases de efeito estufa (Mane et al., 2025).

A composição química deste óleo apresenta ácidos graxos com grandes cadeias de carbono, sendo adequado para conversão em ésteres metílicos e aplicação de produção de combustíveis e produtos químicos. Essa característica confere ao biodiesel a viscosidade compatível com sistemas de injeção de motores diesel e uma densidade energética elevada. O alto nível de cetano, associado à presença de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, melhora a eficiência combustiva e atribui maior estabilidade oxidativa e a baixas temperaturas, sendo fatores importantes para condicionar o armazenamento e a



estabilidade do biocombustível (Ma *et al.*, 2025; Mane *et al.*, 2025)..

CONCLUSÃO

Diante dos efeitos prejudiciais dos combustíveis fósseis, a mudança para fontes renováveis de energia é uma urgência. No entanto, a utilização de oleaginosas comestíveis na fabricação de biocombustíveis gera importantes dilemas éticos e socioeconômicos, afetando a segurança alimentar mundial e a utilização de terras. A exploração de óleos não comestíveis, como pinhão-mansão, mamona e microalgas, surge como uma opção estratégica e sustentável. Essas matérias-primas proporcionam vantagens competitivas, como resistência a condições climáticas desfavoráveis, possibilidade de cultivo em regiões de baixa produtividade e não concorrência com o setor alimentício. Para mais, suas características físico-químicas são compatíveis com os processos de conversão atuais, possibilitando a fabricação de combustíveis com maior eficiência e menor teor de enxofre.

Assim, é fundamental continuar o investimento na melhoria dos métodos de extração e nas tecnologias de conversão (bioquímicas e termoquímicas) para tornar essas fontes economicamente viáveis, reforçando a segurança energética do setor de transportes, junto aos objetivos de desenvolvimento sustentável e à neutralidade de carbono, contribuindo para um futuro mais limpo e livre de dependência de recursos fósseis.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

Abdelgadir, H. A., & Van Staden, J. (2013). Ethnobotany, ethnopharmacology and toxicity of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae): A review. *South African Journal of Botany*, 88, 204–218. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2013.07.021>

Aghamiri, A. R., & Lahijani, P. (2024). Catalytic conversion of biomass and plastic waste to alternative aviation fuels: A review. *Biomass and Bioenergy*, 183, 107120. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2024.107120>

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2013). Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and

emissions production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 211–245. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2012.10.013>

Azam, M. M., Waris, A., & Nahar, N. M. (2005). Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy*, 29(4), 293–302. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2005.05.001>

Barroso-Martín, I., Ballesteros-Plata, D., Infantes-Molina, A., Guerrero-Pérez, M. O., Santamaría-González, J., & Rodríguez-Castellón, E. (2022). An overview of catalysts for the hydrodeoxygenation reaction of model compounds from lignocellulosic biomass. *IET Renewable Power Generation*, 16(14), 3009–3022. <https://doi.org/10.1049/RPG2.12477;ISSUE:IS SUE:DOI>

Bashir, M. F., Shahbaz, M., Ma, B., & Alam, K. (2024). Evaluating the roles of energy innovation, fossil fuel costs and environmental compliance towards energy transition in advanced industrial economies. *Journal of Environmental Management*, 351, 119709. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.119709>

Becker, K., & Makkar, H. P. S. (2008). *Jatropha curcas*: A potential source for tomorrow's oil and biodiesel. *Lipid Technology*, 20(5), 104–107. <https://doi.org/10.1002/lite.200800023>

Alves, E. S. *Extração e caracterização cinética de lipase ácida presente na semente de mamona*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

Das, P., & Gundimeda, H. (2022). Is biofuel expansion in developing countries reasonable? A review of empirical evidence of food and land use impacts. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133501. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.133501>

Doliente, S. S., Narayan, A., Tapia, J. F. D., Samsatli, N. J., Zhao, Y., & Samsatli, S. (2020). Bio-aviation Fuel: A Comprehensive Review and Analysis of the Supply Chain Components. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00110>

Farooqui, S. A., Sinha, A. K., & Ray, A. (2022). Progress and trends in renewable jet fuels. *Advanced Biofuel Technologies: Present Status, Challenges and Future Prospects*, 333–364. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88427-3.00011-8>



- Kumar, S., Singh, P., Shrivastava, V., Kaur Sohal, J., Sharma, A., Kumar, M., Alam, T., & Singh Yadav, A. (2023). Potential non-edible oil seeds for biodiesel production: An Indian context. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.05.419>
- Lee, K., Chun, Y., Yoo, H., & Kim, S. (2022). BioRes_17_2_1965_Lee_CYK_Editorial_Strateg_Non_Edible_Biomass_Value_Chemical_Biorefin_19787. *BioResources*.
- Ma, C., Dai, Y., Zhuang, G., & Zhang, H. (2025). Advances in hydrodeoxygenation techniques and catalysts for the sustainable conversion of microalgal oil into biofuels. *Chemical Engineering Science*, 318, 122168. <https://doi.org/10.1016/J.CES.2025.122168>
- Mane, S., Singh, A., & Taneja, N. K. (2025). Pretreatment optimization for microalgae oil yield enhancement and residual biomass characterization for sustainable biofuel feedstock production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(7), 9859–9874. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05768-y>
- Matos, R. A. F. de, Gonçalves Filho, L., & Barbosa, Y. J. dos S. (2025). Síntese de biolubrificante a partir do óleo de mamona. *STUDIES IN ENGINEERING AND EXACT SCIENCES*, 6(1), e13567. <https://doi.org/10.54021/seesv6n1-018>
- Mattsson, B., Cederberg, C., & Blix, L. (2000). Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. *Journal of Cleaner Production*, 8(4), 283–292. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00027-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00027-5)
- Mofijur, M., Ahmed, S. F., Rony, Z. I., Khoo, K. S., Chowdhury, A. A., Kalam, M. A., Le, V. G., Badruddin, I. A., & Khan, T. M. Y. (2023a). Screening of non-edible (second-generation) feedstocks for the production of sustainable aviation fuel. *Fuel*, 331, 125879. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.125879>
- Mofijur, M., Ahmed, S. F., Rony, Z. I., Khoo, K. S., Chowdhury, A. A., Kalam, M. A., Le, V. G., Badruddin, I. A., & Khan, T. M. Y. (2023b). Screening of non-edible (second-generation) feedstocks for the production of sustainable aviation fuel. *Fuel*, 331, 125879. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.125879>
- Ramesh, A., Shanthi, K., & Nguyen-Le, M. T. (2022). NiMoS over Ti-incorporated mesoporous silicates for the hydrotreating of non-edible oils to bio-jet fuels. *Molecular Catalysis*, 518, 112113. <https://doi.org/10.1016/J.MCAT.2022.112113>
- Rosamond L. Naylor, Scott D. Rozelle, Kenneth G. Cassman, Adam Liska, Marshall B. Burke, Walter P. Falcon, & Joanne C. Gaskell. (2007). The Ripple Effect: Biofuels, Food Security, and the Environment. *Agronomy and Horticulture, Department of Agronomy and Horticulture: Faculty Publications*, 49(9).
- Shah, S. N. (2025). Non-edible plant oils as renewable feedstocks for biodiesel production: a comprehensive review. *Academia Green Energy*, 2(3). <https://doi.org/10.20935/acadenergy7822>
- Shah, S. N., Iha, O. K., Alves, F. C. S. C., Sharma, B. K., Erhan, S. Z., & Suarez, P. A. Z. (2013). Potential Application of Turnip Oil (*Raphanus sativus* L.) for Biodiesel Production: Physical–Chemical Properties of Neat Oil, Biofuels and their Blends with Ultra-Low Sulphur Diesel (ULSD). *BioEnergy Research*, 6(2), 841–850. <https://doi.org/10.1007/s12155-013-9310-y>
- Sharafi Laleh, S., Safarpour, A., Shahbazi Shahrak, A., Fatemi Alavi, S. H., & Soltani, S. (2024). Thermodynamic and exergoeconomic analyses of a novel biomass-fired combined cycle with solar energy and hydrogen and freshwater production in sports arenas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 59, 1507–1517. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2024.02.146>
- Tao, J., Ge, Y., Liang, R., Sun, Y., Cheng, Z., Yan, B., & Chen, G. (2022). Technologies integration towards bio-fuels production: A state-of-the-art review. *Applications in Energy and Combustion Science*, 10, 100070. <https://doi.org/10.1016/J.JAECS.2022.100070>
- Turinayo, Y. K., Kalanzi, F., Mudoma, J. M., Kiwuso, P., Asiimwe, G. M., Esegu, J. F. O., Balitta, P., & Mwanja, C. (2015). Physicochemical Characterization of *Jatropha curcas* Linn Oil for Biodiesel Production in Nebbi and Mokono Districts in Uganda. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 05(03), 104–113. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2015.53010>
- Zia, U., Ahmad, M., Alsahli, A. A., Faiz, I., Sultana, S., Caicedo-Paz, A. V., Mussagy, C. U., & Mustafa, A. (2024). Integrating environmental remediation with biodiesel production from toxic non-edible oil seeds (*Croton bonplandianus*) using a sustainable phyto-nano catalyst. *Biomass and Bioenergy*, 190, 107406. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2024.107406>