

Huiles à usage énergétique (biocarburants ou biodiesel): composition, applications et considérations analytiques.

Dr Laura Giannelli, chercheuse au laboratoire de chimie «Francesco Bonicolini» du CDR et au service clientèle de la division CDR FoodLab®.

P2613

Introduction

Les biocarburants sont des carburants renouvelables issus de ressources biologiques telles que les cultures, les huiles végétales, les graisses animales et les déchets organiques. Leur développement est fortement encouragé par les politiques internationales visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à diminuer la dépendance aux combustibles fossiles et à promouvoir un système énergétique plus durable. Contrairement aux combustibles fossiles, qui proviennent de matières organiques anciennes, les biocarburants s'inscrivent dans le cycle court du carbone, car le dioxyde de carbone libéré lors de la combustion est partiellement compensé par le carbone absorbé lors de la croissance de la biomasse.

Parmi les différentes catégories, le bioéthanol et le biodiesel représentent la part la plus importante de la production mondiale de biocarburants. Le biodiesel comprend le biodiesel et le diesel renouvelable, le biodiesel étant l'une des alternatives les plus répandues au diesel conventionnel d'origine pétrolière dans les transports, la production d'électricité et les applications industrielles. La demande croissante de biocarburants a considérablement accru l'utilisation des huiles végétales comme matières premières principales, notamment aux États-Unis et en Europe.

Composition chimique

Le biodiesel est produit par un procédé chimique appelé **transestérification**, au cours duquel les triglycérides présents dans **les huiles végétales ou les graisses animales** réagissent avec un **alcool**, généralement du méthanol, pour former des esters méthyliques d'acides gras (**EMAG**) et du glycérol comme sous-produit. La composition chimique du biodiesel reflète donc le profil en acides gras de la matière première initiale.

Les huiles végétales les plus couramment utilisées pour la production de biodiesel sont l'huile de soja, l'huile de colza, l'huile de canola, l'huile de tournesol et l'huile de palme. Les matières premières issues de déchets, comme les huiles de cuisson usagées, les acides gras libres et les graisses animales, sont également de plus en plus utilisées, notamment dans le cadre des réglementations axées sur le développement durable. Le rapport entre les esters méthyliques d'acides gras saturés et insaturés est

déterminant pour les propriétés du carburant. Les esters saturés offrent généralement une meilleure stabilité à l'oxydation, mais une moins bonne fluidité à froid en raison de leurs températures de cristallisation plus élevées. À l'inverse, les esters insaturés améliorent les performances à basse température, mais sont plus sensibles à la dégradation oxydative. C'est pourquoi la qualité du biodiesel est étroitement liée à la distribution des acides gras et doit être conforme aux normes internationales telles que l'ASTM D6751 et l'EN 14214.

Propriétés et utilisations

Le biodiesel est un carburant biodégradable et peu polluant qui permet de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre par rapport au gazole d'origine fossile, selon la matière première et le procédé de production. Il ne contient pas de carbone fossile et peut être mélangé au gazole conventionnel dans diverses proportions, généralement jusqu'à 7% sur de nombreux marchés européens, ou utilisé en proportions plus élevées, voire pur dans les moteurs compatibles.

Outre la réduction des émissions de particules fines, de monoxyde de carbone et de composés soufrés, le biodiesel offre une lubrification supérieure au diesel à très faible teneur en soufre, contribuant ainsi à limiter l'usure du moteur. Il peut généralement être utilisé dans les moteurs diesel existants sans modifications importantes, ce qui en fait une alternative techniquement réalisable et facilement déployable à grande échelle.

Cependant, les propriétés du biodiesel varient considérablement selon la composition de la matière première. Les carburants riches en esters insaturés peuvent présenter une stabilité à l'oxydation moindre et nécessiter l'ajout d'antioxydants, tandis que ceux à forte teneur en esters saturés peuvent engendrer des problèmes de colmatage à froid et de point de trouble, notamment par temps froid. Par conséquent, un contrôle qualité rigoureux et une surveillance de la stabilité sont indispensables pour garantir la conformité aux normes réglementaires et le bon fonctionnement du moteur.

Paramètres essentiels pour la caractérisation des huiles utilisées comme biocarburants

La qualité des huiles végétales et des matières premières issues de déchets destinées à la production de biodiesel doit être rigoureusement contrôlée afin de garantir la conformité aux normes réglementaires et le bon fonctionnement du moteur. Parmi les paramètres les plus critiques pour la caractérisation des matières premières figurent la teneur en **acides gras libres**, l'**indice d'iode** et les **peroxydes**. Ces indicateurs fournissent des informations essentielles sur la stabilité chimique, l'aptitude à la transestérification et le comportement attendu du carburant.

Acides gras libres (FFA)

La **teneur en acides gras libres** (FFA) est un paramètre essentiel pour l'évaluation des huiles destinées à la production de biodiesel. Les FFA sont principalement générés par l'hydrolyse des triglycérides, un processus influencé par le temps, la température et l'humidité lors du stockage et de la manipulation. Une teneur élevée en FFA indique une dégradation et une stabilité réduite, car les acides libres sont plus sensibles à l'oxydation que les triglycérides neutres. Du point de vue du procédé, une teneur élevée en FFA a un impact significatif sur la transestérification catalysée par une base, la méthode la plus courante de production de biodiesel. Lorsque la teneur en FFA dépasse environ 1%, la formation de savons se produit en présence de catalyseurs alcalins, ce qui réduit le rendement en biodiesel et complique les étapes de purification ultérieures.

Le dosage officiel des acides gras libres (FFA) est réalisé par titrage acido-basique, généralement selon des procédures normalisées telles que la norme ASTM D664 pour la détermination de l'indice d'acidité. L'échantillon d'huile est dissous dans de l'alcool neutralisé et titré avec une solution d'hydroxyde de potassium normalisée. Les résultats sont exprimés en mg de KOH par gramme d'huile ou en pourcentage d'acides gras libres. Ce paramètre est également crucial pour le contrôle qualité du biodiesel, car les FFA résiduels peuvent entraîner corrosion, instabilité thermique et dégradation oxydative.

Valeur de l'iode (IV)

L' **indice d'iode** mesure le degré d'insaturation d'une huile, exprimé en grammes d'iode absorbés pour 100 grammes d'échantillon. Les doubles liaisons étant des sites réactifs susceptibles d'oxydation et de polymérisation, cet indice est directement lié à la stabilité à l'oxydation.

Les huiles riches en iode contiennent une proportion plus importante d'acides gras polyinsaturés et sont donc plus sujettes à l'auto-oxydation, à la formation de gommes et à une instabilité à long terme. Si l'insaturation améliore la fluidité à basse température, elle réduit également la résistance à la dégradation oxydative. Par conséquent, un dosage précis de l'insaturation est essentiel pour optimiser les performances du biodiesel.

Le dosage classique de l'iode est réalisé par addition d'halogènes, généralement selon la méthode de Wijs, suivie d'un titrage de l'iode en excès par le thiosulfate de sodium. Bien que la norme ASTM D6751 n'impose pas de limite stricte à la teneur en iode du biodiesel, ce paramètre demeure essentiel pour la sélection des matières premières et l'évaluation de leur stabilité.

Peroxydes (PV)

Les **peroxydes** sont un indicateur clé de l'oxydation primaire, reflétant la concentration de peroxydes et d'hydroperoxydes formés lors des premières étapes de l'oxydation des lipides. Lorsque les acides gras insaturés réagissent avec l'oxygène, des peroxydes sont générés comme premiers produits de dégradation, entraînant à terme le rancissement, la décoloration et des modifications des propriétés physiques.

Pour les matières premières destinées à la production de biodiesel, un indice de peroxyde élevé indique une détérioration oxydative progressive et une aptitude réduite à la production de carburant. Bien que l'indice de peroxyde soit plus informatif aux premiers stades de l'oxydation, il demeure un indicateur important de la durée de conservation et de l'état du produit. Les huiles dont l'indice de peroxyde est inférieur à environ 10 meq O₂/kg sont généralement considérées comme fraîches, tandis que des valeurs nettement supérieures indiquent une dégradation.

La détermination officielle de l'indice de peroxyde repose sur un titrage iodométrique, selon les méthodes normalisées telles que l'ISO 3960 ou l'AOCs Cd 8b-90. Les peroxydes présents dans l'huile oxydent les ions iodure en iode, lequel est ensuite titré avec une solution de thiosulfate de sodium titrée. Les résultats sont exprimés en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'huile.

CDR FoodLab® pour le contrôle qualité des huiles et graisses: simple, rapide et adapté à l'industrie

CDR FoodLab® représente une solution pratique et efficace pour le contrôle qualité des huiles et graisses utilisées dans la production de

biocarburants. Contrairement aux méthodes de titrage traditionnelles, qui nécessitent une préparation importante des échantillons, la manipulation de solvants et du personnel de laboratoire spécialisé, **CDR FoodLab®** fonctionne grâce à une manipulation minimale des échantillons et à des réactifs prêts à l'emploi, le système réduit la complexité analytique et les délais d'exécution. Il fournit des résultats en quelques minutes, permettant une prise de décision rapide lors de la réception des matières premières, du suivi du stockage et du contrôle des procédés. Son approche photométrique garantit des mesures fiables et reproductibles, ainsi que **des résultats concordants avec les méthodes de référence**, tout en limitant l'exposition des opérateurs aux produits chimiques dangereux. Compact et adapté aux environnements de laboratoire et de production, CDR FoodLab® répond aux besoins L'industrie a besoin d'analyses rapides, précises et conformes à la réglementation, contribuant à améliorer l'efficacité des processus, la maîtrise des coûts et la constance de la qualité du carburant.

Bibliographie

- American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Cd 8b-90: Peroxide Value, Acetic Acid-Isooctane Method*. Champaign, IL, USA: AOCS.
- ASTM International. (n.d.). *ASTM D664 – Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- ASTM International. (n.d.). *ASTM D6751 – Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- European Committee for Standardization (CEN). (n.d.). *EN 14214 – Liquid petroleum products – Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines – Requirements and test methods*. Brussels, Belgium.
- International Organization for Standardization (ISO). (n.d.). *ISO 3960 – Animal and vegetable fats and oils – Determination of peroxide value – Iodometric (visual) endpoint determination*. Geneva, Switzerland: ISO.
- Canesin, E. A., Oliveira, C. C., Matsushita, M., Dias, L. F., Pedrão, M. R., & Souza, N. E. (2014). Characterization of residual oils for biodiesel production. *Electronic Journal of Biotechnology*, 17(1).
<https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2013.11.001>
- Kumar, M., & Sharma, M. P. (2016). Selection of potential oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1129–1138.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.032>
- Umeh, S. I., & Okonkwo, P. A. (2025). The essential properties of oils for biodiesel production. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.1008694>