

Aceites para uso energético (biocombustibles o biodiésel): composición, aplicaciones y consideraciones analíticas.

Dra. Laura Giannelli, investigadora del Laboratorio de Química "Francesco Bonicolini" del CDR y responsable de Atención al Cliente de la División FoodLab® del CDR.

P2613

Introducción

Los biocombustibles son combustibles renovables derivados de recursos biológicos como cultivos, aceites vegetales, grasas animales y residuos orgánicos. Su desarrollo ha sido impulsado por políticas internacionales destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y promover un sistema energético más sostenible. A diferencia de los combustibles fósiles, que se derivan de materia orgánica antigua, los biocombustibles forman parte del ciclo del carbono a corto plazo, ya que el dióxido de carbono liberado durante la combustión se compensa parcialmente con el carbono absorbido durante el crecimiento de la biomasa.

Entre las diversas categorías, el bioetanol y el diésel de biomasa representan la mayor parte de la producción mundial de biocombustibles. El diésel de biomasa incluye el biodiésel y el diésel renovable, siendo el biodiésel una de las alternativas más populares al diésel convencional derivado del petróleo en el transporte, la generación de energía y las aplicaciones industriales. La creciente demanda de biocombustibles ha incrementado significativamente el uso de aceites vegetales como materia prima principal, especialmente en Estados Unidos y Europa.

Composición química

El biodiésel se produce mediante un proceso químico conocido como **transesterificación**, en el que los triglicéridos presentes en **aceites vegetales o grasas animales** reaccionan con un **alcohol**, generalmente metanol, para formar ésteres metílicos de ácidos grasos, comúnmente denominados **FAME**, y glicerol como subproducto. Por lo tanto, la composición química del biodiésel refleja el perfil de ácidos grasos de la materia prima inicial.

Los aceites vegetales más utilizados para la producción de biodiésel incluyen el aceite de soja, el aceite de colza, el aceite de canola, el aceite de girasol y el aceite de palma. Las materias primas derivadas de residuos, como el aceite de cocina usado, los ácidos grasos libres y las grasas animales, también se utilizan cada vez más, especialmente en el contexto de las normativas orientadas a la sostenibilidad. La proporción de ésteres metílicos de ácidos grasos saturados e insaturados desempeña un papel fundamental en la

determinación de las propiedades del combustible. Los ésteres saturados generalmente ofrecen mayor estabilidad a la oxidación, pero peores propiedades de flujo en frío debido a sus temperaturas de cristalización más elevadas. Por el contrario, los ésteres insaturados mejoran el rendimiento a bajas temperaturas, pero son más susceptibles a la degradación oxidativa. Por este motivo, la calidad del biodiésel está estrechamente ligada a la distribución de ácidos grasos y debe cumplir con normas internacionales como ASTM D6751 y EN 14214.

Propiedades y usos

El biodiésel es un combustible biodegradable y de baja contaminación que puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el diésel convencional, dependiendo de la materia prima y el proceso de producción. No contiene carbono fósil y puede mezclarse con diésel convencional en diversas proporciones, generalmente hasta un 7 % en muchos mercados europeos, o utilizarse en mezclas con mayor concentración e incluso puro en motores compatibles.

Además de reducir las emisiones de partículas, monóxido de carbono y compuestos de azufre, el biodiésel ofrece una lubricación superior en comparación con el diésel de ultrabajo contenido de azufre, lo que contribuye a disminuir el desgaste del motor. Generalmente, puede utilizarse en motores diésel existentes sin modificaciones significativas, lo que lo convierte en una alternativa técnicamente viable y escalable.

Sin embargo, las propiedades del biodiésel varían significativamente según la composición de la materia prima. Los combustibles ricos en ésteres insaturados pueden presentar menor estabilidad a la oxidación y requerir la adición de antioxidantes, mientras que aquellos con mayor contenido de ésteres saturados pueden presentar problemas relacionados con la obstrucción del filtro en frío y el punto de enturbiamiento, especialmente en climas fríos. Por lo tanto, un control de calidad riguroso y un monitoreo de la estabilidad son esenciales para garantizar el cumplimiento de las normas reglamentarias y un rendimiento fiable del motor.

Parámetros esenciales para la caracterización de aceites utilizados como biocombustibles

La calidad de los aceites vegetales y las materias primas derivadas de residuos destinadas a la producción de biodiésel debe controlarse rigurosamente para garantizar el cumplimiento de las normas reglamentarias y un rendimiento fiable del motor. Entre los parámetros más críticos para la caracterización de la materia prima se encuentran el contenido de **ácidos grasos libres**, el **índice de yodo** y el **índice de peróxido**. Estos indicadores proporcionan información esencial sobre la estabilidad química, la idoneidad para la transesterificación y el comportamiento esperado del combustible.

Ácidos grasos libres (FFA)

El **contenido de ácidos grasos libres** (FFA) son uno de los parámetros más importantes para evaluar los aceites destinados a la producción de biodiésel. Los FFA se generan principalmente mediante la hidrólisis de triglicéridos, un proceso influenciado por el tiempo, la temperatura y la humedad durante el almacenamiento y la manipulación. Los altos niveles de FFA indican degradación y una menor estabilidad, ya que los ácidos libres son más susceptibles a la oxidación que los triglicéridos neutros. Desde la perspectiva del proceso, un alto contenido de FFA afecta significativamente la transesterificación catalizada por álcalis, el método más común para la producción de biodiésel. Cuando los niveles de FFA superan aproximadamente el 1%, se produce la formación de jabón en presencia de catalizadores alcalinos, lo que reduce el rendimiento del biodiésel y complica la purificación posterior.

La determinación oficial de ácidos grasos libres (FFA) se realiza mediante titulación ácido-base, generalmente siguiendo procedimientos estandarizados como la norma ASTM D664 para determinar el índice de acidez. La muestra de aceite se disuelve en alcohol neutralizado y se titula con hidróxido de potasio estandarizado, expresándose los resultados en mg de KOH por gramo de aceite o como porcentaje de ácidos grasos libres. Este parámetro es crucial para el control de calidad del biodiésel, ya que los AGL residuales pueden causar corrosión, inestabilidad térmica y degradación oxidativa.

Valor del yodo (IV)

El **índice de yodo** mide el grado de insaturación de un aceite, expresado en gramos de yodo absorbidos por cada 100 gramos de muestra. Dado que los enlaces dobles son sitios reactivos susceptibles a la

oxidación y la polimerización, el índice de yodo está directamente relacionado con la estabilidad oxidativa.

Los aceites con alto contenido de yodo contienen mayores proporciones de ácidos grasos poliinsaturados y, por lo tanto, son más propensos a la autooxidación, la formación de gomas y la inestabilidad a largo plazo. Si bien la insaturación mejora la fluidez a bajas temperaturas, también reduce la resistencia a la degradación oxidativa. Por consiguiente, equilibrar la insaturación es fundamental para lograr un rendimiento óptimo del biodiésel.

La determinación convencional de yodo se realiza mediante métodos de adición de halógenos, generalmente el método de Wijs, seguido de la titulación del exceso de yodo con tiosulfato de sodio. Si bien la norma ASTM D6751 no impone un límite estricto al contenido de yodo en el biodiésel, este parámetro sigue siendo esencial para la selección de la materia prima y la evaluación de su estabilidad.

Índice de peróxido (PV)

El **índice de peróxido** es un indicador clave de la oxidación primaria y refleja la concentración de peróxidos e hidroperóxidos formados durante las primeras etapas de la oxidación lipídica. Cuando los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno, se generan peróxidos como productos iniciales de degradación, lo que finalmente provoca rancidez, decoloración y cambios en las propiedades físicas.

En el caso de las materias primas para biodiésel, un alto índice de peróxido indica un deterioro oxidativo progresivo y una menor idoneidad para la producción de combustible. Si bien el índice de peróxido es más informativo en las primeras etapas de la oxidación, sigue siendo un indicador importante de la vida útil y el estado del producto. Los aceites con índices de peróxido inferiores a aproximadamente 10 meq O₂/kg se consideran generalmente frescos, mientras que valores significativamente más altos indican degradación. La determinación oficial del índice de peróxido se basa en la titulación yodométrica, tal como se describe en métodos estándar como ISO 3960 o AOCS Cd 8b-90. Los peróxidos presentes en el aceite oxidan los iones yoduro a yodo, que luego se titula con tiosulfato de sodio estandarizado. Los resultados se expresan en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite.

CDR FoodLab® para el control de calidad de aceites y grasas: fácil, rápido y adecuado para la industria.

CDR FoodLab® representa una solución práctica y eficiente para el control de calidad de aceites y

grasas utilizados en la producción de biocombustibles. A diferencia de los métodos de titulación tradicionales, que requieren una preparación significativa de la muestra, manipulación de disolventes y personal de laboratorio especializado, **CDR FoodLab®** opera Con una mínima manipulación de muestras y reactivos listos para usar, se reduce la complejidad analítica y los tiempos de respuesta. El sistema proporciona resultados en minutos, lo que permite una rápida toma de decisiones durante la aceptación de materias primas, el control del almacenamiento y el control de procesos. Su enfoque fotométrico garantiza mediciones y **resultados fiables y repetibles que se correlacionan con los métodos de referencia**, al tiempo que limita la exposición del operador a sustancias químicas peligrosas. Compacto y adecuado tanto para entornos de laboratorio como de producción, CDR FoodLab® satisface La industria necesita análisis rápidos, precisos y que cumplan con la normativa, lo que ayuda a mejorar la eficiencia de los procesos, el control de costes y la calidad constante del combustible.

Bibliografía

- 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>