



PRÁCTICA DE DETERMINACIÓN ANALÍTICA II



BIOETANOL

El bioetanol es un alcohol etílico de alta pureza, anticorrosivo y oxigenante que puede ser empleado como combustible mezclándolo con las naftas en diferentes proporciones.

Se obtiene a partir de biomasa de origen vegetal que contenga azúcares simples o algún compuesto que pueda convertirse en azúcares, como el almidón o la celulosa. Las especies vegetales a partir de las cuales se puede obtener el bioetanol son el maíz, trigo, sorgo, cebada, remolacha azucarera, caña de azúcar. Al ser una biomasa de origen vegetal, el bioetanol es considerado una energía renovable y su empleo disminuye ampliamente la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, lo que es un gran aporte para disminuir la contaminación ambiental y como consecuencia, el calentamiento global.

El bioetanol se produce mediante una fermentación alcohólica por medio de levaduras. Las levaduras fermentan los azúcares simples, que proviene de la biomasa, dando como resultado final, etanol y dióxido de carbono.

En el caso del maíz, el almidón que contiene el grano es el único componente que se transforma en alcohol. Para esto se utilizan enzimas específicas que hidrolizan el almidón hasta azúcares simples como la glucosa.

El alcohol producido en la fermentación alcohólica es destilado. El objetivo de la destilación es producir alcohol de calidad y concentración adecuada (95%v/v). Posteriormente ese alcohol es deshidratado, la absorción de agua se produce por medio de tamices moleculares donde el alcohol de destilería queda con una concentración de 99.5 % v/v. Este es el grado de pureza que se requiere para uso combustible.



Así como el almidón se transforma en bioetanol, los componentes restantes del grano de maíz, tales como las proteínas, materias grasas y fibras, forman los WDG (Burlanda húmeda), que por su alto contenido proteico, se emplea como alimento para vacunos, cerdos y aves con excelentes resultados.

El dióxido de carbono (CO₂) es capturado en la planta de producción de etanol, durante el proceso de fermentación de maíz.

Se pueden obtener 430 litros de alcohol por tonelada de maíz, pero con el avance de las tecnologías esta eficiencia de conversión sigue en aumento.

En nuestro país, el abastecimiento de bioetanol está regulado por la Secretaría de Energía, quien determina los cupos que cada productor debe entregar por mes, y el precio al que debe venderse este producto. Los principales productores a nivel mundial son los ingenios azucareros que debieron formar empresas nuevas especialmente destinadas a la producción y comercialización de este producto, y a partir de octubre de 2012 comenzaron a sumarse al plan algunos productores de bioetanol de maíz, siendo hoy los principales productores en Argentina.

Desde 2014, la mayoría de las naftas argentinas poseen un porcentaje de bioetanol del 12%, se espera llegar a 15% como próxima meta del plan de biocombustibles.

En la mayoría de los países más desarrollados el uso de bioetanol como combustible está muy desarrollado, ya que se le da más importancia al uso de combustibles renovables. Los principales productores y exportadores son Brasil y Estados Unidos, seguidos por la Unión Europea y China.

PROCESO DE PRODUCCIÓN:

La producción de etanol es un ejemplo de cómo la ciencia, la tecnología, la agricultura y la industria deben trabajar en armonía para transformar un producto agropecuario en un combustible.

El proceso de producción de etanol ha sido inmensamente refinado y actualizado en años recientes ganando en eficacia. El proceso de producción varía ligeramente para cada uno de los tres usos principales del etanol –bebidas, industrial y combustible–, pero los pasos principales son los mismos.

La mayoría del etanol producido en los Estados Unidos está hecho a partir del grano de maíz, pero también puede ser producido a partir de otros feedstocks como el sorgo, trigo, cebada, papa o remolacha. Brasil, el principal productor mundial junto a los EE.UU. lo produce a partir de caña de azúcar.

Para la producción de etanol a partir de maíz hay dos métodos primarios: la molienda seca y la molienda húmeda. La mayoría del etanol producido en los EE.UU. proviene del proceso de molienda seca.

Ambos procesos incluyen esencialmente los mismos pasos: el preparado del feedstock, la fermentación de los azúcares simples, el recupero del alcohol y de los subproductos que van generándose en el proceso, diferenciándose en la preparación del grano para la molienda y la posterior fermentación.

La elección de uno u otro sistema de producción implica la obtención de un determinado conjunto de derivados o subproductos. Del proceso de molienda seca además del etanol se obtienen los granos destilados secos y solubles (DDGS) que son un alimento de alta calidad para el ganado.

Del proceso de molienda húmeda junto con el etanol se obtiene: aceite de maíz, gluten feed y gluten meal. Estos últimos también se utilizan como alimento para animales.

• **EXTRACCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MOLIENDA SECA:**

La molienda seca es un proceso de producción para extraer el almidón contenido en el maíz ampliamente aceptado en la industria del etanol puesto que comparativamente con el proceso de molienda húmeda tiene menores requerimientos de capital tanto al momento de construir como de operar la planta.

Los avances de la tecnología aplicada al proceso de molienda seca han hecho que en la actualidad la conversión del maíz en etanol sea mucho más eficaz y productiva que en la primera generación de plantas de molienda seca que operaban en la década del '80. Se han reducido en forma considerable los requerimientos de energía, se incorporaron sofisticados procesos de automatización, las enzimas disminuyeron su costo a su vez que vieron incrementado su poder de conversión, logrando con ello menores tiempos de procesamiento, el desarrollo de cedazos moleculares, todos factores que han contribuido a disminuir los costos y aumentar el volumen de etanol obtenido.

El costo de construir una planta de etanol de molienda seca se redujo en un 25-30%, mientras el costo de producción casi un 50% en los últimos 20 años. Muchas plantas se han integrado verticalmente, anexando explotaciones de feedlots, tambos, o en algunos casos la explotación comercial de peces aprovechando el sistema de reciclaje de las aguas usadas en la planta.

Los 8 pasos principales en la producción de etanol bajo este proceso son los siguientes:

- **MOLIENDA:** El proceso de molienda seca comienza con la limpieza del grano de maíz (puede ser cebada, trigo o sorgo), que una vez limpio pasa a través de los molinos que lo muelen en un polvo fino harina de maíz.

- **LICUEFACCIÓN:** La harina de maíz se sopla en grandes tanques donde se la mezcla con agua y las enzimas amilasa alfa y pasa a través de las cocinas donde se licueface el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos para mantenerla con un pH de 7. En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura (120-150°C) y luego a temperatura más baja (95°C). Estas altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el puré o mosto.

- **SACARIFICACIÓN:** El puré de las cocinas luego es refrescado –a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua- y se le agrega una enzima secundaria –glucoamilasa- para convertir las moléculas del almidón licuado en azúcares fermentables dextrosa mediante el proceso de sacarificación. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos.

- **FERMENTACIÓN:** El etanol es producto de la fermentación. Al puré se le agrega levadura para fermentar los azúcares cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos



de dióxido de carbono- y con ello obtener el etanol y el anhídrido carbónico. Usando un proceso continuo, el puré fluirá a través de varios fermentadores hasta que fermente completamente. En este proceso el puré permanece cerca de 48 horas antes que comience el proceso de destilación. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía que estaba originalmente en el azúcar, lo cual explica que el etanol sea un excelente combustible.

- **DESTILACIÓN:** El puré fermentado, ahora llamado cerveza, contendrá alcohol –cerca del 15%- y agua –al 85%-, así como todos los sólidos no fermentables del maíz y de la levadura. El puré entonces será bombeado a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde la cerveza se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, será transferido de la base de la columna para su procesamiento como subproducto.

- **DESHIDRATACIÓN:** El alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se lo denomina alcohol anhidro.

- **DESNATURALIZADO:** El etanol que será usado como combustible se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano.

- **SUBPRODUCTOS:** Hay dos subproductos principales del proceso: el anhídrido carbónico y los granos destilados. El anhídrido carbónico se obtiene en grandes cantidades durante la fermentación. Muchas plantas lo recogen, lo limpian de cualquier alcohol residual, lo comprimen y lo venden para ser usado como gasificante de las bebidas o para congelar carne. Los granos destilados, húmedos y secos DDGS, se obtienen del stillage, el cual se centrifuga para separar los sólidos suspendidos y disueltos. Un evaporador se utiliza para concentrar los sólidos suspendidos y disueltos y después se envían a un sistema de secado para reducir el contenido de agua a aproximadamente un 10/12%. Los DDGS contienen el núcleo del maíz menos el almidón. Algunas plantas también elaboran un jarabe que contiene algunos de los sólidos que pueden ser comercializados juntos o en forma independiente de los granos destilados.

• **EXTRACCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MOLIENDA HÚMEDA.**

La molienda húmeda es un proceso capital intensivo, en el cual las plantas procesan un gran volumen de granos. En general la capacidad instalada es de varias centenas de millones de litros de etanol/año, mientras que las plantas que trabajan bajo el proceso de molienda seca a lo sumo disponen de una capacidad de producción anual de 230 millones de litros.

La operación de molienda húmeda es más compleja porque el grano se debe separar en sus componentes, con la ventaja que al lograr una separación más efectiva de los mismos se obtienen subproductos de mayor valor agregado. En la molienda húmeda solamente el almidón se fermenta mientras en la molienda seca se fermenta el puré entero.

La molienda húmeda consiste en empapar el maíz en agua caliente en un proceso llamado empapamiento, luego se retira el agua y los núcleos ablandados pasan a los molinos y a los separadores donde se separa el germen, extrayéndose de éste el aceite de maíz. Las piezas restantes –almidón, gluten y fibras- se muelen y se pasan a través de separadores donde se retira la fibra, se separa el



almidón y el gluten. Luego se lava y se seca el almidón que puede ser usado como almidón o ser convertido en dulcificantes jarabes de maíz, maicenas o etanol.

Sintéticamente los pasos del proceso son los siguientes:

- 1. Almacenamiento y limpieza.**
- 2. Maceración del grano de maíz.**
- 3. Molienda gruesa (obtención del germen).**
- 4. Molienda fina (obtención del gluten feed).**
- 5. Separación del gluten y almidón (obtención del gluten meal y del almidón).**
- 6. Hidrólisis del almidón.**

La producción de bioetanol en base a maíz supera a la de caña de azúcar en Argentina.

La información de las entregas de bioetanol a las refinerías petroleras de nuestro país emitida por el portal Valorsoja.com en base a datos de la Cámara de Alcoholes de la República Argentina muestra un aspecto interesante en el corriente año. En los primeros siete meses del año 2014, la remisión de bioetanol en base a maíz estaría superando -por primera vez- a las entregas de bioetanol surgido de la caña de azúcar. La información de las entregas de bioetanol a las refinerías petroleras de nuestro país en base a datos de la Cámara de Alcoholes de la República Argentina muestra un aspecto interesante en cuanto al origen de este alcohol: A partir del año 2014, la remisión de bioetanol en base a maíz superó -por primera vez- a las entregas de bioetanol surgido de la caña de azúcar; y a desde entonces, esta tendencia se mantuvo y fue aumentando la diferencia año a año.

MINIDEST (PORTA HNOS):

La MiniDest es una destilería modular a escala de campo de productor, “automática y de operación remota, que produce etanol de maíz y alimento animal, agregando valor en origen”.

A diferencia de la producción convencional de bioetanol que utiliza principalmente hongos (levaduras), los microorganismos que el Minidest utiliza son principalmente bacterias.

La planta procesa 40 toneladas de maíz por día, 14.000 toneladas al año, que se abastecen de unas 1.600 hectáreas. Con la burlanda que produce (40 tn de burlanda húmeda y 8 mil litros de burlanda líquida) se puede atender un feed lot de entre 3.000 y 4.000 vacunos. En una zona podría integrar a varios productores.



Minidestilerias Porta Hnos.



PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

