

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

27

Anteproyecto para aprovechar los pro-
ductos, subproductos y residuos de las
fábricas de Alcohol.

TESIS

presentada por el Sr. JAVIER LOMELI
para obtener su título de
INGENIERO QUIMICO

GUADALAJARA, JAL.
DICIEMBRE 1943



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

Anteproyecto para aprovechar los pro-
ductos, subproductos y residuos de las
Fábricas de Alcohol.

TESIS

presentada por el Sr. JAVIER LOMELI
para obtener su título de
INGENIERO QUIMICO.

GUADALAJARA, JAL.
DICIEMBRE 1943

*A la memoria de mi padre y
con todo cariño para mi madre.*

*A mi tía la Srita. Ma. Trinidad Camarena
y a mis hermanos.*

A la Srita. Seledad Cárlica.

A Don Diego Redo, con estimación.



A mis maestros.



A mis compañeros y amigos.

PROLOGO

Habiendo trabajado en algunos ingenios, tuve la oportunidad de experimentar y observar los distintos pasos de la elaboración del azúcar y del alcohol, habiéndome dado cuenta de los enormes beneficios que pueden obtener tanto la parte patronal como la parte obrera, aprovechando los residuos que dejan ambas fábricas, y refinando y transformando más sus productos obteniéndose con este último paso una amplitud a su mercado, pues de esta manera se obtendrían mercancías en distintos estados de pureza y que por lo tanto servirán para distintos usos.

El alcohol por ejemplo, podrá desnaturalizarse y servir así como disolvente, para fabricar explosivos, perfumes, tinturas, extractos, etc., también puede deshidratarse y servir como combustible (mezclado con gasolina), como precipitante, etc.

Como se vé, son distintos los usos que tiene el alcohol como materia industrial, y al que se le podría quitar los impuestos dado que no es apto para beberse, impulsando su desarrollo y resolviendo en una forma honorable el problema del exceso de melaza final en las fábricas de azúcar que en la actualidad se resuelve tirándolas a los ríos o canales, con lo que sólo logramos desperdiciar una fuente de producción y progreso.

Por otro lado, los residuos que dejan las fábricas de azúcar y de alcohol son muchos y muy variados y que, su aprovechamiento, conduce al aumento de trabajo, aumento de utilidades, disminución, sin disminuir las ganancias, del precio de algunos productos elaborados a base de éstos residuos.

Por ejemplo el pan bajaría de precio si se elaborara con el producto de los residuos de levadura de la fábrica de alcohol y así otras muchas cosas que se podrían citar

Todas éstas observaciones guiadas por el impulso de ver una patria progresista, me han inclinado a elegir el siguiente tema: "ANTEPROYECTO PARA APROVECHAR LOS PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS DE LA FABRICACION DE ALCOHOL", deseando que el desarrollo que esbozo en las siguientes páginas y que puede ampliarse en forma clara completa y detallada, sólo sirva como una idea que así como para éste caso particular, puede aplicarse a muchos otros en donde quizá los desperdicios son en mayor abundancia y los productos de más variado grado de transformación.

Antes de empezar este trabajo, quiero hacer notar que en nada voy a hacer variar el proceso principal de la fábrica. Es decir que el producto que actualmente se obtiene, seguirá obteniéndose en la misma cantidad y de igual calidad y que sólo los residuos y el excedente que podría fabricarse de alcohol son los que serán utilizados, por consiguiente es de esperarse que de algunos productos, el rendimiento no pueda ser ni semejante al que se obtendría si especialmente se dedicara la materia prima a elaborar este producto.

CAPITULO I

MATERIA PRIMA

Los productos, subproductos y residuos de una fábrica de alcohol son los siguientes:

ALCOHOL DE 96° G. L.—Producto de la fábrica. El exceso de este alcohol que puede elaborarse con el sobrante de melazas que producen las fábricas de azúcar, servirá como materia prima para elaborar alcohol absoluto y alcohol desnaturalizado.

COLAS.—Subproducto que se obtiene de la columna rectificadora. Contiene agua, y alcoholes etílico y superiores. Una vez lavadas, sirve para elaborar principalmente acetato y nitrato de amilo.

CABEZAS.—Subproducto de la columna depuradora. Puede obtenerse de ésta materia aldehído acético.

ANHIDRIDO CARBONICO.—Subproducto que desprenden las tinajas de fermentación. Purificado sirve para fabricar gaseosas, hielo seco, como precipitante, etc. y se desprende a razón de 0.956 Kls. por Kl. de alcohol.

VINAZAS.—Residuo de la columna destosadora. Se puede obtener amoniaco y otros ácidos orgánicos por fermentación.

RESIDUOS DE LEVADURA.—Aunque en poca cantidad, puede aumentarse y dársele aplicación como alimento para ganado.

En esta tesis sólo trataré de la obtención del alcohol absoluto y del acetato de amilo, por ser los productos de más aplicación y que pueden dejar mayores utilidades.

CAPITULO II

FABRICACION DE ALCOHOL ABSOLUTO

a) — El alcohol.

Desde el punto de vista químico, el alcohol es el primer paso de oxidación de los hidrocarburos.



Esta ecuación, sólo representa la función y no es proceso de obtención, pues los hidrocarburos son difícilmente oxidables. Como la oxidación puede ser en un carbono primario, secundario o terciario y, los alcoholes respectivos serán primarios secundarios o terciarios.

Industrialmente se obtiene el alcohol etílico, fermentando melazas en un medio adecuado y con levadura de alta fermentación.

b). Levaduras.

Las levaduras son plantas inferiores sin clorofila del grupo de los ascomicetos y que producen una sustancia activa llamada zimasa que desdobra la glucosa en anhídrido carbónico y alcohol.

Se distinguen tres grupos según su forma de reproducción: por esporas, sin esporas y por segmentación. Las primeras son las más usadas y son de baja y alta fermentación, para cerveza y alcohol respectivamente.

Dimensiones: miden aproximadamente de 0.004 a 0.008 mm. y poseen distinta forma según la raza, medio de reproducción, nutrición y edad. En el trabajo es muy importante observarlas al microscopio, pues las células fuertes y jóvenes tienen el protoplasma homogéneo, con granulaciones, metacromáticas en el vacuolo central y con paredes de gadas poco visibles. Las células viejas son por el contrario, con grandes vacuolas, con glicogéno granulaciones y la membrana celular gruesa. Las células muertas tienen forma irregular y la albúmina coagulada.

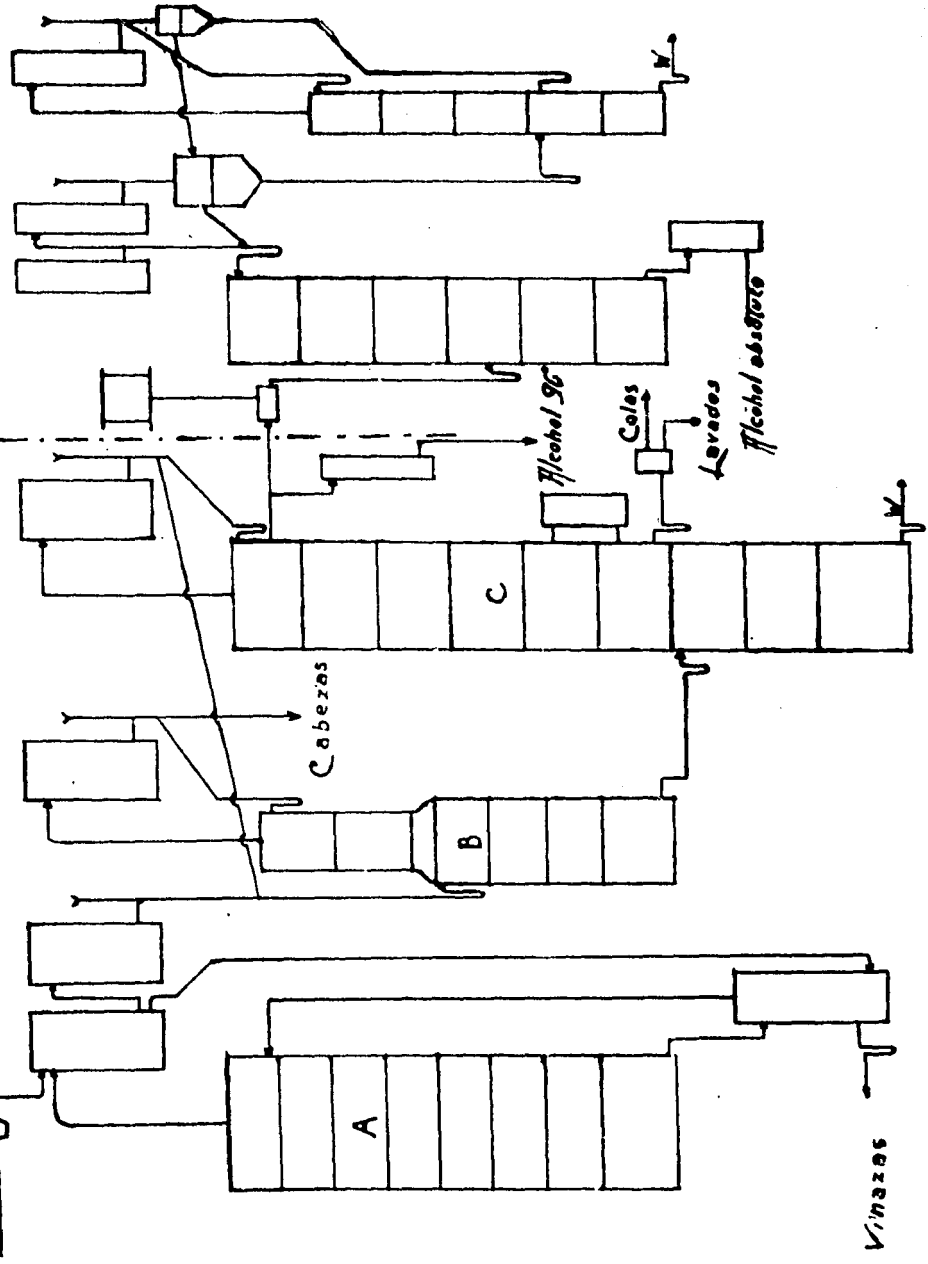
De éstas observaciones, y de los rendimientos obtenidos



177 # 100

QUÍMICA

Mosto fermentado



Vinazas

A

B

C

Cabezas

Alcohol 56°

Coles

Levados

Alcohol absoluto

Mosto fermentado

en la elaboración del alcohol, se deduce la calidad de la levadura, mejorándola si ésta no es buena ya sea dándole un medio nutritivo mejor o añadiendo antisépticos que la protejan o bien si el cultivo está muy débil se hará uno nuevo seleccionando las mejores células.

Existen dos métodos para ésta selección:

1) — Partiendo de una célula que se toma de un campo microscópico de un cultivo puro y con un alambre de platino se pasa a un medio estéril y favorable continuándose después su desarrollo.

2) — Se hace un cultivo natural y se diluye en varios tubos de ensayo, inoculándose con éstos varios medios de gelosa, en donde se formarán las colonias, seleccionando de éstas las más desarrolladas.

Los medios nutritivos que mejor resultado me dieron fueron:

1) — Fosfato ácido de K. 0.5 gr., Sulfato de Mg. 0.04 gr. Cloruro de calcio 0.02 gr., Tartrato de amonio 1 gr. Azúcar 10 gr. Agua 100 c.c.

2) — Fosfato ácido de K. 0.07 gr., Sulfato de Mg. 0.01 gr., Sulfato de amonio 0.4 gr., Azúcar 7 gr. Agua 100 c.c.

El primer medio me dió mejores colonias y mayor rendimiento.

La sal que contiene nitrógeno es el alimento más importante pues además de ser indispensable para la levadura, el poder fermentativo de ésta es proporcional a su contenido de nitrógeno.

Ciertos excitantes hacen que la levadura se desarrolle mejor. Por ejemplo con Fluoruro de amonio, el trabajo de la levadura es más activo, aunque con el tiempo va perdiendo su poder fermentativo. Esta sal también sirve como antiséptico protegiéndola contra cualquiera infección, para lo cual la levadura se acostumbra a este medio en dosis gradualmente mayores. A esto también ayudan ciertas bacterias que es conveniente aportar al cultivo tales como el Bacilo del Delbrüki. La adición de medios antisépticos debe hacerse en medios estériles, pues

de otro modo ciertas otras bacterias podrían acostumbrarse a éstos medios.

c)— Fermentación.

Una vez obtenidos los cultivos puros, se desarrollan convenientemente, ya sea en aparatos de reproducción en donde no se usan antisépticos o en tinas en las que se hace indispensable éste, procediéndose a la fermentación de las melazas.

Estas se diluyen entre 15° y 25° Brix dependiendo de la riqueza en azúcares, en tinas que han sido bien lavadas y que tienen un sistema de calentamiento y refrigeración, pues hay que conservar una temperatura favorable de 30° a 36° C., por consiguiente, al principio hay que elevar la temperatura de ésta dilución, (mosto) y después es necesario refrigerar, pues al formarse un kilo de alcohol se producen 720 kilo-cal.

A la disolución en éstas condiciones, se agrega ácido sulfúrico y Sulfato de amonio, procurando ponerlos proporcionalmente a la cantidad de levadura y mosto que ha caído.

El calcio, magnesio y potasio, vienen en la melaza como productos de desecho contenidos en la caña.

La levadura se vierte al mismo tiempo que la melaza diluida por distinta tubería que esta y en proporción de 1 a 10.

Según la clase de levadura, pureza, acidez, medio de desarrollo y nutrición, la fermentación durará de 20 a 45 horas

Para controlar el trabajo, se hacen los siguiente análisis y observaciones:

Acidez inicial y final de las tinas.

Porcentaje de alcohol

Tiempo de fermentación

Forma de trabajar de la levadura, tamaño de las burbujas, color y olor.

Con estos datos y las observaciones microscópicas de la levadura, puede guiarse el trabajo hacia una buena fermentación.

d)— Destilación.

La destilación se lleva a cabo en aparatos de columna. El mosto fermentado es bombeado a la parte más alta de la fábrica. De aquí por gravedad baja y pasando por una coladera llega hasta el primer piso donde están todos los controles. Ahí,

por medio de una llave de macho se regula la alimentación, según las indicaciones del termómetro que está ahí mismo y que marca la temperatura del platillo superior de la primera columna. Sube el líquido hasta el primer condensador de la primera columna (destrozadora). Aquí sin costo alguno se calienta el mosto fermentado a 80° C., aprovechando el calor latente de los vapores de la columna. Después pasa a un recuperador de calor para elevar más su temperatura. Este recuperador es calentado con las vinazas de la columna destrozadora, luego sube para descargar en la parte superior de la columna A, donde es desalcoholizada pasando los vapores a unos condensadores en serie con su respiradero en el último condensador por donde salen los gases no condensables.

El mosto entra por la parte superior y es calentado con vapor vivo que penetra por un tubo perforado. Del segundo platillo de abajo, se extrae vapor que es condensado y conducido a una probeta donde hay un alcoholómetro que indica si se pierde o no alcohol. De las indicaciones del termómetro y de éste registrador alcohométrico se deduce la marcha de la operación y se regula la alimentación.

El número de platillos de esta columna es de 17.

El vapor es regulado con un aparato llamado regulador de vapor, consistente de un recipiente que es llenado con agua hasta 2/3 partes. En la parte superior a 1.20 mts. de distancia está otro recipiente que tiene un flotador. Ambos recipientes están unidos por un tubo que viene de la parte inferior del recipiente de arriba y termina en la parte inferior del recipiente de abajo. A este recipiente y por la parte de arriba, llega un tubo que conduce vapores de la parte inferior de la columna. Cuando en la columna hay vapor en exceso, éste presiona y al llegar al regulador obliga al agua a subir al recipiente donde está el flotador haciendo que éste suba. Este movimiento es comunicado a una válvula de mariposa, obligándola a dejar pasar menos vapor. En caso contrario, el regulador trabajará en forma recíproca.

De la columna destrozadora pasa el aguardiente a la columna depuradora B. Esta columna tiene por objeto separar

los aldehidos y otros cuerpos que tienen más bajo punto de ebullición que el alcohol, por consiguiente éste ya libre de aldehidos estará en la parte inferior de la columna. Por consiguiente de aquí pasará el alimento a la columna rectificadora C. Los aldehidos y demás compuestos de más bajo punto de ebullición que el alcohol, son eliminados por el respiradero del condensador, en parte y los demás vuelven al proceso unidos con los lavados de las colas.

El alimento entra a la columna rectificadora en el platillo 13.

Entre los platillos 25 y 27 hay un refrigerante que enfría el alimento, conservándolo a una temperatura adecuada para extraer fácilmente las colas. Estas se llevan a un aparato lavador, donde son mezcladas con agua, separándose el aceite de fusel del alcohol etílico el cual queda mezclado con el agua en la parte inferior, volviendo al proceso.

El alcohol se extrae tres platillos antes de la salida de los vapores, por consiguiente éstos últimos platos trabajan como depuradores, razón por la cual existe una pequeña conexión de la salida del refrigerante a la alimentación de la columna depuradora.

El alcohol extraído pasa por un refrigerante donde acaba de enfriarse y de éste a una probeta donde hay un alcoholómetro y un termómetro que marcan el grado G. L. Además para controlar la calidad del alcohol, se están tomando muestras continuamente por una pequeña llave y analisándose como sigue:

50 c.c. muestra de alcohol—más—2 c.c. de solución de Permanganato de Potasio al 0.2 por mil. Se anota el tiempo que tarda el alcohol para pasar a un color salmón. Esta prueba da idea de la poca o mucha materia reductora que contiene e)— Cálculo de los aparatos.

El cálculo de los aparatos puede llevarse a cabo por el método de Lewis o de Murphy, pues por el método de McCabe-Thiele se necesitaría una curva de equilibrio de grandes dimensiones, dado que mucho antes de terminar dicha curva por la parte donde la fracción mol. de alcohol es mayor, la diagonal y la curva de equilibrio se van aproximando poco a poco hasta

juntarse, siendo muy difícil estimar los escalones en dicha parte. Para evitarlo se construyen las partes finales de la curva aparte y con una escala 10 veces mayor.

Siendo más frecuente el problema de elegir una columna ya fabricada que diseñar una para fabricarla, aplicaré la Ingeniería Química para calcular "como resolver un columna de destilación".

D A T O S .

	Diámetro de la columna.....	1.30 mts.	
Características de la columna	}	Número de platos.....	17
		Altura de la columna.....	4.60 mts.
		Distancia entre plato y plato.....	0.27 mts.
Análisis	}	Riqueza inicial.....	7% Vol.
		Riqueza del producto.....	44% Vol.
		Riqueza del residuo.....	0.1 "
		Temperatura del mosto.....	92° C.

Velocidad de los vapores a través de los platillos

Curva de equilibrio.

Cálculo:

$$\begin{aligned} & \times 5.6\% \text{ en peso} = 0.0227 \text{ mol.} \\ & \times 34.9\% \text{ en peso} = 0.1734 \text{ mol.} \\ & \times 1.0\% \text{ en peso} = 0.00039 \text{ mol.} \end{aligned}$$

El reflujo es como sigue:

De la gráfica de la curva de equilibrio se tomó la pendiente la cual fué 0.45 por consiguiente $R/(R+1) = 0.45$ de donde $R = 0.82$.

La velocidad es 72.4 cm/seg. (Velocidad admisible)

El peso mol. aparente de los vapores es:

Alcohol	46 por	0.1734	7.9764
Agua	18 por	0.8266	14.8788

$$22.8552 \text{ a } 92 \text{ C.}$$

Su densidad es: 22.8552 22.4 por 273 365 0.763 grs. lts.

El gasto en la columna es: $Q = vA = 0.785 \cdot 1.30^2 = 0.724$
0.9605 cm seg.

$$V = Q \text{ dens/PM} = 960.5 \times 0.763/22.85 = 32.600 \text{ mols/seg.}$$

$$D = V/(1+R) = 32.066/1.82 = 17.61 \text{ mols/seg.}$$

Convirtiendo a litros por día de producto (D) de 44 %

$$D = 17.61 \times 22.85 \times 3600 \times 24/0.945 \times 1000 = 36789 \text{ Lts./24 hs.}$$

$$\text{y en alcohol de } 96^\circ \text{ G. L. } 36800 \times 44/96 = 16866 \text{ Lts./24 hs.}$$

La fábrica es para 15000 Lts. con un margen de seguridad de 12%.

TINAS NECESARIAS PARA LA FERMENTACION

Siendo la fábrica para 16500 lts. 24 hrs, el mosto fermentado será $1650000/7 = 236000$ lts. de mosto para 24 horas y suponiendo que la fermentación dure 48 horas incluyendo limpieza y tiempo de carga, la capacidad de las tinas debe ser el doble más una tina, pues ésta tendría al terminar de destilar las demás 48 horas de fermentación, estando ya en condiciones de ser destilada.

Si las tinas se construyen de 50000 Lts. se necesitarán:
9.4 · 1 10.4 o sean 11 tinas

Alcohol absoluto.

El alcohol de 96° G. L. será la materia prima para fabricar el alcohol absoluto. El método seguido se funda en lo siguiente: El alcohol y el agua forman una mezcla azeotrópica cuando están en la proporción de 95.6% y 4.4% respectivamente y a la presión atmosférica. Esta mezcla tiene punto de ebullición constante, es decir que la curva de equilibrio toca a la diagonal y X es igual a y por consiguiente, siendo iguales el vapor y el líquido en su composición, por más platos que se agregaran a la columna no se conseguiría separar la mezcla. Pero añadiendo un tercer componente no miscible, se forma una mezcla azeotrópica ternaria de punto de ebullición más bajo que el del componente más volátil.

Al destilar, destila la mezcla ternaria en primer lugar, arrastrando toda el agua, pues para esto basta saber la cantidad de agua en la mezcla ternaria y añadir suficiente cantidad del tercer componente para arrastrarla toda.

Como también se forma una mezcla binaria del alcohol

y el otro componente por que este se agrega en exceso, ésta destilará después de la mezcla ternaria.

La parte que queda cuando estas mezclas han destilado, es alcohol absoluto.

Se usa columna de rectificación para ésta operación, por que como el deshidratante va en exceso, por rectificación se separa el alcohol hasta que alcanza los porcentajes de las mezclas.

La substancia deshidratante debe tener las siguientes propiedades:

- 1) Calor latente más bajo
- 2) Absorber poco alcohol
- 3) Absorber bastante agua
- 4) Separarse fácilmente en capas
- 5) No deberá atacar los aparatos.

Estas condiciones son llenadas por el tricloro-etileno estabilizado, benzol, gasolina, de punto de ebullición 101° C., y una mezcla de benzol y gasolina.

Como mi idea es no variar el proceso ya existente, por tenerse que fabricar una cuota de alcohol de 96° G. L. que ya tienen asignada las fábricas, he conuinado el proceso para obtener alcohol de 96° con el de alcohol absoluto, siendo sin embargo conveniente hacer un estudio sobre la costeabilidad de fabricar exclusivamente alcohol absoluto y de ser costeable, la instalación se haría en forma adecuada.

El plano que se ve en la figura, nos muestra una fábrica de alcohol de 96° G. L. y alcohol absoluto.

La línea de punto y raya, tiene a la derecha los aparatos que se agregaron a la fábrica primitiva para hacer alcohol absoluto. Estos fueron:

i) — Un recipiente donde se agrega la cantidad conveniente de Benzol-gasolina al alcohol para deshidratarlo. Esta cantidad es la siguiente:

Para la mezcla ternaria

95.6 · alcohol -- 4.5 agua -- 45 benzol-gasolina
(4.5 · 11.2 · 45) = 84.4 alc. abs.

Mezcla ternaria

por consiguiente el mínimo de deshidratante será en relación con el agua de 1 a 10. Sin embargo, siempre se agrega en exceso

2)— Una columna de deshidratación.

Esta lleva dos condensadores. Del primero sale una parte como reflujo y el resto que termina de condensarse en el segundo, pasa a un decantador. Ahí se separa la mezcla en dos capas. La superior que es el 85% contiene:

13.3 % alcohol + 85% benz-gas + 1.0% agua

esta porción retorna como reflujo a esta columna. La capa inferior es el 15% y contiene:

49.7% alcohol + 9% benz-gas + 41.3 % agua.

esta porción pasa a una columna de poco diámetro a rectificarse perdiendo el agua en gran parte por rectificación y la que queda forma con el alcohol y la benzo-gasolina la mezcla ternaria antes dicha. Una parte del líquido condensado, vuelve a la columna como reflujo y la otra parte a un decantador, el cual trabaja como el de la columna deshidratadora, enviando la capa superior a ésta columna y la inferior regresa a la columna de poco diámetro a rectificarse.

Si no se deseara obtener alcohol de 96° G. L., no sería necesaria esta última columna, y la parte inferior del primer decantador se enviaría a la alimentación de la columna rectificadora.

El trabajo de la columna deshidratadora, se controla con dos termómetros. Uno en la parte inferior y otro entre el octavo y noveno platillo. Un abatimiento de 2 o 3 grados C. en la temperatura que marca este último termómetro, indica pequeño exceso de benzol-gasolina, el cual se corregirá.

De la parte inferior de la columna deshidratadora se extrae el alcohol absoluto, el cual a de envasarse en seguida o guardarse en tanques cerrados que tengan un respiradero donde hay siempre una cantidad de cloruro de calcio que evita que el aire lleve humedad, la cual sería absorbida por el alcohol absoluto.

El alcohol absoluto, tiene variados usos, pero el de mayor importancia en nuestro país, sería como combustible para motores de combustión interna.

Utilizándolo en esta forma se obtendrían las siguientes ventajas:

1) — Mayor rendimiento. (mayor kilometraje por litro según pruebas efectuadas por Petróleos Mexicanos).

2) — Mayor duración de los motores, pues el alcohol además de combustible hace el mismo efecto que el tetra-etilo de plomo es decir amortigua el golpe de la explosión conservando mejor la máquina.

3) — Se beneficia el país, pues se ahorra petróleo (que no puede fabricarse industrialmente), incrementándose en cambio la agricultura y la industria.

La mezcla más apta de alcohol y gasolina para motores de combustión es: 2/3 de gasolina por 1/3 de alcohol absoluto.

Los requisitos que éste deberá llenar son los siguientes:

Alcohol % en peso...	99.8	
Cenizas de un kilo...	0.005 grs. (máximo)	
Cobre	exento	
Acidez	1.5 mgr	Acido Acético

100c.c. muestra.

CAPITULO III

FABRICACION DE ACETATO DE AMILO

El acetato de amilo es un ester formado por la unión del ácido acético y del alcohol amílico.

La materia prima de que se dispone en una fábrica de alcohol etílico para la fabricación de este compuesto, es el aceite de fusel (colas), cuyos principales componentes son el iso-amil alcohol (iso-butyl-carbinol) y el d-amil alcohol (metil-etil-carbin-carbinol).

Estos alcoholes corresponden a la fórmula condensada $C_5H_{11}OH$. A esta misma fórmula, corresponden otros seis alcoholes. De los ocho que son en total, cuatro son primarios, tres secundarios y uno terciario.

El iso-amil alcohol, es un líquido claro de olor fuerte irritante, de densidad 0.823. Hierve a $131^{\circ} C.$ y es algo soluble en agua. 12.5 grs. de este alcohol, producen en el organismo el mismo efecto embriagante que 100 c.c. de alcohol etílico.

El d-amil alcohol, es un líquido claro de olor análogo al anterior pero que no provoca tos. Es más narcótico, hierve a $128^{\circ} C.$ y su densidad es 0.816. En su molécula tiene un Carbono asimétrico, condición indispensable en un cuerpo para ser ópticamente activo, teniendo éste una rotación de 5.90 . Sus derivados también son ópticamente activos.

Los alcoholes amílicos se encuentran también en muchas frutas y plantas formando ésteres y a las que comunican el agradable olor que poseen.

Siempre se encuentran juntos los dos alcoholes citados anteriormente, probablemente porque provienen de amino-ácidos de la albúmina que siempre están juntos.

Los alcoholes amílicos pueden separarse como sigue:

Tratados con ácido sulfúrico, dan una mezcla de ácidos amilsulfúricos, cuyas sales de bario se separan por cristaliza-

ción fraccionada, empleando las aguas madres de la fracción poco soluble para la disolución de la siguiente fracción más soluble. La sal de bario del ácido iso-amil sulfúrico es 2.5 veces menos soluble que la otra sal. Separadas las sales, se regenera el alcohol con ácido.

El aceite de fusel, se extrae de los platillos superiores próximos al de la alimentación de la columna rectificadora. La extracción se funda en que en esa parte de la columna, la concentración de alcohol etílico es baja, razón por la cual el alcohol amílico se separa, puesto que es casi insoluble en agua y en estas condiciones su punto de ebullición es anormalmente bajo tratando por lo tanto de subir a los platillos superiores, pero como estos contienen una concentración mayor de alcohol etílico, los amílicos se hacen solubles, recuperan su punto de ebullición normal y descienden a los platillos inferiores, conservándose por lo tanto en los platillos citados.

El aceite de fusel, es un líquido opaco parduzco viscoso, que se colorea con el tiempo en amarillo. Su sabor es repugnante y su olor irritante provoca tos. Su densidad es más o menos 0.83.

La principal porción, destila entre 128° y 132° C. Es soluble en alcohol etílico, éter y cloroformo. Poco soluble en agua. Arde con llama poco luminosa. Se produce a razón de 0.3 a 0.5 % de la cantidad de alcohol etílico. A este le aumenta su poder embriagante.

Además de los alcoholes anteriores, se encuentran también: el iso-butyl alcohol, el n-propanol y pequeñas cantidades de n-butanol, n-pentanol, n-exanol, n-eptanol, furfurool y más poco aún de derivados de la piridina y ácidos grasos.

Los principales componentes del aceite de fusel, provienen como producto del metabolismo normal de la albúmina de las levaduras vivas.

Son los últimos compuestos del desdoblamiento de la albúmina y de los amino-ácidos, siendo estos la leucina, la d-isoleucina y la d-valina.

La levadura viva, toma el nitrógeno de los amino-ácidos anteriores y deshecha un producto libre de nitrógeno y que es

el alcohol amílico, el cual se difunde a través de la membrana celular.

Hay también formación de algunos productos intermedios en la transformación de los aminoácidos en alcohol amílico. Estos son los oxi-ácidos correspondientes y también los ceto-ácidos, que pasan a alcoholes inferiores, sin ser completa ésta transformación.

Con éstos conocimientos, la formación de alcoholes amílicos en la fermentación, puede regularse hasta cierto límite, ya sea aumentándolos o disminuyéndolos. Lo primero se consigue alimentando la levadura con amino-ácidos y lo segundo alimentándola con sales minerales nitrogenadas, que son más asimilables que el nitrógeno orgánico.

El aceite de fusel antes de someterse a la obtención del acetato de amilo, se lava con un peso igual de agua y se filtra sobre carbón, con lo que se consigue la oxidación parcial y la esterificación de ciertos compuestos de bajo punto de ebullición y que son separados por destilación fraccionada.

El aceite de fusel se reconoce como sigue:

Se toman 10 c.c. de muestra, y se añade un centímetro cúbico de aldehído salicílico y 20 c.c. de ácido sulfúrico concentrado, obteniéndose una coloración granate si existe el aceite de fusel. Sensibilidad 0.01%.

Es más exacto identificar el punto de ebullición de los yoduros, cuando se dispone de suficiente muestra.

En la práctica se recurre a la prueba del cloroformo. Se diluye la muestra de alcohol hasta 30%, se añade cloroformo y se agita. El cloroformo aumenta de volumen, y la medida de éste aumento da por medio de unas tablas especiales el contenido de aceite de fusel.

Una vez lavadas y filtradas las colas, se trata como sigue para obtener el acetato de amilo:

En un recipiente cerrado y colocado sobre un hogar, se coloca la materia prima o sea: el ácido acético, el aceite de fusel y el ácido sulfúrico. La reacción que se efectúa es la siguiente:



esta molécula de agua, va diluyendo los componentes, hasta

que hace imposible la reacción, interviniendo el ácido sulfúrico como deshidratante. Es pues muy conveniente que las sustancias reaccionantes lleguen al aparato con el mayor grado de deshidratación para lo cual, el ácido acético se usa glacial, el ácido sulfúrico concentrado y el aceite de fusel se deseca pasándolo por cloruro de calcio.

Según los experimentos que hice, las cantidades más adecuadas fueron: aceite de fusel 100 c.c.—ácido acético 80 c.c.—ácido sulfúrico 25 c.c. En estas proporciones se colocan en la caldereta, la cual tiene un tubo de vapores ramificado, una rama va a la columna de rectificación y la otra a un condensador cuyo condensado vuelve a la olla como reflujo. Se cierra primero el ramal que va a la columna rectificadora y así durante una y media horas se trabaja a reflujo. Pasado este tiempo, se cambia de ramal y se inicia la rectificación, pasando antes los vapores por un recipiente cerrado que contiene cloruro de calcio. Mientras esta olla está descargando sus vapores sobre la columna rectificadora, una segunda olla previamente lavada está trabajando otra porción a reflujo.

Mientras esta segunda olla efectúa este trabajo, se prepara el recipiente por donde pasarán los vapores con cloruro de calcio desecado. Este se deseca en un horno hasta que ha perdido totalmente la humedad.

La columna rectificadora, es calentada con un serpentín por medio de un aceite mineral de mayor punto de ebullición que el acetato de amilo, el cual es calentado en una caldera a fuego directo.

Tres termómetros indican la marcha de la operación, aun que propiamente bastaría con uno solo, es más seguro el trabajo con los tres, pues son muy variadas las mezclas que se forman y como hay agua, la volatilidad del acetato de amilo, por ser insoluble, se hace anormal, subiéndose con facilidad a los platillos superiores.

El producto se extrae bajo del platillo de alimentación y a la temperatura de 138° C. Un refrigerante, lo enfría a la temperatura ambiente.

La columna rectificadora tiene varias descargas a lo lar-

go pues como hay también otros acetatos que se forman, éstos deben quitarse. Estas descargas se controlan por medio de las indicaciones de los termómetros.

El acetato de amilo, es un producto industrial de gran importancia, pues se usa mucho como disolvente de lacas y barnices y además es apreciado como esencia, pues mezclado con alcohol etílico produce un agradable olor a esencia de pera.

Dadas las actuales circunstancias, en las que los precios de la maquinaria, producto, materia prima, mano de obra y combustible son anormales e insostenibles, inútil sería hacer un presupuesto sobre costos y ganancias, pero siendo un producto de importancia que siempre ha tenido un buen precio y dado que parte de la materia prima no cuesta nada, es de esperarse que sea un producto bien remunerado.

Guadalajara 29 de octubre de 1943.

JAVIER LOMELI CAMARENA.

BIBLIOGRAFIA.

- BARBET - Les appareils de Distillation et de Rectification
DEER - Cane Sugar.
ROBINSON and GILLILAND - The Elements of Fractional Distillation.
GUILLIERMAND - The Yeast.
ULLMAN - Enciclopedia Química.
GILMAN - Organic Chemistry.
SMILES - The relations between Chemical Constitution and some Physical Properties.
BADGEN and McCABE - Elements of Chemical Engineering.
WALKER and McADAMS - Principles of Chemical Engineering.
GROGGINS - Unit Processes.
PERRY - Handbook Chemical Engineering.
D A P P - Revista de Industria 1939.