



Cad

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE
LA REHIDRATACION DEL POLVO
DE PULQUE. OBTENIDO EN EL
PROCESO DE SECADO POR
ASPERSION

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO ARMANDO MARTINEZ SIERRA
MEXICO. D. F.

QUÍMICO

5

2

8



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

TEMAS ASIGNADOS ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE PROF. JULIO TERRAN ZAVALERA.
VOCALES PROF. FERNANDO IGURBE HERRMANN.
SECRETARIO PROF. RICARDO MEJERES RUIFANO
1er. SUPLENTE " SUSANA FLORES ROMAN.
2do. SUPLENTE " CARLOS MERCENARI SOLIS.

TEMAS DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA U.N.A.M.

NOMBRE DEL SUSCRIBIDO: ROSELFO ARMANDO MARTINEZ SIERRA.

NOMBRE DEL ASesor DEL TEMA: QUIM. JULIO TERRAN ZAVALERA.

Mi reconocimiento al personal Técnico y Administrativo de la Facultad de Química en especial al Departamento de Pasantes y al Laboratorio de Ingeniería Química, por la asistencia y facilidades que me fueron brindadas para la realización del presente trabajo.

 Deseo expresar mi agradecimiento a los Departamentos de gobierno e Instituciones que prestaron su ayuda en la elaboración de esta investigación.

 Así como también mi gratitud a todas las personas que en el transcurso de estos años no vacilaron en prestarme su apoyo.

A MIS PADRES

I N D I C E

INTRODUCCION

CARACTERISTICAS DEL PULQUE.

- a.- Propiedades Físicas.
- b.- Propiedades Químicas.
- c.- Propiedades Biológicas y alimenticias.

PARTE EXPERIMENTAL

I- SECADO DIRECTO POR PULVERIZACION.

- a.- Descripción del Equipo.
- b.- Operación.
- c.- Tabla de Resultados.

ACONDICIONAMIENTO DEL EQUIPO.

II- SECADO POR PULVERIZACION. (ENGLOVE)

- 1^a. Prueba. Carboxi-Metil-Celulosa.
- 2^a. Prueba. Alcohol Polivinílico.
- 3^a. Prueba. Almidón de Papa.
 - a.- Descripción del Equipo.
 - b.- Operación.
 - c.- Tablas de resultados.

PRUEBAS DE REHIDRATACION.

III-CONCENTRACION POR SEDIMENTACION.

- 1^a. Prueba. Tabla comparativa.
 - a.- Operación del Equipo.
 - Resultado.

- 2^a. Prueba.

- a.- Operación del Equipo.
- Resultado.

PRUEBAS DE REHIDRATACION.

IV- CONCENTRACION POR EVAPORACION

A.- REACTOR UNIVERSAL

- a.- Descripción del Equipo.
- b.- Operación.
- c.- Tabla de Operación y Resultado.

B.- EVAPORACION INSTANTANEA (FLASH)

- a.- Descripción y Operación del Equipo.
- b.- Resultados.

C.- EVAPORACION DOBLE EFECTO

- a.- Descripción del Equipo.
- b.- Operación.
- c.- Resultados Tabla de rendimientos.

V.- PRUEBAS COADYUVANTES AL CONTROL DE CALIDAD.

VI.- ESTUDIO ECONOMICO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N

El pulque es en la actualidad la bebida más popular en la altiplanicie mexicana. En los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Morelos existen más de 2 millones de plantas de maguey que benefician directa o indirectamente a más de 120 mil familias, esta zona abarca más de medio millón de hectáreas, ver mapa.

Debido a su extraordinaria adaptación a las condiciones de aridez, a su rusticidad y alta producción de jugos y otros sub-productos, el maguey resulta prácticamente insustituible para nuestras regiones con suelos y climas desfavorables. Sin embargo el tratamiento que se ha venido dando no corresponde a su importancia. Se piensa comunmente que el maguey (*agave atrovirens*) es una fuente de bebidas embriagantes de baja calidad y con ello se pretende ignorar que sus sabias o aguamieles debidamente tratadas, son capaces de convertirse en bebidas de noble calidad.

El alto valor nutritivo del aguamiel radica primordialmente en su contenido de hidrocarburos, proteínas o aminoácidos, vitaminas, sales minerales y levaduras y cuanto al pulque, además de ser una bebida alcohólica de baja graduación, es un buen estimulante de la digestión y un factor de nutrición muy superior a otro tipo de bebidas de moderación, ya que conserva las levaduras, proteínas, vitaminas y sales minerales que contenía el aguamiel, y en cambio mejora su digestibilidad, su flora y su fauna microbiana y sus principios enzimáticos.

En la capital de la República existe una --
aduanas solo para el pulque a la cual llegan por vía ferrea
diariamente más de 750,000 litros los que se consumen to--
talmente, cuyo costo supera a los 13 y medio millones de --
pesos anuales.

El objeto de la presente investigación es la
de contribuir por medio del Pulque en polvo, así como su --
hidratación a fomentar una bebida refrescante alimenticia--
y además la creación de una industria nueva como lo sería--
la del Pan, bajo normas científicas que beneficiarían de --
una manera directa a la dieta de millones de campesinos.

El presente estudio incluye los diferentes --
métodos para concentrar el pulque así como los principales
aspectos fisicoquímicos con el propósito de prever la im--
portancia que tienen ciertos factores y anticipar así las--
posibilidades prácticas alimenticias del pulque.



OCEANO PACIFICO

GOLFO DE MEXICO

CARACTERISTICAS DEL PULQUE

a) Propiedades Fisicas

1.- Naturaleza.-

El aguamiel, desde que aparece en la cavidad central del Maguey hasta que se considera pulque, varía en su aspecto. Es primero un líquido transparente ligeramente amarillo hasta un color blanco translúcido.

2.- Color: Blanco

3.- Densidad: 1.0073 a 1.0030 (Pícnómetro) (Método descrito a continuación).

2.- Componentes.-

Contenido en 100g.

Pulque (Estado de México). Referencia (9).

Humedad	97.0 g	Hierro	0.70 mg.
Proteínas	0.44g	Tiamina	0.02 mg.
Calcio	10 mg.	Riboflamina	0.02 mg.
Fósforo	10 mg.	Niacina	0.03 mg.
		Acido Ascórbico	6.2 mg.

Propiedades Físico-Químicas.

1.- pH 2.7 a 4.0 según referencia (8).

2.- Presión Osmótica 28mm. (Método de Denui descrito a continuación).

4.- Viscosidad 0.00246 poises.-

(Método descrito a continuación).

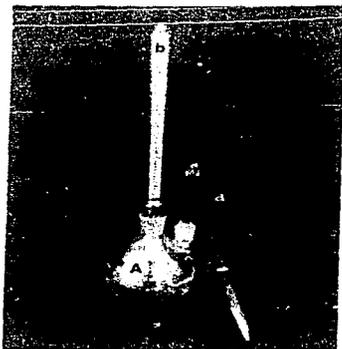
DENSIDAD

Los picnómetros son de forma variada y volumen diverso, - los cuales llevan de ordinario un tapón ajustado con un tubo - capilar (a) y un termómetro (b). Esta determinación es muy em - pleada en la práctica diaria y sus resultados son exactos.

Técnica.-

a).- Se pesa primero el picnómetro vacío.

b).- Se llena el picnómetro (A) con agua destilada, y al - colocarle el tapón, parte del agua se derrama por el tubo capi - lar. El frasco se seca bien y rápidamente, cuidando de no to - carlo con los dedos sino con pinzas para que la radiación del - cuerpo humano no dilate el agua del frasco. A continuación se - determina su peso.



c).- Se vuelve a llenar el -- picnómetro, ahora introduciendo el (pulque, rehidratado etc.) y se - siguen los mismos pasos anterio-- res.

La fórmula para calcular la densi - dad es:

$$\rho = \frac{\text{Peso del líquido, pulque, contenido en el Picnómetro}}{\text{Peso del agua destilada contenida en el Picnómetro}}$$

- Peso del Picnómetro vacío.
- Peso del Picnómetro vacío.

Substituyendo valores:

DENSIDAD DEL PULQUE
$P_{\text{seca}} = 32.1773 \text{ gramos.}$
$P_{\text{pulque}} = 82.4270 \text{ grs.}$
$P_{\text{H}_2\text{O dest.}} = 82.2068 \text{ grs.}$
Substituyendo valores
$\rho = \frac{82.4270 - 32.1773}{82.2068 - 32.1773}$
$\rho = 1.0044$

VISCOSIDAD

Viscosímetro de OSTWALD.-

El viscosímetro Wilhelm Ostwald (fig. 1), consta de un tubo capilar que principia en (b) unido por la parte superior a un bulbo y por la inferior a un tubo ancho doblado en (u) provisto de otro bulbo (c). Encima y debajo del bulbo se encuentran las marcas 1 y 2.

Método.-

Se vierte en (d) un determinado volumen de líquido problema, en nuestro caso pulque, pulque rehidratado, etc., se sopla por (d) hasta que el líquido haya subido en (a) un poco por encima de (1). Se deja (d) libre y se cuenta el número de segundos -- que tarda en escurrir desde 1 hasta 2. Se repite la operación con agua destilada empleando el mismo volumen del líquido problema. Debe trabajarse a temperatura constante por lo que se introduce todo el viscosímetro en un baño de agua. Como la presión a la cual se produce el escurrimiento es proporcional a la densidad; la viscosidad relativa del pulque está dada por -- las fórmulas:

$$\frac{\eta_p}{\eta_a} = \frac{\rho_p t_p}{\rho_a t_a}$$

de la fórmula anterior se tiene:

ρ_p = densidad del pulque.

t_p = tiempo que tarda en pasar de 1 a 2 el pulque, en segundos.

ρ_a = densidad del agua destilada.

t_a = tiempo que tarda en pasar de 1 a 2 el agua destilada.

η_a = viscosidad absoluta del agua destilada a 20°C.

Para obtener la viscosidad absoluta del problema en poises (dinas cm.⁻² seg.), se despeja η_p .

$$\eta_p = \frac{\rho_p t_p}{\rho_a t_a} \eta_a$$

o sea que la viscosidad relativa obtenida con el viscosímetro - se multiplica por la viscosidad absoluta - del agua destilada en poises a 24°C según - tabla (128), de la - referencia N° (13).

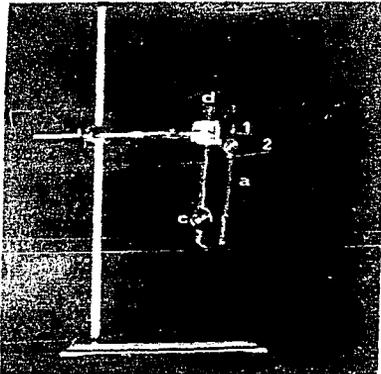


FIG. 1

Substituyendo valores:

VISCOSIDAD ABSOLUTA DEL PULQUE

$$\rho_p = 1.0044$$

$$t_{H_2O} = 86 \text{ segundos.}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1.00$$

$$t_p = 118 \text{ seg.}$$

$$\eta_a = .00911 \text{ a } 24^\circ\text{C.}$$

$$\eta_p = \frac{1.0044 \times 118}{1.00 \times 86} \quad 0.00911$$

$$\eta_p = 0.0125 \frac{\text{dinas} \times \text{seg}}{\text{cm}^2} (\text{poises})$$

TENSION SUPERFICIAL

Método de DEINUI (modificado).--

Generalidades.-- Este método de la balanza de Deinui, determina la tensión superficial por la medida de la fuerza necesaria para romper una película formada mediante un anillo de -- platino que toca la superficie del líquido problema.

En cualquier balanza eléctrica se puede determinar la tensión superficial, en caso de que no se disponga del tensiómetro específico; para ello se procede de la siguiente manera: Se -- substituye el platillo de la balanza por una pesa equivalente; -- para ésto se ata del gancho en donde se cuelga el platillo una bolsita de plástico, conteniendo mercurio y además se cuelga -- del mismo un anillo de platino. Para verificar si se ha substituído el peso del platillo exactamente se dispara la balanza y -- los dos ceros de la escala, fija y móvil, deben de coincidir.

Una vez adaptado el anillo de platino se procede a determinar la tensión superficial; para ésto se dispone de un vaso de -- 250 c.c. el cual se le agrega un volumen conocido de solución -- problema. En nuestro caso específico pulque natural. Se va -- agregando pesas hasta que el anillo despega del líquido problema, se repite varias veces la operación hasta obtener lecturas -- en la escala de la balanza iguales para una misma temperatura.

PRESION OSMOTICA

A).- Selección de la Membrana.-

Se efectuaron 3 pruebas para seleccionar la membrana más adecuada para determinar la presión osmótica del pulque y pulque rehidratado. Para la primera prueba que se efectuó, se utilizó como membrana papel celofán el cual se hirvió con agua durante unos minutos con el objeto de separar la película de barniz y de esta manera se efectuará la diálisis.

La segunda prueba consistió en preparar el papel de celulosa con una mezcla de éter etílico (275ml), acetato de etilo --- (15 ml), alcohol etílico (125 ml) y acetato de celulosa (40gr), todo esto se le agregó con el objeto de hacerla más semipermeable.

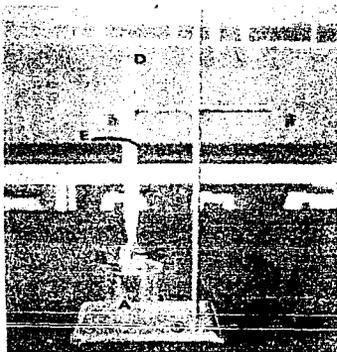
3a. Prueba.-

Se utilizó una membrana porcina, llamada pergamino animal; ésta es semipermeable permitiendo a igual que la primera prueba que se produzca la ósmosis, por estas razones se usaron estas dos membranas.

En la segunda prueba no se obtuvieron resultados positivos, la membrana formada no deja pasar libremente al solvente, en -- nuestro caso agua con SO_2 , hacia la solución, pulque natural.

B).- Presión Osmótica y su medición.

Para efectuar la medida de la presión osmótica se construyeron e instalaron y probaron dos recipientes. El primero de ellos de material plástico con tornillos y tuercas de aluminio con una pequeña lámina de acero inoxidable perforada y tubo delgado de vidrio con su respectiva escala.



El segundo recipiente se construyó totalmente de vidrio Fig. adjunta, tiene la forma de un embudo de seguridad, consta de un bulbo (C) y un tubo delgado (D) con una escala posterior de papel milimétrico (E).

Debido al costo del primer recipiente, se seleccionó el segundo recipiente por reunir los requisitos de bajo costo y facilidad de colocar la membrana.

Se efectuaron las pruebas por duplicado con el objeto de que sus resultados fueran los más representativos.

En nuestro caso el solvente no fué simple agua destilada -
 pues con el transcurso de los días había formación de hongos, --
 para ésto se le añadieron tanto al solvente como al soluto las-
 mismas partes por millón de anhídrido sulfuroso.

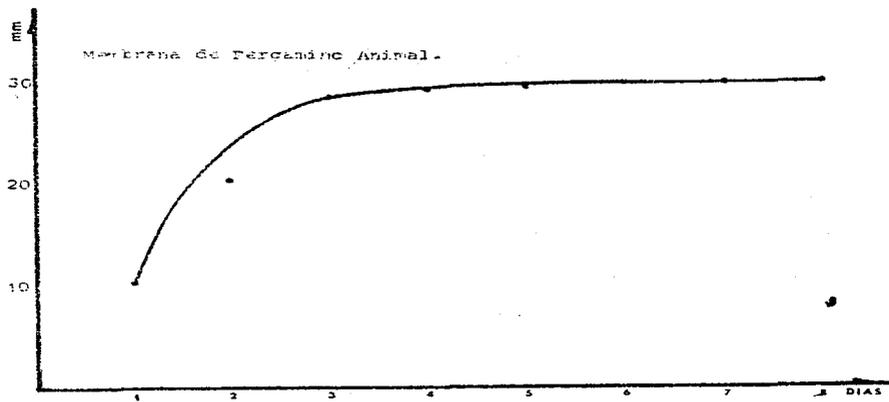
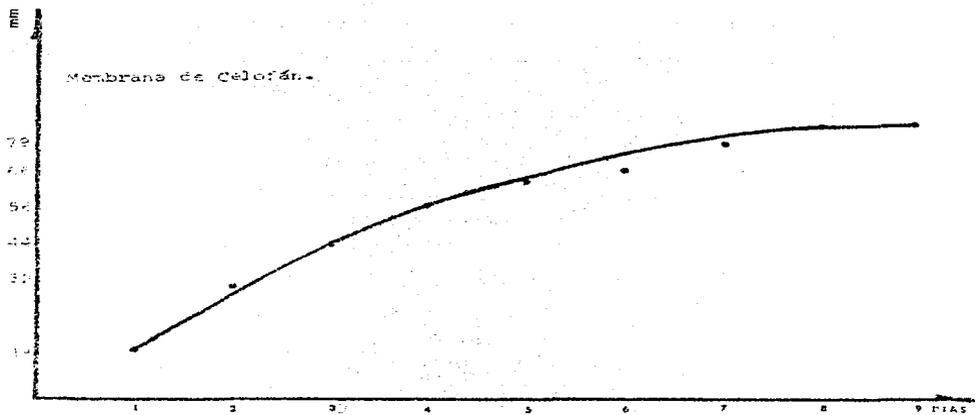
Presión Osmótica del pulque empleando como membrana papel-
de Pergamino Animal.

PULQUE

días	milímetros
1	10
2	20
3	24
4	26
5	27
6	28
7	--
8	28

Presión Osmótica del pulque empleando como membrana Papel-
de Celofán.

PULQUE	
días	milímetros
1	14
2	32
3	44
4	56
5	66
6	62
7	74
8	79
9	79



b) *Propiedades Químicas*

1.- Naturaleza.-

El pulque es una solución-suspensión de miscelas sólidas.

c) *Propiedades Biológicas*

1.- Naturaleza.-

El aguamiel fermenta espontáneamente; esta fermentación empieza desde que aparece en la cavidad abierta del maguey. (7).

2.- Constitución.-

El pulque, desde su extracción, contiene microorganismos de fermentación que son: *Saccharomyces cerevisiae*; una levadura -- del género *Pichia* que desempeña el papel aromatizante que da al pulque su olor; *Bacterium acetoxidans* oxida el alcohol a ácido acético ayudando, además, a la producción de viscosidad.

El bacilo "*acidificans longissimus*" fermenta la glucosa, - sacarosa y maltosa formando ácido láctico.

El *Leuconostoc mesenteroides* es el principal productor de la viscosidad del pulque.

3.- Contenido Vitamínico.-

Tiamina (B ₁)	_____	0.02 mg/100 ml de pulque
Riboflamina (B ₂)	_____	0.03 mg/100 ml de pulque
Acido Ascórbico (C)	_____	5.1 mg/100 ml de pulque
Niacina (PP)	_____	0.35 mg/100 ml de pulque

2.- PROPIEDADES ALIMENTICIAS

Conociendo los resultados anteriores se explica por que -- consideran el pulque como alimento con valor plástico y energético: el valor plástico procede de la presencia de aminoácidos tales como el triptofano y las vitaminas hidrosolubles; el segundo se explica por la presencia de alcohol y de glúcidos.

La acción del alcohol en el organismo, según ha demostrado la Fisiología, es semejante a la de los hidratos de carbono, a condición que no rebase un límite determinado en la cantidad ingerida. Por esa razón, para algunos autores, el papel energético del pulque es relativo, pues el carácter tóxico del alcohol en el organismo y la forma cotidiana con que lo ingieren los consumidores, hacen que se produzcan en ellos estados de alcoholismo crónico en diversos grados. A ésto se cree se deban las actitudes de apatía y abandono que se observan entre la gente que consumen habitualmente éste líquido. (9).

PARTE EXPERIMENTAL

1 Secado Directo por Pulverización

Con el objeto de obtener pulque seco, se utilizó el Secador de Aspersión tipo experimental que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería Química de la U.N.A.M.

a).- DESCRIPCIÓN DE LA FORMA EN QUE OPERA EL SECADOR DE ESPREAS "SWENSON" TIPO EXPERIMENTAL.-

El secador de espreas experimental, es una unidad versátil y muy adecuada para trabajos de investigación y producción a pequeña capacidad. El secador está constituido por las siguientes partes:

- 1).- Filtro y calentador de aire.
- 2).- Sistema de atomización.
- 3).- Cámara de secado.
- 4).- Sistema de transporte y colección.
- 5).- Instrumentación.
- 6).- Equipo accesorio.

A continuación se describen los mencionados equipos:

1).- Filtro y calentador de aire.-

Antes de calentar el aire para el secado se hace pasar por el filtro de lana de vidrio, para eliminar impurezas, posteriormente este aire se calienta por medio de un juego de 18 resistencias eléctricas del tipo de cinta estriada, dispuestas en tres bancos. Cada resistencia tiene 1,250 Watts de potencia y operan con corriente de 220 Volts, 3 Fases y 50 ciclos.

Cuando están conectados los tres bancos, la temperatura del aire para el secado llega hasta 500°F (251°C) - aproximadamente. Esta temperatura se controla automáticamente con un termostato.

2).- Sistema de atomización.-

Consiste fundamentalmente de una esprea atomizadora para dos flúidos, con camisa de agua; un tanque de alimentación y la tubería necesaria para conectar estos -- equipos y el suministro de aire comprimido.

El atomizador se muestra esquemáticamente en nuestro dibujo y consiste en una línea de alimentación protegida por un tubo metálico que contiene, teóricamente, aire a la temperatura ambiente para preservar la solución de un sobrecalentamiento; una línea de aire comprimido y dos líneas para circular agua de enfriamiento por la camisa que rodea a la esprea, con el objeto de evitar un sobrecalentamiento de la misma.

3).- Cámara de secado.-

Construida totalmente de acero inoxidable N° 302. Está formada por una sección cilíndrica de 1.25 m. de diámetro interior 2.20m. de alto y un fondo cónico a 60°, -- que termina en una boca de descarga de 25 cm. de diámetro.

En la sección cónica se localizan también la entrada -- para aire de secado y el registro con cuatro aberturas para las líneas conectadas al atomizador.

Para evitar pérdidas de calor, la cámara está aislada - con lana de vidrio y con envolvente exterior de acero - de 38" de diámetro. La sección cilíndrica está provista de una pequeña puerta de vidrio para observar tanto la atomización de la solución, como la salida del material seco.

4).- Sistema de transporte y colección.-

La transferencia del aire para el secado se efectúa a través de ductos de acero inoxidable y por medio del ventilador equipado con un motor de 1/2 HP, para corriente de 220 Volts, 3 fases y 50 ciclos.

La colección de producto seco se efectúa en el ciclón 1 y 2 equipado en su boca de descarga con un recipiente debidamente sellado.

5).- Instrumentación.-

Para regular el proceso se dispone de los siguientes instrumentos situados en el tablero de control:

- Dos válvulas reductoras de presión para el aire de operación manual.
- Dos manómetros para medir la presión del aire de 0 a $6.49 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$.
- Un termómetro indicador para medir la temperatura del aire a la salida del sistema.
- Un control de temperatura de aire de secado para el calentador eléctrico.

- Dos higrómetros indicadores.

6).- Equipo Accesorio--

- Compresora de aire.

- Red de tuberías para el agua.

b) Operación

La operación del secador de espreas se puede seguir en nuestro esquema de acuerdo con las siguientes etapas.

El aire para secado entra al calentador "A" a través del filtro de lana de vidrio. Ya caliente atraviesa el ducto "B" provisto de un bulbo para medir temperatura y penetra en la cámara de secado "D". En el centro de la cámara de secado está localizada la esprea atomizadora "C", que introduce al sistema el pulque mezclada con aire. La corriente gaseosa cargada de material seco sale por la parte inferior de la cámara de secado y a través del ducto "E" entra en el ciclón colector "F", donde el producto seco se separa del aire y es colectado en el recipiente "H" de aquí pasan al 2º ciclón y en donde se deposita en "J" las partículas más finas del secado. Los gases son extraídos por la parte superior del ciclón "J" mediante un ventilador extractor "G" que descarga a la atmósfera.

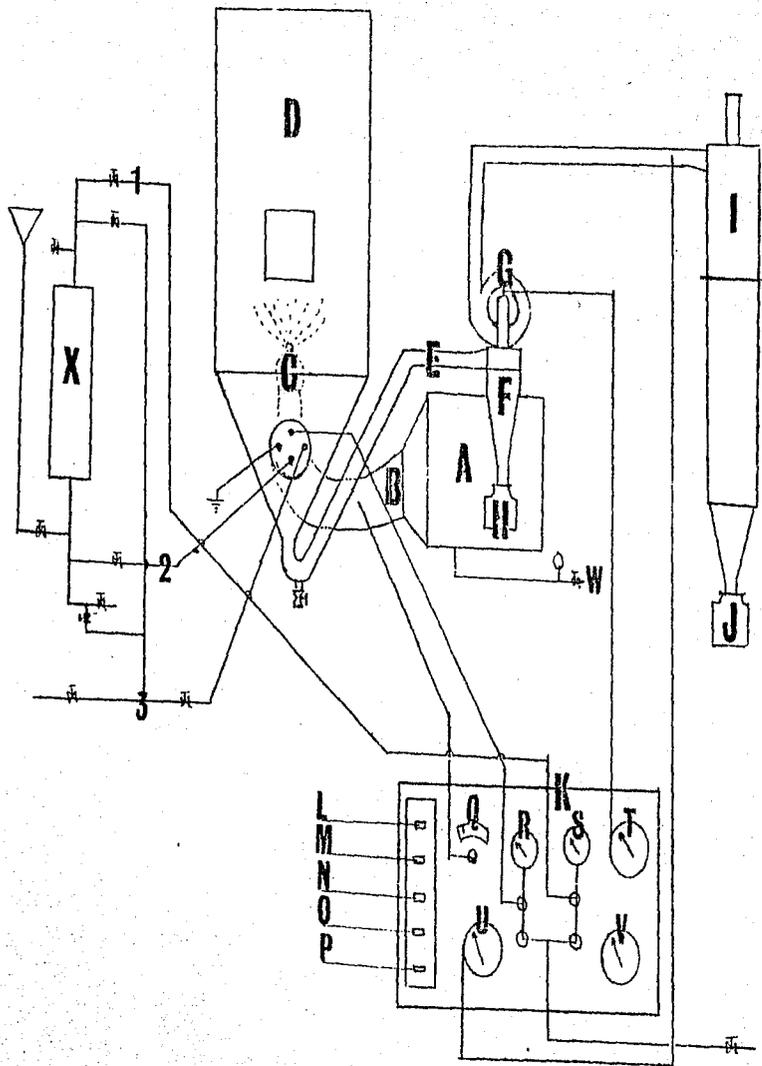
La temperatura del aire de salida se mide con un bulbo instalado en el codo que conecta el ciclón colector "F" con el ventilador "G".

Operación inicial.-

- 1).- Cerrar todo el sistema
- 2).- Conectar el interruptor principal de fuerza
- 3).- Conectar el ventilador extractor

- 4).- Ajustar el control termostático del termómetro regulador de la temperatura del aire de entrada a la temperatura deseada para el aire de secado.
- 5).- Conectar tantos bancos de calentadores eléctricos como sean necesarios para obtener la temperatura del aire deseada. Suministrar aire al último banco de resistencias a presión de $.1054 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$, abriendo la válvula de la línea "3".

Permitir suficiente tiempo para que el aire alcance la temperatura buscada. No permitir en ningún momento que las resistencias estén funcionando con el ventilador parado o cuando éste funcione con la puerta de la cámara abierta.
- 6).- Conectar el suministro de aire a la esprea atomizadora y ajustar la válvula de control a la presión deseada.
- 7).- Colocar el material preparado en el tanque de alimentación e introducir éste en el tanque de presión.
- 8).- Observar la esprea atomizadora para asegurarse de que se están empleando las presiones correctas y la esprea del tamaño adecuado. La esprea más grande, N°22, es generalmente mejor para soluciones con alta concentración de sólidos totales, y la esprea más pequeña, N° 12 es mejor para concentraciones bajas de sólidos totales.



- A Calentador de aire.
- B Ducto para aire caliente.
- C Atomizador.
- D Cámara de Secado.
- E Descarga de la cámara.
- F Ciclón colector NA 1.
- G Ventilador extractor.
- H Colector de polvos NA 1.
- I Ciclón colector NA 2.
- J Colector de polvo NA 2.
- K Tablero de control.
- L Interruptor para la resistencia termostática.
- M Interruptor de la resistencia eléctrica I.
- N Contacto disponible.
- O Interruptor de la resistencia eléctrica II.
- P Interruptor para el motor del ventilador extractor.
- Q Control de temperatura del aire caliente.
- R Presión del aire de atomización.
- S Presión al tanque de alimentación.
- T Indicador de temperatura de salida de la cámara de seca
do.
- U Higrómetro para determinar el % de humedad de los gases
de salida.
- V Higrómetro para determinar el % de humedad del medio am
biente.
- W Aire de enfriamiento al último banco de resistencias.
- X Tanque de alimentación.
- 1 Aire.
- 2 Solución alimentada.
- 3 Agua.

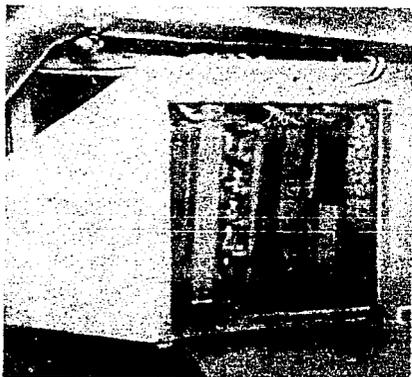
T_A	P_{al}	P_{at}	H_r	T_s	Densidad	Vol. Lts. alimentado	Observaciones
°C	Kg./cm ²	Kg./cm ²	%	°C	graves/cm ³		
167	1.406	2.560	50	121	2	20 litros	No se obtiene producto seco.
167	1.406	2.109	50	128	2	20 litros	No se obtiene producto seco.
167	1.054	1.406	40	147	2	10 litros	No se obtiene producto seco.
167	1.054	1.054	35	151	2	10 litros	No se obtiene producto seco.
149	1.406	2.109	50	102	2	10 litros	No se obtuvo producto.
149	1.054	1.406	40	116		15 litros para	No se obtuvo producto.
149	1.054	1.054	40	116	2	estas dos con	No se obtuvo producto.
121	1.054	1.054	30	93.5		5 litros	Se condensó el pulque en la cámara.
121	1.054	1.406	25	102	2	5 litros	No se obtiene producto.
121	1.054	2.109	25	109	2	4 litros	Se condensó en la cámara el pulque.
121	1.054	2.200	22	60	2	5 litros	Se condensó en la cámara y en los ductos el pulque.
121	1.406	2.109	22	93.5	2	2 litros	Se lavó el equipo y se procedió de nuevo pero se pegó en el equipo ocurriéndose el pulque atorado.
121	1.406	1.406	22	102	2	3 litros	Se lavó de nuevo el equipo, se calentó hasta alcanzar 121°C pero no se obtuvo producto.

T_A = Temperatura de alimentación del aire. T_s = Temperatura de salida del aire.
 P_{al} = Presión de alimentación. Vol_a = Volumen alimentado lts.
 P_{at} = Presión de aspiración. D = Densidad.
 H_r = % de humedad relativa.

12.- BANCO DE RESISTENCIAS

Originalmente para calentar el aire y enviarlo a la cámara del Secador se usaba un juego de 24 resistencias de tipo estriado dispuestas en cuatro bancos. Cuando están conectados los -- cuatro bancos, la temperatura del aire para el Secador llegaba a 650°F, (343°C) dicha temperatura se controla automáticamente con un termostato.

Al revisarse éstos bancos de resistencias se encontró que el último banco o sea el cuatro interiormente no servía, se dedujo que a éste último banco por no llegarle aire de una manera uniforme, se había quemado por completo.



Se construyó como se -- muestra el esquema adjunto un sistema llamado -- "BANCO DE AIRE", con el objeto de evitarle un sobre calentamiento al último banco.

El esquema muestra ade-- más que no hay cuatro -- bancos de resistencia si no tres.

Actualmente el Secador cuenta con 18 resistencias y la temperatura de entrada del aire es de más de 260°C.

2ª.- RECOLECTOR DE POLVOS FINOS.

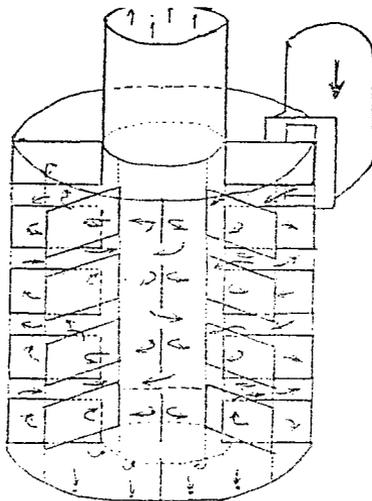
Con el propósito de obtener un mayor rendimiento con el Se
cador Swenson, por considerar que el producto pudiera ser bas--
tante costoso.



Se construyó una Caja -
de polvos como la mues-
tra la figura adjunta,-
como se puede apreciar-
ésta caja es bastante -
sólida, dentro de esta-
caja se colocó una bol-
sa de tela para que se-
recolectara allí las --
partículas de material-
seco; para la instala--
ción de ésta caja de --
polvos se tuvieron que-
acondicionar unos tubos
de lámina galvanizada -
así como su soporte de-
fierro ángulo y se cong

truyó también una reducción; ésta es la que todavía está en el
Secador a la salida del ventilador extractor, la cual conecta -
al segundo ciclón adicional.

32.- CICLON ADICIONAL.



Este Esquema representa la trayectoria que siguen las partículas en el segundo ciclón.

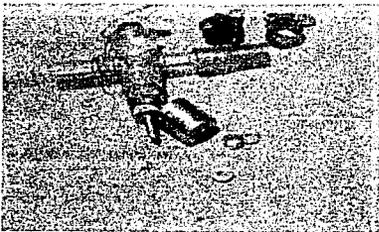
La construcción de estas mamparas en rorma de trebolillo - adentro de este segundo ciclón adicional se hizo con el objeto de recoger el mayor número de partículas evitando así el escape de éstas hacia la atmósfera.

El producto a secar por tratarse de una sustancia que resultara muy cara justifica la construcción de dichas mamparas.

Estas mamparas son de lámina galvanizada y su construcción se efectuó totalmente en el Lab. de Ing. Química.

Con el objeto de eliminar el costo de las llaves de acero inoxidable que tendría el nuevo sistema de alimentación, cuyo costo sería aproximadamente de \$ 1,600.00.

Se instalaron 3 válvulas de vidrio de 10mm de claro las cuales se sometieron a la siguientes pruebas con el fin de prever su funcionamiento.



a).- Las paredes de vidrio de la llave resisten una presión de más de $7.515 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

b).- La parte central de la llave se bota con la presión de alimentación al equipo de secado, para evitar ésto se le acoplaron a cada una de las llaves unos adaptadores que tienen la

función de jalar la llave.

c).- La unión de los brazos de la válvula de vidrio con el resto del equipo, acero inoxidable, es por medio de un plástico flexible, ajustado por medio de abrazaderas para evitar fugas del producto que se va a secar.

54.- HIGRÓMETROS

Al tablero de control del Secador Swenson - se le instalaron dos higrómetros indicadores.

Estos higrómetros sirven para determinar el % de humedad relativa. El higrómetro de la izquierda determina con que % de humedad relativa sale el aire del 2/o. ciclón, esto se logra por medio de un sistema de tubos flexibles de plástico que llevan por medio de una PERA que se acciona con la mano, el aire del 2/o. ciclón al higrómetro.

Por lo que respecta al Indicador del lado derecho, éste determina las condiciones de humedad en que se encuentra el aire del Laboratorio.

PARTE EXPERIMENTAL

II Secado por pulverización (englobe)

El pulque natural no se logró secarlo en el equipo de Aspersión; en vista de esto se describen a continuación las pruebas - de englobe a los cuales se sometió con el objeto de aumentar el diámetro de partícula.

1a. Prueba

Englobe con Carboxi-Metil-Celulosa. (C.M.C.).

Por ser la C.M.C. un polvo granular blanco incoloro e insípido se adicionó al pulque con las siguientes proporciones:

litros pulque	carga de C.M.C.	CONC. FINAL
15 litros	150 gramos	$\frac{10 \text{ gramos}}{1 \text{ Litro Pulque}}$
15 litros	250 gramos	$\frac{20 \text{ gramos}}{1 \text{ litro pulque}}$
15 litros	450 gramos	$\frac{30 \text{ gramos}}{1 \text{ litro pulque}}$
15 litros	600 gramos	$\frac{40 \text{ gramos}}{1 \text{ litro pulque}}$
15 litros	750 gramos	$\frac{50 \text{ gramos}}{1 \text{ litro pulque}}$

Para disolver la C.M.C. en el pulque se empleó un agitador-eléctrico.

El pulque que se utilizó en estas pruebas contenía 510 p.p. m. de SO₂ (anhidrido sulfuroso) para evitar que siguiera la fermentación.

2a. Prueba

Englobe con alcohol Polivinílico o Elvanol. Para esto se seleccionó el Elvanol de más baja viscosidad de acuerdo con el catálogo (5) Es un polvo granular blanco, incoloro e insípido al cual se le adicionó al pulque sulfitado en las siguientes proporciones:

Litros de pulque	carga de Elvanol	Conc. Final/litro de pulque.
15 litros	150 gramos	10 gramos
15 litros	250 gramos	20 gramos
15 litros	450 gramos	30 gramos
15 litros	600 gramos	40 gramos
15 litros	750 gramos	50 gramos
15 litros	900 gramos	60 gramos

Estas concentraciones varían desde 10% a 60%, se empleó para disolver el Elvanol en pulque una licuadora eléctrica.

3a.- Prueba.

Englobe con Almidón de Papa.

Por ser un polvo granular blanco, incoloro e insípido y de bajo costo se le adicionó al pulque en la siguiente proporción:

litros de pulque	carga almidón	conc. final
30	1.500 gramos	50 $\frac{\text{gramos}}{\text{lit. de pulque}}$

a) Equipo

El equipo utilizado para secar pulque con estas cargas de englobe es el equipo de Aspersión Marca Swenson que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química cuyas características se describieron en el 1er. Método de la parte experimental.

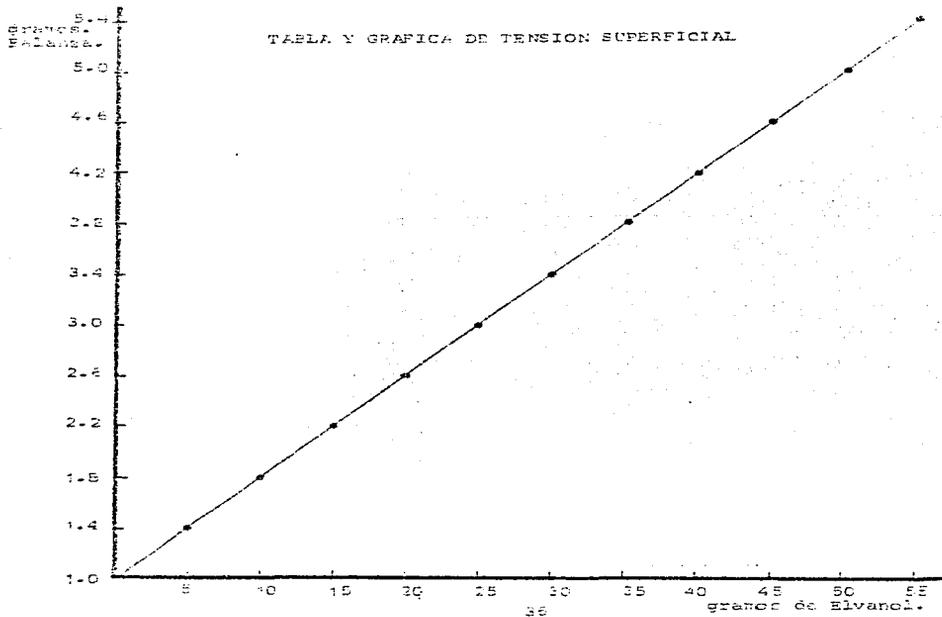
b) Operación

Para las pruebas de Englobe con Carboxi-Metil-Celulosa, Alcohol Polivinílico y almidón de papa.

- 1.- Se cierra el equipo.
- 2.- Conectar el interruptor principal de fuerza.
- 3.- Conectar el ventilador extractor.
- 4.- Ajustar el control termostático del termómetro regulador a la temperatura de operación requerida.
- 5.- Suministrar aire al último banco de resistencias.
- 6.- Para cada corrida de pulque con las diferentes cargas se carga el tanque de Alimentación.
- 7.- Una vez alcanzada la temperatura de operación se abre la válvula de atomización y después la de alimentación y por medio de válvulas reductoras de presión se ajustan las presiones a las requeridas.
- 8.- Se emplea la espuma # 12. para soluciones o suspensiones de baja concentración de sólidos.
- 9.- Se abre el agua de enfriamiento de la espuma atomizadora.
- 10.- En caso de haber producto seco se recoge del primer ciclón en un frasco de vidrio.
- 11.- Para cada concentración de C.M.C., Alcohol Polivinílico (Elvanol), y almidón se calentó primero el equipo a su temperatura más alta de operación.
- 12.- Al efectuar las pruebas de secado para los diferentes concentraciones tanto de Carboni-Metil-Celulosa como las de Alcohol Polivinílico y almidón se lavó el equipo.
- 13.- En caso de haber producto se recolecta en frascos de vidrio de 2.5 litros de capacidad previamente pesados.
- 14.- Se tapan los frascos herméticamente poniendo un pedazo de plástico entre el frasco y la tapadera.

Grs. de Elvanol 500 c.c. de pulque	Peso en gramos añadidos a la Balanza
P. Natural	1
5	1.4
10	1.8
15	2.2
20	2.6
25	3.0
30	3.4

Grs. de Elvanol 500 c.c. de pulque	Peso en gramos añadidos a la Balanza
35	3.8
40	4.2
45	4.6
50	5.0
55	5.4
60	5.8



CARPOXI-METIL CELULOSA	T_a	t_s	P_{al}	P_{at}	Volumen Alimentado Lts.	OBSERVACIONES
	°C	°C	Kg. cm	Kg. cm		
10 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pul}} \frac{\text{que}}{\text{que}}$	167	139	1.094	1.957	5	No se logró obtener producto seco. La partícula es mucho muy fina.
	149	102	0.703	1.406	5	
	120	90	0.703	1.406	5	
20 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pul}} \frac{\text{que}}{\text{que}}$	149	108	1.054	1.406	5	No hay sedimento, la partícula seca sigue siendo mucho muy pequeño aún para que se deposite en el frasco del 2º-ciclón recolector.
	139	95	1.054	1.957	5	
	180	95	1.406	2.109	5	
30 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pul}} \frac{\text{que}}{\text{que}}$	167	115	1.054	1.957	5	No hay producto seco con estas tres condiciones de operación.
	149	127	1.054	1.406	5	
	149	121	0.703	1.406	5	
40 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pul}} \frac{\text{que}}{\text{que}}$	149	93	1.406	2.109	5	Se hidrató la partícula seca en los ductos del equipo. El rendimiento es de 10% con estas dos condiciones de operación.
	149	120	1.054	1.957	5	
	149	80	1.406	1.406	5	
50 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pul}} \frac{\text{que}}{\text{que}}$	167	115	1.406	2.109	5	Rendimiento es de 25%, con estas 3 condiciones de operación.
	167	116	1.406	1.957	5	
	139	80	1.054	1.406	5	

t_a = Temperatura de alimentación del aire.

t_s = Temperatura de salida.

P_{al} = Presión de alimentación.

P_{at} = Presión de atomización.

ALCOHOL POLIVINILICO	t_a °C	t_s °C	P_{al} Kg. cm ²	P_{at} Kg. cm ²	Volumen Alimentado litros	OBSERVACIONES
10 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	167	120	1.054	1.257	5	No se logró obtener pulque seco.
	167	125	0.7020	1.406	5	No se logró obtener pulque seco.
	149	120	0.7020	1.406	5	
20 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	167	145	1.054	1.406	5	No se logró obtener pulque seco la
	149	121	0.7030	1.406	5	partícula es mucho muy pequeña y -
	121	86	1.406	2.109	5	escapa junto con el aire de salida.
30 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	149	100	1.054	1.406	10	La partícula es mucho muy pequeña
	139	85	0.702	1.054	5	por lo que no hay rendimiento.
40 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	149	102	1.054	1.257	10	20% de rendimiento se hidrata un po
	149	110	1.054	1.406	5	co el prod.seco.y además se pegó en
						la cámara del equipo.
50 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	167	139	1.406	2.109	15	70% de rendimiento color amarillo -
						poco claro.
60 $\frac{\text{gramos}}{\text{litro de pulque}}$	167	102	1.406	2.109	15	50% de rendimiento de pulque con -
						Elvanol seco su color es amarillo -
						claro.

t_a = Temperatura de alimentación del aire.

t_s = Temperatura de salida.

P_{al} = Presión de alimentación.

P_{at} = Presión de atomización.

Pruebas de Rehidratación

METODO:

A cierta cantidad de pulque seco con Alcohol Polivinílico se le agrega agua soda electro-pura o agua mineral y alcohol.

Los Alcoholes que se le añaden al pulque secon con Elvanol--son: Alcohol de caña, Tequila, Mezcal de Gusano y Brandy.

REHIDRATACION DE:

7 gr. de pulque seco con Elvanol se disuelven, agitando con-50c.c. de agua soda electro-pura, y se le agregan 5c.c. de Al---cohol de Caña y 45c.c. de agua soda electro-pura hasta completar un volumen de 100c.c.

Con estas mismas cantidades y en el mismo orden anterior de-pulque seco y agua soda electro-pura se le añaden:

Mezcal de Gusano.

Tequila y

Brandy

Para calificar estas pruebas de hidratación se escogió una-escala arbitraria de 1 á 4 siendo el resultado el siguiente:

Pulque con gramos de Elvanol 70 <u>1 litro de</u> pulque	Alcohol añadido c.c.	Escala 1 a 4
	BRANDY	4
	TEQUILA	3
	MEZCAL DE GUSANO	2
	ALCOHOL DE CAÑA	1

Pruebas de Rehidratación

II Método:

A cierta cantidad de pulque seco con Carboxi Metil Celulosa (C.M.C.) se le agrega agua soda electropura o agua mineral y alcohol.

Los Alcoholes que se le añaden al pulque con C.M.C. son: - Alcohol de caña, Tequila, Mezcal de Gusano y Brandy.

7gr. de pulque secado con C.M.C. se disuelven, agitando -- con 50 c.c. de agua-soda electropura se le agregan 5 c.c. de Alcohol de Caña y 45 c.c. de agua-soda electropura hasta completar un volumen de 100 c.c.

Con estas mismas cantidades y en el mismo orden anterior - de pulque seco y agua soda electropura se le añaden:

Mezcal de Gusano

Tequila y

Brandy

Para calificar estas pruebas de hidratación se escogió una escala arbitraria de 1 a 4 siendo el resultado el siguiente:

	Alcohol Añadido	Escala 1 a 4	OBSERVACIONES
70 <u>grs. de C.M.C.</u> 1 litro de pulque	BRANDY	3	Color café amarillento.
	TEQUILA	2	Blanco amarillento.
	MEZCAL DE GUSANO	2	Blanco amarillento.
	ALCOHOL DE CAÑA	1	Amarillo Blanco.

III Concentración por Sedimentación

Este método consiste en dejar que sedimenten las partículas sólidas en suspensión de pulque las cuales son extraídas -- por decantación.

1a. Prueba

Se le añadieron a dos garrafones de vidrio, 20 litros de pulque a cada uno, este pulque contenía 570 p.p.m. de SO_2 , al resto del garrafón se le introdujo CO_2 y se tapó herméticamente.

Conforme transcurrían los días la partícula sólida en suspensión se asentaba. Al 50. día se decantó cuidadosamente la solución, al sedimento depositado es decir, al Xastle se le efectuaron las siguientes pruebas:

TABLA COMPARATIVA

Pulque Natural.

Densidad: 1.0057 $\frac{g}{cm^3}$ Usando picnómetro SAYBOLT.

: 2.2 $\frac{g}{cm^3}$ Usando densímetro.

Sólidos: 2.13 $\frac{gramos}{100c.c.}$ empleando estufa a 100°C.

Viscosidad: 0.0127 $\frac{dinaxseg}{cm^2}$ Viscosímetro OSTWALD a 24°C.

Xastle al 50. día.

Densidad: 6 $\frac{g}{cm^3}$ usando densímetro.

: 5.4 $\frac{g}{cm^3}$ usando picnómetro SAYBOLT.

Sólidos

Totales: 5.7 $\frac{gramos}{100c.c.}$ utilizando estufa a 100°C.

Viscosidad: 0.067 $\frac{dinaxseg}{cm^2}$ Viscosímetro OSTWALD a 24°C

Litros de Xastle: 4.200

Operación de Secado.

Estos 4 litros con 200 c.c. se procesaron en el Secador -- Swenson. Para efectuar este secado se siguieron los siguientes-pasos:

- 1).- Se cierra todo el sistema.
- 2).- Se conecta la línea principal de fuerza eléctrica.
- 3).- Se fija la temperatura del aire de secado.

Operación

Se cargó el tanque de alimentación, del equipo de aspersion con estos 4.200 litros, una vez que la temperatura del aire de - secado se alcanzó se abre la válvula del aire de atomización y - después se abre la llave de vidrio para dejar pasar el Xastle - y se abre la válvula de alimentación, estas válvulas tienen sus respectivas válvulas reductoras para fijar las condiciones de -- presión.

Datos de Operación:

Litros de Xastle alimentados:	4.200 litros
Temperatura del aire de secado:	149°C.
Presión de alimentación:	1.406 $\frac{Kg}{cm^2}$
Presión de atomización:	2.109 $\frac{Kg}{cm^2}$
Temperatura del aire de salida:	102°C.
Temperatura bulbo humedo:	14.4°C.
Temperatura bulbo seco:	18.2°C.
Temperatura de alimentación:	16°C.

Resultado:

El resultado de este secado fué que no se obtuvo Xastle seco.

22. Pruebas

A 4 garrafones de vidrio se le añadieron 40 litros a cada uno de pulque con 710 p.p.m. de SO_2 y al resto se le añadió CO_2 y se taparon herméticamente.

La partícula sólida en suspensión del pulque se asentó durante 10 días, se extrajo por decantación cuidadosamente. A este Xastle se le efectuaron las siguientes pruebas:

Xastle:

Densidad: 11.511 $\frac{grs}{cm^3}$ Usando picnómetro SAYBOLT

12.4 $\frac{grs}{cm^3}$ Usando densímetro.

Sólidos: 12.3 $\frac{gramos}{100c.c.}$ a la estufa.

Viscosidad: 0.1326 $\frac{dinacxseg}{cm^2}$ viscosímetro OSTWALD a 24°C.

El Xastle obtenido fué de 8 litros.

Se procedió al secado en el equipo de aspersion "Swenson" que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química de esta Facultad.

Operación

Se cargó el tanque de alimentación con 8 litros de Xastle, se calentó el equipo hasta que las condiciones del aire de secado se alcanzaron, se regularon con las válvulas reductoras de presión del aire de alimentación y atomización; se abrió la válvula de atomización, en seguida la válvula de alimentación, se-

observó que no se tapara la esprea y que la llave del agua de enfriamiento de la boquilla estuviera abierta.

Las condiciones de operación son las siguientes:

Litros de Xastle alimentados: 8 litros.

Temperatura del aire de secado: 121°C.

Presión de alimentación: 20 $\frac{\text{Lb}}{\text{in}^2}$ 1.975 $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

Presión de amortización: 1.957 $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

Temperatura de salida del aire: 80°C.

Temperatura bulbo húmedo: 14.8°C.

Temperatura bulbo seco: 21°C.

Tiempo de secado: 2 Horas.

Temperatura de alimentación solución: 20°C.

Se obtuvo 735 gramos de Xastle después de secarlo.

Cálculos del Rendimiento:

1 Litro de Xastle tienen _____ 123.2 gramos.

8 Litros de Xastle tendrán _____ X

$$X = 123.2 \times 8$$

$$X = 9.856 \text{ gramos de Xastle}$$

$$X = 74.5 \% \text{ RENDIMIENTO}$$

Pruebas de Rehidratación:

A cierta cantidad en gramos de pulque seco por sedimentación se le agrega agua soda electro-pura o agua mineral y alcohol.

Los alcoholes que se le añaden al pulque seco son: Alcohol de caña, Tequila, mezcal de gusano y Brandy.

Rehidratación de:

Pulque seco por Sedimentación:

3grs. de pulque se disuelven agitando, con 50 c.c. de agua soda electro-pura se le agrega 5 c.c. de Alcohol de caña y --- 45 c.c. de agua soda electro-pura para completar un volumen de 100 c.c.

Con estas mismas cantidades y en el mismo orden anterior - de pulque y agua soda electro-pura se le añadió: Mezcal de gusano, Brandy y Tequila.

Para calificar estas pruebas de rehidratación se escogió - una escala arbitraria de uno a cuatro siendo el resultado el si guiente:

	Alcohol añadido c.c.	Escala 1 á 4
Pulque seco con 12% de Sólidos To- tales.	BRANDY	3
	TEQUILA	3
	MEZCAL DE GUSA NO	2
	ALCOHOL DE CAÑA	4

IV Concentración por Evaporación

A.- REACTOR UNIVERSAL

a.- Descripción del Equipo.-

El Reactor que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química es el modelo L 10 construido por Brighton Copper Works-Inc, adaptado para nuestro caso para evaporar el agua y alcoholes superiores del polo y concentrarlo de esta manera.

A continuación se describen las partes principales del equipo:

- 1.- Reactor
- 2.- Sistema de calentamiento
- 3.- Sistema doble de condensadores
- 4.- Tanques de vidrio
- 5.- Tanque de almacenamiento
- 6.- Tablero de control
- 7.- Bomba de vacío
- 8.- Sistema de agitación
- 9.- Instrumentación

1.- El Reactor es de acero inoxidable tipo 304, la cual tiene una capacidad de 50 litros, ésta se carga por la parte superior (2), y se descarga por la parte inferior (2) por medio de una válvula de globo.

2.- El sistema de calentamiento es por medio de resistencias eléctricas que se encuentran a su alrededor.

3.- El Reactor tiene dos condensadores de 1 metro de altura de 12cm. de diámetro exterior, es de acero tipo 304 con chaqueta de agua de enfriamiento (1).

4.- Los tanque de vidrio son dos (B) con una capacidad cada uno de 4 litros, estos al llenarse se descargan a un tanque de almacenamiento.

5.- Este tanque de almacenamiento (C) se encuentra debajo de los dos tanques de vidrio, es de acero inoxidable tipo 304 con una capacidad de 20 litros, consta de un nivel de vidrio al frente (5) y una llave de globo en la parte inferior por donde se descargan (4).

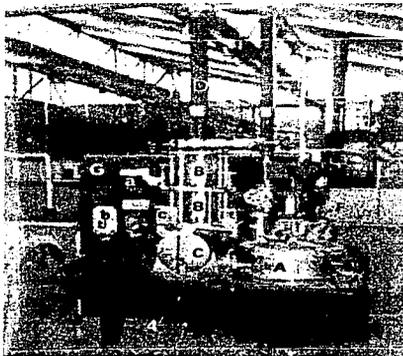
6.- El tablero de control consta de:

- a).- Control indicador de temperatura de 0°C á 320°C.
- b).- Interruptor para la bomba de vacío.
- c).- Interruptor del sistema de agitación.

7.- La bomba de vacío es de 1/2 HP la cual se encuentra en la parte posterior del tablero de control.

8.- El Reactor cuenta con un sistema de agitación de aspas dobles en acero inoxidable, a este agitador central (E) se pueden regular las R.P.M. de acuerdo con las características del producto.

9.- A parte del tablero de control cuenta con un vacuómetro de 0 a 25 mm. Hg. que se encuentran en la parte superior del Reactor.



b) Operación

Se carga por la parte superior (2) el reactor con 40 litros de pulque.

Se cierra el sistema de alimentación (2) herméticamente.

Se encienden las resistencias eléctricas y se fija la temperatura de operación en el control registrador de temperatura que se encuentran en el tablero (9).

Se conecta la bomba de vacío la cual da una presión reducida entre 15 á 18mm. de Hg. (b).

La agitación a que se somete el pulque está dada por medio de un agitador de dobles aspas.

Una vez que se alcanza la temperatura de evaporación del agua y ciertos alcoholes superiores, éstos se condensan (D) por medio de un refrigerante.

El pulque concentrado se descarga por la parte inferior del reactor (3).

- A Reactor
- B Tanques de vidrio
- C Tanque de acero
- D Refrigerante
- E Agitador
- F Manómetro Indicador
- G Tablero de control
 - a Control indicador temperatura
 - b Interruptor agitador
 - c Interruptor Bomba de vacío
- 1 Agua de enfriamiento
- 2 Alimentación
- 3 Válvula de descarga
- 4 Válvula de descarga
- 5 Nivel de vidrio
- 6 Mesa de vidrio

c.- Condiciones de Operación del Reactor.-

Litros de pulque alimentados 200 litros.

Litros de agua y alcoholes aromáticos evaporados 180 litros.

Temperatura de operación entre 65 a 70°C.

Vacío de 16 a 18 mm. Hg.

Agua y alcoholes aromáticos evaporados a razón de 4 a 5 litros por hora.

Silicón antiespumante 1 ml/1 litro de pulque.

Agitación bastante enérgica.

Concentración final de sólidos totales 12.5%.

El pulque concentrado se descargó por la parte inferior de Reactor y se procedió a secar estos 20 litros en el equipo de Aspersión "Swenson" que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería.

Operación

OPERACION DEL EQUIPO SWENSON.

Se cargó el tanque de alimentación del equipo de aspersión con 15 litros de pulque concentrado, por el Reactor, se calentó por medio de sus resistencias eléctricas el equipo hasta que las condiciones del aire de secado fueron las requeridas, se regularon con las válvulas reductoras de presión el aire de alimentación y de atomización, se abrió primero la válvula atomizadora y enseguida la válvula de alimentación, se observó que no se tapara la espesa y que la llave del agua de enfriamiento de la boquilla atomizadora se encontrara abierta.

TABLA DE OPERACION DEL EQUIPO POR ASPERSION.

Volumen Alimentado Lts.	t_a °C	P_{al} Kg. cm ²	P_{at} Kg. cm ²
20	80	1.406	2.109

t_a = Temperatura de alimentación del aire.

t_s = Temperatura de salida P_{at} = Presión de atomización.

P_{al} = Presión de alimentación.

Resultado

El pulque concentrado al secarse se pegó totalmente en la cámara y ductos del equipo. No hay rendimiento.

B.- EVAPORACION INSTANTANEA (FLASH)

Cuando una o más sustancias al estado líquido llegan con una mayor temperatura a un recipiente el cual está al vacío, se efectúa una evaporación instantánea llamada evaporación "Flash".

Por lo anterior se deduce que si llega el pulque a un matraz con cierto vacío se logra una evaporación "Flash", las partículas sólidas del pulque se depositarán en éste matraz, y el agua y ciertos alcoholes aromáticos se evaporarán los cuales pasan al refrigerante, ver Fig. (2A) en el cual se condensan.

DESCRIPCION Y OPERACION DEL EQUIPO

Para efectuar esta 2a. prueba se montó un equipo el cual consta de las siguientes partes:

- (1) Refrigerante de tubos dobles.
- (2) Línea de vapor.
- (3) Matraz redondo de 20 litros.
- (4) Refrigerante.
- (5) y (6) Matraces Kitasato.
- (7) Bomba de vacío.
- (8) Sistema de Atomización.
- (9) Tanque de almacenamiento

(1) El refrigerante, de vidrio, con tubos dobles en forma de serpentín en el interior y de pared gruesa se utilizó para que por medio de vapor sobre-calentado calentar el pulque que casi llenaba el refrigerante y así aumentar la temperatura de aproximadamente 20°C hasta 85°C.

(2) En la línea de alimentación del vapor se le coloca un manómetro y una llave de globo para controlar la cantidad de vapor el cual no debe de exceder de $5 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$.

(3) A este matraz se le hizo llegar, el pulque caliente, por medio de un tubo de plástico flexible. En la parte central dentro del matraz se introdujo un tubo de vidrio grueso en cuyo extremo se le colocó una espesa de material plástico acrílico. Esta espesa (8) se construyó en el Laboratorio de esta Facultad. El orificio de salida es muy pequeño, con el objeto de efectuar aquí la concentración por medio de la evaporación "Flash".

(4) El agua evaporada, del pulque, pasa a través del refrigerante de 75cm. de largo en forma de rosario, en el cual se condensa.

(5) y (6) Una vez condensada, el agua, pasa a estos matraces Kitasato.

(7) El vacío se obtuvo por medio de la bomba la cual se reacondicionó para nuestro caso.

(9) Tanque de almacenamiento de pulque de 50 litros .

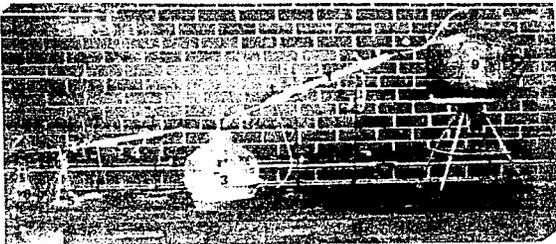


FIG. 2A

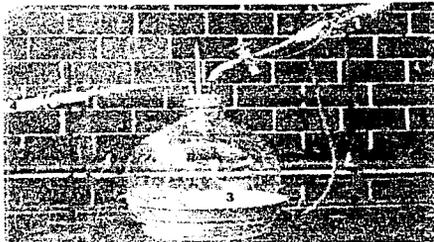


FIG. 2B

c) Resultados

- 1^a.- No se logra concentrar pulque en el matraz de 20 litros.
- 2^a.- La evaporación "Flash" es muy lenta porque:
 - a).- Está limitada por el vacío.
 - b).- Está limitada por el diámetro del orificio del sistema de atomización.
 - c).- Los litros de pulque que logra calentar el refrigerante son muy pocos.
 - d).- El vapor sobre calentado que circula por el serpentín no se pueden aumentar más de 5 $\frac{Kg}{cm^2}$.

- 3^a.- No se puede aumentar, empleando un solo paso, la concentración 10 veces.
- 4^a.- Hay arrastre de sólidos en el agua evaporada.
- 5^a.- Se condensa agua y alcoholes en el matraz de 20 litros.

C.- EVAPORACION DOBLE EFECTO

De acuerdo con las características de los productos alimenticios que requieren un proceso de evaporación y considerando al pulque, por lo expuesto anteriormente, como un producto alimenticio (12) se tienen que utilizar equipos que no contaminen al producto y además como característica fundamental es la de que su tiempo de estancia sea el menor.

Para efectuar la concentración del pulque por este método - se modificó el equipo para nuestros fines. Sólo se empleó un - solo efecto el de los tubos verticales largos con recirculación forzada, por medio del eyector se logró que la temperatura de - operación fuera la más baja posible.

Descripción

a.- Descripción del Equipo.-

El evaporador de doble efecto que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Química de esta facultad está constituido - por las siguientes partes.

Solo describiremos la parte del equipo que se utilizó para - lograr la concentración.

- I.- Sistema de Alimentación.
- II.- Sistema de Calentamiento.
- III - Tubos Verticales Largos.
- IV.- Equipo de Recirculación.
- V.- Sistema de Condensación.
- VI.- Instrumentación.
- VII.- Equipo Accesorio.

A continuación se describen las partes anteriores.

I.- Sistema de Alimentación.-

El equipo consta de un tanque de alimentación de 300 litros el cual por medio de una bomba y una red de tuberías de acero inoxidable, alimenta al equipo por la parte inferior como se muestra por (E) la fotografía adjunta.

II.- Sistema de Calentamiento.-

El calentamiento se efectúa por medio de vapor sobrecalentado. Este vapor es llevado desde la caldera hasta el equipo por medio de una red de tubería la cual tiene antes del Sistema del Doble Efecto dos válvulas de bloqueo (2), (3). El vapor circula por fuera de los tubos largos verticales entra por (4) y sale por (5), después de que se condensa se almacena en unos tanques (D) y el agua es recirculada a la caldera.

III.- Tubos verticales largos.-

Estos tubos son 5, de acero tipo 304 de 12cm. de diámetro interior y de 1.20 m. aproximadamente de longitud, éstos se encuentran en la misma unidad integral de calentamiento según letra (B) de la fotografía adjunta.

IV.- Equipo de Recirculación.-

Esta unidad de evaporación cuenta con un sistema de recirculación, en el cual los vapores no condensados regresan a la parte inferior (C) los cuales son recirculados por medio de una bomba de 1 H.P. (6).

V.- Sistema de Condensación.-

Los vapores circulan por una red de ductos (E) los cuales llegan al condensador barométrico. Aquí se condensan y por medio de un sistema de tubería son descargados a unos tanques de almacenamiento.

VI.- Instrumentación.-

Indicador registrador de temperatura circular marca Honey -
Well.

Un Vacuómetro.

Dos Manómetros.

VII.- Equipo Accesorio.

1ª.- Caldera.

2ª.- Eyector.

b.- Operación.-

Condiciones de Operación.-

Volumen 250 litros, en 3 cargas.

Densidad inicial del pulque 1.0044 (densímetro).

Sólidos totales 2.5% (por desecación).

Temperatura de operación: mínima 66°C.

máxima 89°C.

Presión de vapor en el eyector 3.5 $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

Presión de vapor de calentamiento 8 $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$

El inconveniente más serio para lograr la evaporación del pulque fué la de su espuma que se producía durante la operación, para evitar esto se emplearon varios anti-espumantes en diferentes proporciones hasta obtener aquél que servía a nuestros fines.

La emulsión de silicón antiespumante que se empleo fue de 0.75 ml/litro de pulque del N° L35.

Tiempo de operación : 2 horas 45 minutos.

Densidad del pulque después de concentrado 13 $\frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3}$ (densímetro)

Número de litros concentrados finales 25 litros aproximadamente.

b) Operación

1ª.- Se carga el evaporador con pulque natural hasta la mitad del nivel indicador (1) siendo su volumen de carga de 60 litros.

2ª.- Se cierra la válvula de carga y se abren las dos válvulas de bloqueo de la línea de vapor (2) (3). El vapor sobre calentado no debe de ser mayor de $10 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$ el cual se regula con una de las válvulas.

3ª.- Se conecta la bomba de recirculación forzada (6).

4ª.- Se trabaja con vacío por medio de un eyector siendo la presión de vapor de 3 á 4 $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$, para lo cual se abre la válvula reductora de presión así como también la válvula del agua de enfriamiento.

5ª.- Una vez que se alcanza un vacío de 18mm. Hg., se empieza a evaporar el agua y alcoholes aromáticos que contiene el pulque, la condensación tiene lugar en el condensador barométrico, es estos son descargados al exterior por medio de una red de tuberías de acero inoxidable.

6ª.- La concentración del pulque se efectuó en forma de gas, el pulque concentrado se descarga por la parte inferior del equipo (3).

Operación del Equipo de Aspersión "Swenson" que se encuen--
tra en la Facultad de Química.

1º.- Los 25 litros que se obtuvieron de la concentración por
evaporación del Doble Efecto se cargan en el tanque de alimenta
ción del equipo.

2º.- Se conecta el número necesario de bancos de resisten--
cias eléctricas de acuerdo con la temperatura de operación.

3º.- Se abren las válvulas de la presión de atomización y --
de alimentación y por medio de las válvulas reductoras de pre--
sión se fijan las condiciones de proceso.

4º.- Se abre la válvula del agua de enfriamiento para la --
esprea atomizadora.

Resultados

1º.- Es necesario utilizar un atiespumante.

2º.- Se requiere un volumen de 25 litros cuando menos para--
que llene en su totalidad la parte exterior de los tubos verti--
cales largos del evaporador.

3º.- El equipo por encontrarse sucio contaminó el pulque.

4º.- El pulque sirve como desincrustante por lo que su co--
lor pasó de blanco a café claro.

5º.- Al secarse en el equipo de aspersión se pegó el pulque
en la cámara y en los ductos del equipo no obteniéndose produc--
to.

Litros Alimentado	t_a °C	P_{al} Kg. cm ²	P_{at} Kg. cm ²	t_s °C	Densidad P	Observaciones
25	121	1.406	2.109	102	12.5	Se pegó el pulque en la cámara y ductos - del equipo.

t_a = Temperatura de alimentación del aire.

P_{al} = Presión de alimentación.

P_{at} = Presión de atomización.

t_s = Temperatura de salida del aire.

P = Usando Picnómetro.

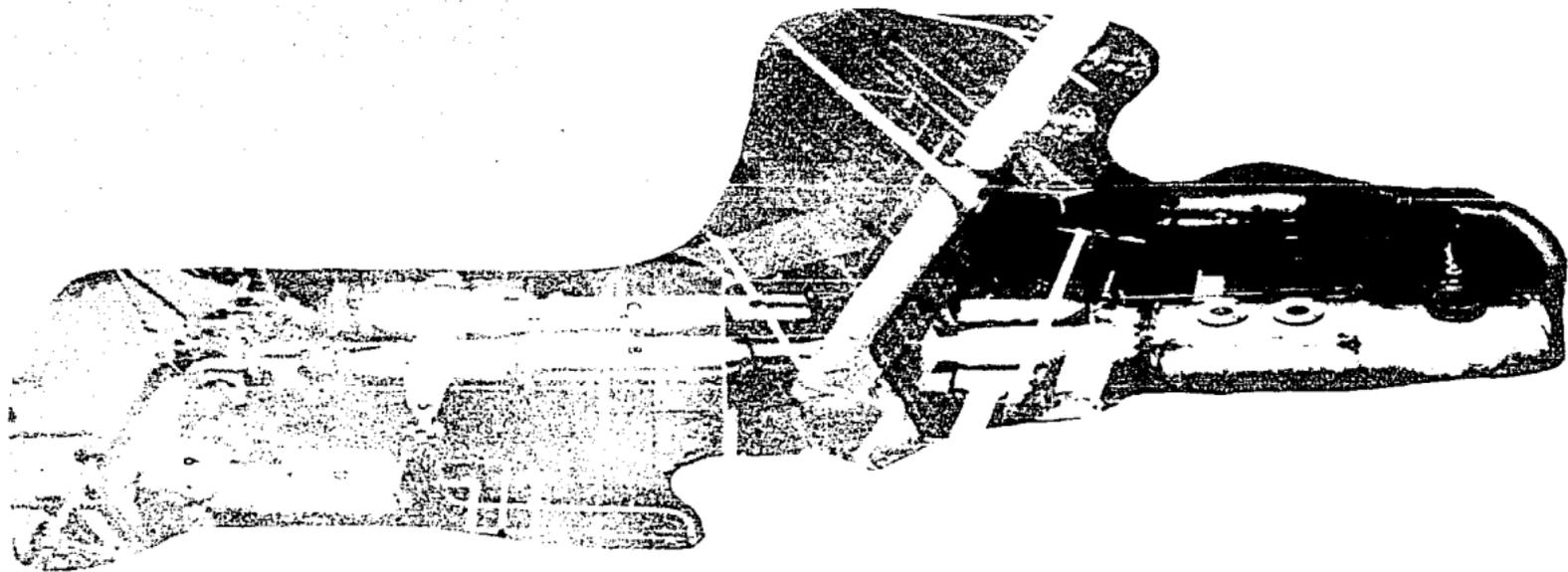
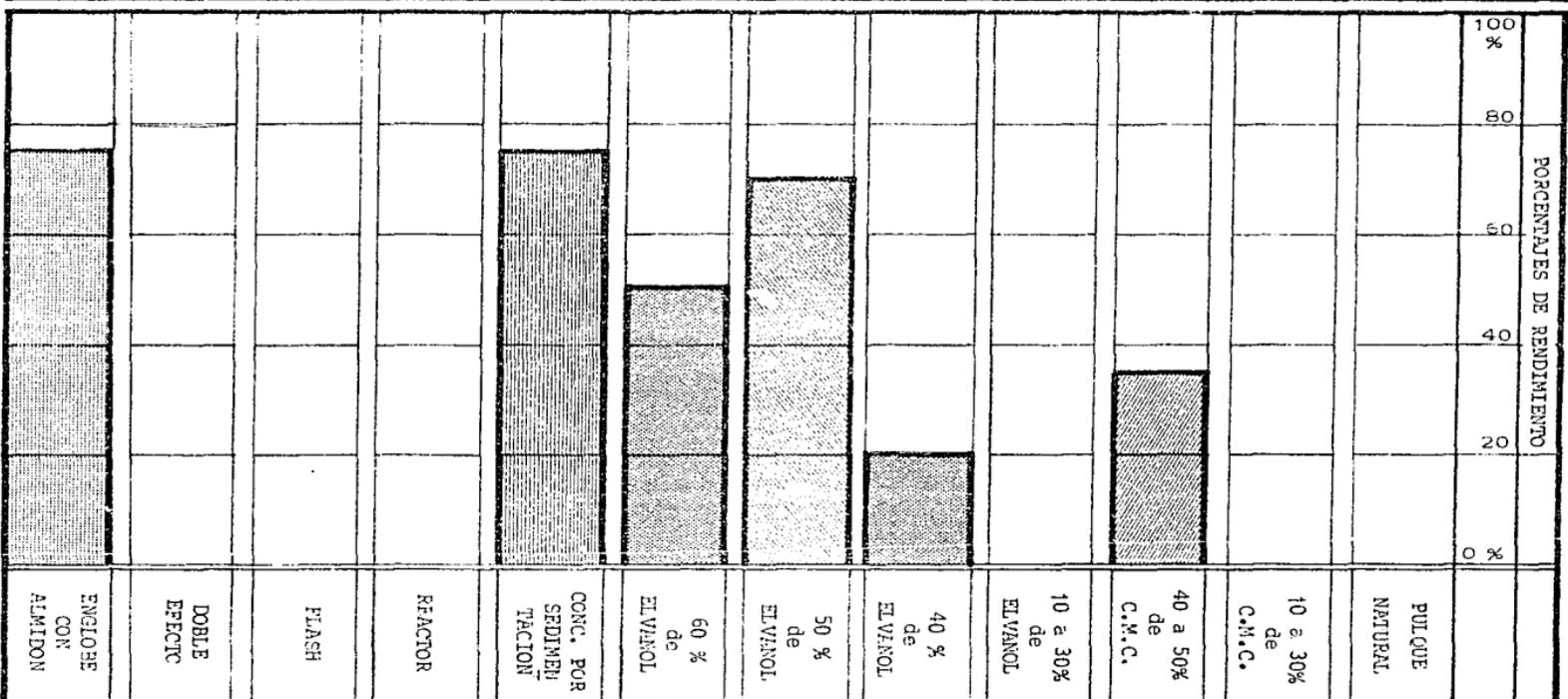


TABLA COMPARATIVA DE LOS FERDIMIENOTOS OBTENIDOS EN EL SECADOR SWENSON
 DE LOS DIFERENTES METODOS EMPLEADOS PARA LA CONCENTRACION DE
 PULQUE.



PRUEBAS DEL CONTROL DE CALIDAD DEL PULQUE REHIDRATADO CON CARGA
DE ALMIDON

	DENSIDAD $\frac{\text{gramo}}{\text{cm}^3}$	VISCOSIDAD Centipoises (a 24°C)	pH	TENSION SUPERFICIAL $\frac{\text{dinæ}}{\text{cm}}$
(a) Pulque Natural	1.0044 _a 22°C	0.0125 _a 24°C	4.4 _a 20°C	53.0 _{16.6°C}
(b) Pulque sulfitado	1.0028	0.01141 _a 24°C	4.0 _a 19°C	42.53 _{19°C}
(c) Pulque rehidra-- tado.	1.1805 _a 17.2°C	0.01583 _a 18°C	5.1 _a 19°C	53.8 _a 16.6°C

a.- OTUMBA, Hidalgo México.

b.- 650 p.p.m. de SO₂.

c.- 8 gramos de pulque con carga de almidón más 96 c.c. de agua natural más 4 c.c. de Alcohol de Caña.

Cálculo de la Presión Osmótica del pulque rehidratado a --
partir del abatimiento de su punto de congelación.

$$\pi = \frac{1000 H_s}{24.22} \cdot \frac{\Delta T_c}{T} \quad \text{referencia (8)}.$$

π = presión osmótica.

H_s = calor latente de fusión en $\frac{\text{cal}}{\text{gramo}}$ a T de congelación.

ΔT_c = abatimiento del punto de congelación.

Sustituyendo valores:

$$\pi = \frac{1000 \times 79.8 \frac{\text{cal}}{\text{gr.}} \times 0.04129 \frac{\text{lit. atm}}{\text{cal}}}{1000 \times 0.060 \frac{\text{mol}}{\text{gr.}} \times 22.414 \text{ litros} \times 18 \frac{\text{gr}}{\text{gr-mol}}} \cdot \frac{2^\circ\text{C}}{2^\circ\text{C}}$$

$$\pi = \frac{1000 \times 3.29494}{1000 \times 24.217}$$

$$\pi = \frac{3.29494}{24.22} = 0.1360 \text{ atmósferas.}$$

PRESION OSMOTICA DEL PULQUE REHIDRATADO

$$\pi = 0.1360 \text{ atm.}$$

Cálculo de la Presión de Vapor del pulque rehidratado a partir de su presión osmótica.

$$p^{\circ} = \frac{P}{\frac{\Pi M}{SRT}}$$

referencia (8).

p° = presión de vapor del solvente puro.

p = presión de vapor de la solución.

Π = presión osmótica.

M = peso molecular del solvente.

S = densidad del solvente.

R = constante de los gases.

T = temperatura.

Sustituyendo valores:

$$p^{\circ} = \frac{0.04502 \text{ atm}}{0.1360 \text{ atm} \times 78 \frac{\text{gramo}}{\text{mol}}}$$

$$p^{\circ} = \frac{0.0017805 \frac{\text{gr}}{\text{lit}} \times 0.0815 \frac{\text{lit-atm}}{\text{grado K-mol}} \cdot 290^{\circ}\text{K}}{}$$

$p = 0.04502 \text{ atm.}$

88°F TABLA DE PRESION DE VAPOR referencia (10).

$$p^{\circ} = \frac{0.04502}{362} = 0.001245 \text{ atm}$$

PRESION DE VAPOR DEL PULQUE REHIDRATADO

$p^{\circ} = 0.001245 \text{ atm.}$

CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO DE PRODUCCION.

Teniendo en cuenta que el producto es nuevo en el mercado su consumo no se podrá precisar sin antes considerar varios factores. Para calcular el costo unitario supondremos que se producen mensualmente 10 Ton. de pulque seco. En base de esto se determinan los siguientes costos.

A).- COSTOS DIRECTOS.

El equipo utilizado que reúne las condiciones necesarias y la capacidad deseada según referencias de la casa comercial Equipos de Procesos, S.A., y de acuerdo con la bibliografía (14), tienen un costo de \$ 1,250,000.00 M.N., sin incluir instalaciones.

Instalación:

Considerando la instalación del equipo en 10% resulta un total de \$ 1,375.000.00 o sea que en cifras redondas de -----
\$ 1,400.000.00.

B).- COSTOS DE OPERACION.

a.- MANO DE OERA.

Se consideró que se atrabajan tres turnos y en cada turno 2 obreros. Por lo tanto suponiendo un sueldo mensual de \$ 1,500.00 por obrero, suman un costo mensual por mano de obra de - - - - -
\$ 9,000.00.

b.- ENERGIA ELECTRICA.

De la literatura suministrada por la casa comercial en referencia se tomaron los siguientes datos. Se necesita 0.17 Kwh/Kg de agua evaporada por hora, siendo el costo del Kwh de \$0.42 dan un total de \$ 4,173.12 por mes.

c.- COSTO DEL AGUA.

Se estimó que para lavar y enfriar la espesa se necesitan 1000 m³ de agua por mes, a razón de \$ 0.85 m³, dando un total de \$ 850.00 mensuales.

d.- COSTO DE LA MATERIA PRIMA.

El costo de la materia prima para producir 1Kg de pulque seco es de \$ 21.00, considerando que para obtener un Kg se requieren 15 litros de pulque natural.

El costo del pulque natural necesario para las 10 toneladas de pulque seco es de \$ 336,000.00 al mes.

c).- COSTOS DIRECTOS.

a.- MANTENIMIENTO.

En el mantenimiento se incluyen el tiempo fuera de servicio por reparaciones, refacciones etc. Se considera, de acuerdo con la casa comercial Equipos de Proceso, S.A., un 5% de la inversión fija durante 30 días de trabajo.

$$\frac{1,4000,000.00 \times 0.05}{30} = \$ 2,000.00$$

b.- Amortización.

Para esta clase de equipo de secado de acuerdo con la Ley se estima que se amortiza en 10 años. Para calcular la amorti-

zación mensual tenemos:

$$\frac{1,400.00 \times 0.10}{12} = \$ 1,168.00$$

c.- DEPRECIACION MENSUAL DEL EQUIPO.

El plazo de la depreciación se considera de 10 años.

$$\frac{1,400.00 \times 0.10}{12} = \$1,168.00$$

EL COSTO TOTAL del producto será la suma de los costos de Operación y de los Indirectos.

$$\begin{aligned} \$ 350,023.12 + \$ 2,000.00 + \$ 1,168.00 + \$ 1,168.00 = \\ = \$ 354,359.12 \end{aligned}$$

EL COSTO DE UN KILOGRAMO DE PULQUE se obtiene dividiendo el costo total entre la producción mensual que es de 10 000 Kg.

$$\frac{\$ 354,359.12}{10,000} = 35.45/\text{Kg.}$$

EL COSTO DE UN LITRO DE PULQUE REHIDRATADO TENIENDO EN CUENTA que para obtener un kilogramo de pulque seco se necesitan 15 litros de pulque natural. Se estimó que el costo de un litro de pulque rehidratado es \$ 3.00.

DETERMINACION DEL COSTO DE PRODUCCION DE
PULQUE SECO PARA 10 TONELADAS MENSUALES

B).- COSTOS DE OPERACION.

a.- Mano de Obra.	\$ 9,000.00	
b.- Energía Eléctrica.	4,173.12	
c.- Agua.	850.00	
d.- Materia Prima.	336,000.00	
		\$ 350,023.12

C).- COSTOS INDIRECTOS.

a.- Mantenimiento.	\$ 2,000.00	
b.- Amortización.	1,168.00	
c.- Depreciación.	1,168.00	
		\$ 4,336.00

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO \$ 354,359.12

COSTO DE UN KILOGRAMO DE PULQUE SECO $\frac{\$ 354,359.12}{\text{Kg } 10,000} = 35.45 \text{ Kg.}$

COSTO DE UN LITRO DE PULQUE REHIDRATADO \$ 3.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I.- El objetivo de ésta TESIS fué el de obtener pulque seco; así como también su rehidratación.

II.- Para esto se efectuaron las siguientes experiencias:

a).- Se sedimentó la partícula sólida en suspensión del pulque y se observó:

1ª.- El tiempo que tarda la partícula en depositarse es muy largo.

2ª.- La concentración debe de ser de más de 10 veces con respecto de la original.

3ª.- Permanece cierta partícula en suspensión que no se logra sedimentar.

b).- Se utilizó un equipo de evaporación "Flash" pero no se logró su objetivo debido a que:

1ª.- No se aumenta la concentración del pulque.

2ª.- El vacío, orificio de espuma, temperatura de calentamiento, y vapor de sobre-calentamiento no son los adecuados.

c).- Se aumentó la concentración con el Reactor de Procesos Múltiples pero al secarse no se obtuvo producto debido a que:

1ª.- Al evaporarse el agua y alcoholes superiores lo hacen muy lentamente.

2ª.- El tiempo de permanencia del pulque en el reactor es muy grande.

3ª.- Hay una caramelización del producto al concentrarse.

4ª.- El pulque concentrado se pega en el equipo de aspersión.

d).- En el evaporador de doble efecto de tubos verticales-largos se observó que:

1ª.- Para concentrar pulque se tienen que hacerlo en cargas.

2ª.- Se aumenta la concentración más de 10 veces.

3ª.- Se pega el pulque concentrado en las paredes de la cámara del equipo de Aspersión.

4ª.- Es necesario utilizar un antiespumante.

III.- Empleándose carga para englobar la partícula sólida-en suspensión del pulque.

Con carga de Carboxi Metil Celulosa se observó:

1ª.- Con cargas de 1 a 5% no se logra englobar la partícula.

2ª.- El rendimiento una vez secado es de menos de 50%.

3ª.- Para englobar la partícula y obtener más de un 50% de producto seco se necesita triplicar la carga con respecto a los sólidos totales del pulque:

Con carga de Alcohol Polivinílico se observó:

1ª.- Se necesita más de 6% de carga para englobar la partícula.

2ª.- Su rendimiento al secarse es de menos de 50%.

Con carga de Almidón de papa se observó:

1ª.- Se necesita un 50% de carga para englobar la partícula sólida del pulque.

2ª.- El rendimiento es de 75% una vez seco.

IV.- PRUEBAS ORGANOLEPTICAS.-

Para efectuar esta prueba se pesaron cierta cantidad de -- pulque con cargas de, Carboxi-Metil Celulosa, Alcohol Polivinílico y Almidón de papa.

Se observó que en las dos primeras pruebas el pulque rehidratado perdía sus principales propiedades organolépticas primordialmente su sabor, así como también su falta de cuerpo.

En cambio en la rehidratación de pulque con carga de almidón de papa se observó que su sabor y su olor se conservaban, -- mejorándolo con alcohol de caña.

En la rehidratación de pulque con almidón, con refrescos -- de sabores de piña y de naranja se obtiene una bebida refrescante que pudiera o no estar alcoholizada, la cual es de muy buen sabor.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-- A.J. AMOS and A.E. BILLINGTON. Food Industries Manual. -- LEONARD HILL, BOOKS, Limited. Great Britain 1962.
- 2.-- BLEDT MILKOUSI CARLOS. Estudio Experimental de un Secador por ASPERSION (TE-SIS) México, D.F. 1960.
- 3.-- Mc. CABE and SMITH. Unit Operations of Chemical Engineering. Mc. Graw-Hill Book Co, Inc. New York, - 1956.
- 4.-- E. J. CROSBY and W.R. MARSHALL JR. Spray dryer for Product de velopment. Studies Vol. 54 347-52 Chemical Engineering Press 1957.
- 5.-- DU PONT. POLYVINYL ACOHOL.-- ELVAVOL. FOLLETO INFORMATIVO 3a. Edición 1961.
- 6.-- GLASSTONE SAMUEL. Textbook of physical Chemistry 2th Ed. 11 PRINTING D. VAN NOSTRAND COMPANY -- INC. New Jersey., 1956.
- 7.-- GONÇALVES DE LIMA OSWALDO El maguey y el pulque. Fondo de cultura Económica. - México, D.F. 1956.
- 8.-- V. KIREEV. Curso de Físico-Química Editorial Cartago Buenos Aires 1959.

9.- LOPEZ SNELL CALO.

Estudio de los Principales Aspectos Químicos del Aguamiel. Tesis 1957. F.Q.

10.- PERRY, J.H.

Chemical Engineers Handbook 4th ED. Mc. Graw Hill Book Co, Inc, New York 1963.

11.- PERSONAL DOCENTE Y PASANTES.

Manual de Ingeniería Química. Escuela Nacional de Ciencias Químicas. México-D.F. 1964.

12.- UNION CARBIDE MEXICANA.

Comunicación privada con los representantes. 1966.

13.- ARTURO VELARDE DONDE.

Tratado de Técnica Física. 3a. edición México, D.F. 1956.

14.- ROBERT ARIES and C. NEWTON.

Chemical Engineers Cost Mc. Graw Hill Book Co., Inc. New York 1964.