



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES - CUAUTITLAN

**"EVALUACION DE LA CLARIFICACION DEL JUGO
DE TUNA POR MEDIO DE LA FILTRACION".**

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO EN ALIMENTOS

p r e s e n t a

Sonia Judith Carrera Rodríguez

Director: **IBQ. FERNANDO BERISTAIN**

Asesor: **QFB. JOSE LUIS RUIZ GUZMAN**



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 está 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.

INDICE.

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
1.0 OBJETIVOS	4
2.0 GENERALIDADES	5
2.1 CLASIFICACION BOTANICA DEL NOPAL	6
2.2 CARACTERISTICAS DE LA FRUTA	6
2.3 REPRODUCCION	10
2.4 LUGARES DE DESARROLLO DEL NOPAL	10
3.0 FILTRACION DEL JUGO DE TUNA	13
3.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL	14
3.2 FILTRO AYUDAS EMPLEADOS	17
3.3 EQUIPO	19
3.3.1 OBTENCION DEL JUGO	19
3.3.2 FILTRACION A VACIO	19
3.3.3 FILTRACION EN EQUIPO PILOTO	19
3.4 PROCEDIMIENTO	28
3.4.1 OBTENCION DEL JUGO	28
3.4.2 FILTRACION A VACIO	28
3.4.3 FILTRACION EN EQUIPO PILOTO	30
3.5 PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR TIPO Y CANTIDAD DE FILTRO AYUDA	34
4.0 MATERIALES Y METODOS DE ANALISIS	38
4.1 MATERIA PRIMA	39
4.2 MATERIAL Y EQUIPO	39
4.3 METODOS DE ANALISIS	39

5.0	RESULTADOS Y DISCUSION	44
5.1	GENERALES	45
5.2	FILTRACION A VACIO	50
5.3	FILTRACION EN EQUIPO PILOTO	84
6.0	CONCLUSIONES	95
6.1	GENERALES	96
6.2	PARTICULARES	96
6.3	RECOMENDACIONES	100
7.0	ANEXOS	101
7.1	ANALISIS MATEMATICO PARA PRUEBAS CON FILTRO AYUDA	101
7.2	ESPECIFICACIONES DE ALGUNOS PAPELES FILTRO	103
7.3	PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE ALGUNAS TIERRAS DE DIATOMEAS	104
7.4	APLICACIONES DEL HYFLO SUPER-CEL EN LA INDUS <u>T</u> TRIA DE ALIMENTOS	105
7.5	APLICACIONES DEL STANDARD SUPER-CEL EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	106
7.6	SIMBOLOGIA EMPLEADA	107
8.0	BIBLIOGRAFIA	108

RESUMEN.

Para obtener un jarabe de tuna es necesario partir de un jugo claro y brillante; para ello se realizó en este trabajo un estudio de la clarificación del jugo de tuna por medio de la filtración por filtro prensa.

Después de obtener el jugo, se evaluó su pH, viscosidad, contenido de sólidos en suspensión y densidad.

Como no fué posible la filtración del jugo solo, fué necesario llevar a cabo pruebas preliminares y básicas con filtro ayudas a presiones de vacío para seleccionar el papel filtrante, el tipo de filtro ayuda y la dosificación de filtro ayuda en una primera y segunda filtración.

La selección del papel filtrante se hizo entre el US-917 y el US-933. Los filtro ayudas probados fueron el STANDARD SUPER-CEL, el HYFLO SUPER-CEL y el FIBRACEL 7 F.

Las mejores condiciones así obtenidas se probaron en el sistema piloto de filtración (prensa de placas y marcos) con que cuenta la Facultad (FESC-UNAM), al cual fué necesario proponer modificaciones en su arreglo, sistema de bombeo y condiciones de operación, previa descripción de los mismos.

La evaluación de estos estudios se hizo fundamentalmente en base a la velocidad de filtración y a la claridad y brillo del jugo filtrado.

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

El cada vez más elevado índice de desnutrición de los países en vías de desarrollo como lo es México, nos hacen -- buscar alternativas que solucionen dicho problema y que sean asequibles a la mayoría de la población (que es la de más es casos recursos y por lo tanto la que más padece de desnutrición). Contradictoriamente tenemos que siendo México un país rico en recursos naturales, muchos de ellos son desaprovechados debido entre otras causas a la ignorancia, a las costumbres, a los hábitos, a la falta de iniciativa y a la falta de capital; entre estos recursos desaprovechados se encuentran frutos como la tuna.

La tuna, con un contenido total de azúcares del 10 al 14 % (mezcla de glucosa y fructosa) constituye una fuente potencial de carbohidratos atractiva para el consumo humano y de uso industrial. Esto último, debido a que en los últimos años se ha implementado el uso de concentrados de jugos de -- frutas (de 65 a 70 °Brix) como agentes edulcorantes en la industria de alimentos, en adición a otras propiedades de los mismos, como son: a) su acción preservativa que puedan impartir, b) su acción sobre la textura del alimento, c) ajuste -- del punto de congelación, d) control de la cristalización y d) desde el punto de vista nutricional, por su contenido de calorías. Los concentrados de jugos de frutas también conocidos como jarabes de frutas, son producidos con tecnologías -- de procesamiento especiales para reducir su sabor, color y -- contenido de ácido (12). Se utilizan en cereales, en productos de pastelería, helados, yogurts, bebidas de frutas, bebidas carbonatadas y no carbonatadas, jaleas y mermeladas. Par

ticularmente, el concentrado de jugo de tuna, compuesto de - glucosa y fructosa, ofrece una mayor dulzura que un jarabe - constituido únicamente por glucosa, por lo que se obtiene un considerable ahorro con su utilización.

Así mismo , la utilización de la tuna, se traduce en un mejor aprovechamiento de las zonas semiáridas del país, dada su naturaleza de poco riesgo de producción (es decir que su cultivo permite que sea una "red de seguridad"), ideal para garantizar un constante suministro alimentario para el consumo humano e industrial, en comparación con otros cultivos que presentan situaciones agrícolas y climatológicas arriesgadas.

Para obtener un jarabe de tuna con características sensoriales aceptables, es necesario partir de un jugo claro y brillante en principio. Durante el proceso de elaboración de jugos y específicamente después de la etapa de extracción, los jugos presentan una turbidez natural debida a la presencia de partículas de pulpa y de substancias pécticas en estado coloidal que mantienen sólidos en suspensión; éstos deben ser eliminados por medios químicos, físicos y/o enzimáticos.

Dentro de los procedimientos mecánicos o físicos, se encuentra la filtración clarificadora que se realiza en filtros discontinuos de presión y/o continuos de vacío. En esta operación unitaria intervienen una serie de variables que determinan la óptima clarificación de los jugos.

1.0 O B J E T I V O S.

1.1 GENERALES.

1.1.1 Obtener por medio de la filtración un jugo de tuna con características sensoriales de claridad y brillantez aceptables a una velocidad de filtración adecuada para su aplicación posterior en la industria de jarabes de frutas.

1.1.2 Proponer modificaciones en la instalación y operación -- del filtro prensa de placas y marcos del L E M-Alimentos, de la Facultad de Cuautitlán, para su aplicación en la filtración del jugo de tuna, estableciendo:

- a) Arreglo del sistema
- b) Sistema de agitación
- c) Sistema de bombeo

1.2 PARTICULARES.

1.2.1 Caracterizar el jugo de tuna.

1.2.2 Determinar la necesidad de utilizar filtro ayuda.

1.2.3 Seleccionar el tipo de medio filtrante más adecuado.

1.2.4 Determinar el tipo de filtro ayuda más adecuado para pre capa y mezcla con el jugo.

1.2.5 Determinar la concentración de filtro ayuda a mezclar -- con el jugo (dosificación).

1.2.6 Evaluar la operación del sistema de filtración piloto.

2.0 GENERALIDADES

2.1 CLASIFICACION BOTANICA DEL NOPAL.

- Reino: Vegetal.
Orden: Cactales.
Familia: Cactáceas.
Tribu: Opunteoideas.
Genero: Opuntea.
Sub-género: *Cylindropuntea* (muy espinosas, cilindricas) no es útil por su fruta sino en conservación de suelos.
Sub-género: *Platyopuntea* (artículos planos). Se presenta por la calidad y abundancia de la tuna.
Especie: Mas de 150 especies y variedades.
Planta: Espermatofita, angiosperma, dicotiledónea.
Flores: Hermafroditas, hemiciclica, con el eje floral frecuentemente largo.
Gineceo: Infero, sin carpio, de 3 a 8 carpelos.
Ovulos: Numerosos sobre placentas parietales.
Fruto: Baya poliesperma.
Semilla: Con cotiledones muy pequeños.
Hojas: Reducidas y caducas.
Tronco: Irregular, cilindrico, con ramificaciones (pencas) comprimidas y aovadas, provistas de espinas.

2.2 CARACTERISTICAS DE LA FRUTA.

Es una baya unicelular, poliesperma, globosa, carnosa, - de forma ovoide, esférica, o de clava; sus dimensiones pueden variar segun la especie, de 4 a 12 cm de longitud. El pericarpio ó cáscara de este fruto carnoso, esta forrado exteriormente por una cutícula delgada pergaminosa, opaca o lustrosa y --

provisto de pequeños tuberculos aislados repartidos proporcionalmente, los cuales por lo regular tienen numerosas "glóquidas" (grupo de espinitas, denominadas ahuates, o bien cerdas, lana o simplemente tubérculos abultados). La parte carnosa de la cáscara es mucilaginoso, posiblemente de constitución parenquimática celular.

La pulpa es carnosa y esta formada por los funículos largos y esponjados de las semillas. Cada semilla con sus funículos forma una unidad globular, las que estrechamente unidas entre sí forman la globosidad de la pulpa.

La semilla se encuentra proporcionalmente repartida en el volumen de la pulpa: su número, forma, tamaño y color también varían según la especie; su número puede ser de 50 semillas en las frutas chicas a unas 100 en las grandes; su constitución es de tal dureza que casi no es masticable o digerible. El peso de la semilla en relación al peso total del fruto es del 4.5 % para algunas variedades silvestres comestibles, bajando hasta el 3.0 % y a veces al 1.5 % en las mejores variedades cultivadas y silvestres.

En general la tuna en perfecto estado de madurez está constituida en término medio de 55.8 % de pulpa comestible y 39.2 % de cáscara; la cantidad de semilla contenida en la pulpa representa el 5 % del peso total del fruto.

Las variedades de nopal precoz dan principio a su fructificación en mayo (tuna tapona silvestre y camuesa cultivada). Las del tiempo dan fruto en julio (cardona silvestre, castilla) y la temporada termina en septiembre; aunque hay algunas tardías de septiembre a octubre (tuna alfajayucan).

La tuna contiene mucilago, sustancias pécticas y ácidos orgánicos. La sustancia mucilaginoso se encuentra sobre todo en la cáscara, que es una modificación morfológica del tallo.

TABLA 1

VALOR NUTRITIVO DE LA TUNA

Para 100 g de porción comestible

Calorias	42.0
Proteínas (g)	0.6
Grasa	0.0
Hidratos de Carbono (g)	11.0
Calcio (mg)	49
Fósforo (mg)	38
Hierro (mg)	2.64
Vitamina "A" (mg)	0.02
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.02
Niacina (mg)	0.2
Ac. Ascórbico (mg)	15-45.3
Triptofano (mg/100 g prot.)	8

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición (23).

TABLA 2

ANALISIS DE LA PULPA DE TUNA

Acidez Titulable	0.63 g/l (Ac. cítrico)
Brix	13.7
Genizas	0.23 %
Pectina en base seca	2.0
Pectina en base húmeda	0.18
Reductores directos	2.0 %
Reductores totales	12.3%
Humedad	85.0
Gravedad específica	1.04 a 20 C.

Fuente: Tesis profesional (8).

Es fácil notar la presencia de esta sustancia observando que el jugo de la cáscara es más viscoso que el de la pulpa.

2.3 REPRODUCCION.

Se reproduce por medio de semillas o más comúnmente por pencas adultas, las cuales emiten raíces cuando se siembran en terrenos húmedos, siendo éste el medio más rápido de multiplicación.

La facilidad con que se propaga hace que no se practique su cultivo en forma intensa; sin embargo cuando se quiere conseguir el máximo rendimiento, se planta en terrenos labrados y deshierbados, abriendo hoyos con un ancho y largo de acuerdo al tamaño de las pencas que vayan a plantarse. Los hoyos se hacen en líneas separadas de 1.8 a 2.0 m; la distancia entre penca y penca es aproximadamente de 90 cm y quedan plantadas hasta la mitad para evitar que se pudran.

2.4 LUGARES PARA EL DESARROLLO DEL NOPAL.

Los principales estados productores son (cuadro 3): Guanajuato (San Luis de la Paz), San Luis Potosí, Hidalgo y Zacatecas. Se desarrolla en la región que esta situada a uno y otro lado del límite de demarcación de las zonas cálidas y templadas (trópico de cáncer), entre los paralelos 21 y 26, cuyo clima es modificado por la altitud de esta región.

El mejor desarrollo del nopal es proporcionado hasta -- cierto punto por la constancia de la humedad del terreno donde crezca; aunque en su cultivo no convendría de ninguna manera suministrar riegos, ya que es una característica de estas

TABLA 3

PRODUCCION DE TUNA EN MEXICO.

Entidad	Superficie Sembrada (Ha)	Rendi- miento (Ton/Ha)	Produc- ción (Ton)	Valor de la Producción (Miles \$)	Precio Medio Rural (\$)
E. U. M.	7 697	6.579	42 956	183 332	4 268
GUANAJUATO	2 160	10.648	14 194	70 970	5 000
HIDALGO	1 624	10.000	11 830	31 148	2 802
JALISCO	50	1.300	65	325	12 692
OAXACA	369	10.000	1 530	9 180	6 000
PUEBLA	45	5.267	158	504	5 089
SN. LUIS P.	2 078	2.000	4 156	13 239	3 200
SINALOA	268	3.000	9	36	4 000
VERACRUZ	3	7.000	14	70	5 000
ZACATECAS	1 100	10.000	11 000	55 000	5 000

Fuente: SARH/DGEA

Anuario Estadístico 1983 (36)

plantas, sobre todo las xerófitas, almacenar la humedad del -
suelo, proporcionada por las pocas lluvias en los lugares ári-
dos.

3.0 LA FILTRACION
DEL
JUGO DE TUNA.

3.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Para cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo, la etapa experimental se estructuró de la forma presentada en el diagrama 1, del cual es importante aclarar los siguientes puntos:

a) La caracterización del jugo de tuna se hizo evaluando el pH, viscosidad, contenido de sólidos en suspensión y densidad del jugo.

b) Se seleccionó el medio filtrante más apropiado entre el papel US-917 y US-933.

c) Simultáneamente al inciso anterior se varió la concentración de filtro ayuda (F. A.), para detectar la necesidad de su utilización. En esta corrida se utilizó el Hyflo.

d) Teniendo muestras de jugo de tuna clarificado y una de manzana comercial, se hizo una corrida espectrofotométrica para determinar la longitud de onda a la cual se tiene la mayor lectura de % de transmitancia, y establecer en base a ella, una escala mediante la cual se contrastaba la evaluación visual de la claridad y brillo.

e) La selección de el F. A. más adecuado para precapa y dosificación se hizo entre el Standard Super-Cel, Hyflo Super-Cel y Fibracel 7 F.

f) Se varió la concentración de el F. A. en la dosificación, para determinar la óptima en una primera y segunda filtra

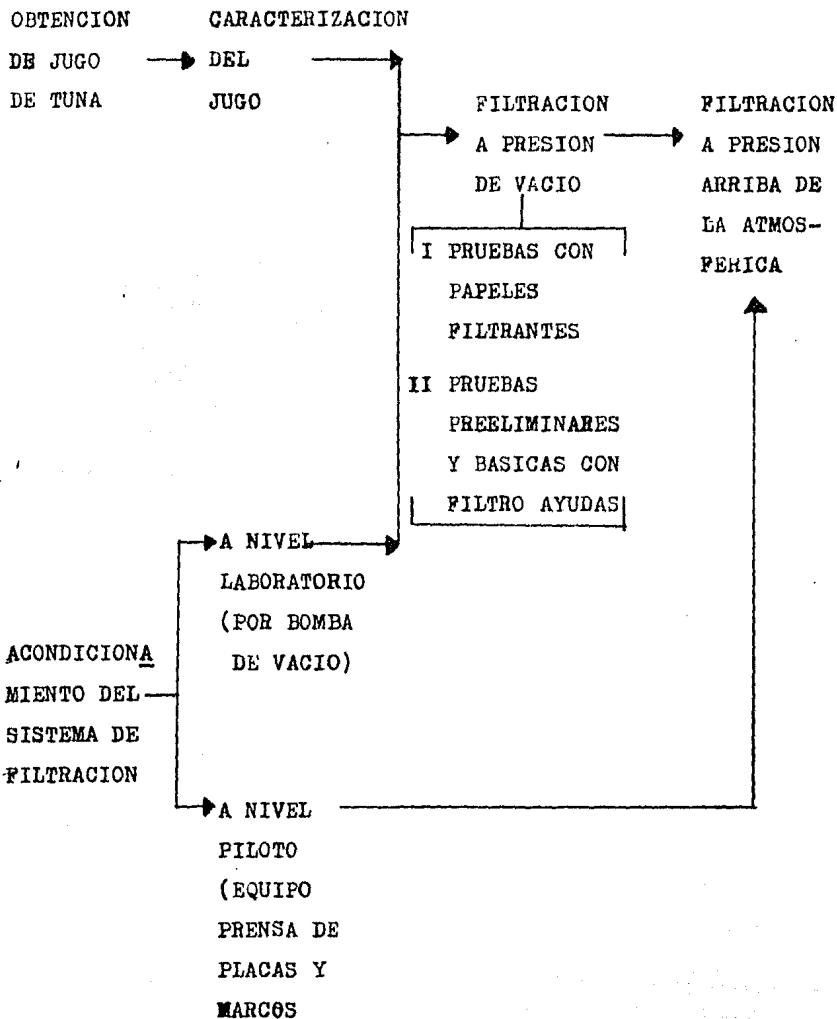


DIAGRAMA 1
DESARROLLO EXPERIMENTAL

ción.

Los incisos c, e, y f, comprenden las pruebas básicas y preliminares para determinar tipo y cantidad de F. A.

g) Una vez llevados a cabo (por filtración a vacío), los incisos b, c, e y f, se procedió a probar las condiciones establecidas en los mismos, en el equipo piloto (filtro prensa de placas y marcos). En este equipo se probaron tres concentraciones de F. A. en la dosificación.

h) Durante las filtraciones se tomaron lecturas del tiempo empleado en recolectar un incremento de volumen de filtrado dado (28), 25 ml para filtración a vacío y 250 ml para la filtración en el filtro prensa.

Para la filtración a vacío se determinó la \bar{V}_{F100} , o sea la velocidad de filtración en el momento de recolectarse 100 ml de filtrado (5). El valor más alto obtenido de esta forma se tomó como parámetro de comparación de diferentes corridas - ($\bar{V}_{Fmáx}$), junto con el espesor de torta de filtración.

En la filtración en el equipo prensa se midió adicionalmente la humedad de la torta, y al filtrado, su densidad y grados Baumé.

3.2 FILTRO AYUDAS EMPLEADOS.

Los mecanismos involucrados en la remoción de partículas suspendidas en un líquido por filtración son: a) transporte de las partículas a la superficie del filtro y b) su subsecuente adhesión. El primer mecanismo consiste de un fenómeno físico y el segundo (adsorción) involucra un fenómeno electrocinético y de efectos químicos. Para partículas más grandes que el tamaño del poro del medio, el fenómeno físico controla la eficiencia de filtración, mientras que para partículas más pequeñas que el tamaño del poro del medio la controla el fenómeno electrocinético. Para partículas de tamaño intermedio, - ambos tipos de mecanismos son importantes (27).

Para la filtración de jugos de frutas, dada la naturaleza coloidal de sus sólidos suspendidos es necesaria la utilización de filtro ayudas tanto en la formación de una precapa sobre el medio filtrante, como mezclado con el jugo a filtrar (dosificación); ésto se hace con la finalidad de mejorar la claridad y velocidad de filtración, y aumentar así la duración del ciclo de filtración al incrementar la porosidad (permeabilidad) y disminuir la resistencia de la torta de filtración.

Un filtro ayuda eficiente y económico es aquel que cumple por lo menos con una de las siguientes condiciones fundamentales (27):

a) El material debe tener una gran área superficial por unidad de peso.

b) El material debe tener un potencial electrocinético positivo en soluciones neutras.

La diatomita, que es el filtro ayuda más comúnmente usado, cumple excelentemente la primera condición (2, 20, 27) pe

ro exhibe un potencial electrocinético negativo (27), consecuentemente cuando es usada para la filtración de finas partículas no predomina la captura electrocinética debido a que la mayoría de los sólidos suspendidos están cargados negativamente. Se ha comprobado que se mejora la eficiencia de filtración (25, 26, 27), cuando se modifica por medios químicos el potencial electrocinético de:

- El filtro ayuda, o
- El medio de filtración, o
- El de los sólidos presentes en la suspensión.

Experimentalmente se trabajó sin la modificación de ninguno de ellos. Los F. A. empleados fueron la diatomita y el Fibracel 7 F (cortesía de Juços del Valle), de uso ampliamente conocido en la industria de alimentos (anexos 7.4 y 7.5) . La diatomita, en sus variedades de Hyflo Super-Cel (HYFLO) y el Standard Super-Cel (STD), y el Fibracel 7 F (FIB), son grados diferentes de F. A. fabricados por JOHNS MANVILLE MEXICANA, S. A. y que se ha comprobado que son de buena calidad (anexo 7.3) .

3.3 EQUIPO.

3.3.1 DE OBTENCION DEL JUGO.

En la obtención del jugo se empleo material de acero inoxidable y de vidrio, recipientes de aluminio de 25 l de capacidad, extractores y licuadora industrial.

3.3.2 DE FILTRACION A VACIO.

Por lo que se refiere a este nivel el sistema de filtración estuvo integrado por los elementos mostrados en el diagrama 2 .

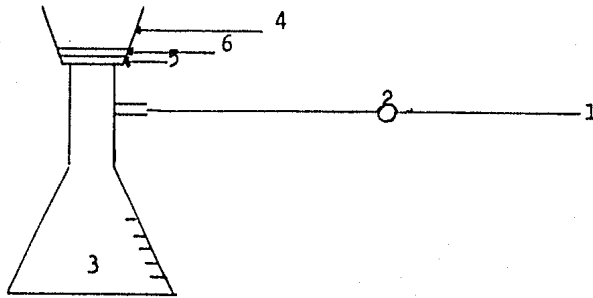
3.3.3 DE FILTRACION A NIVEL PILOTO.

El sistema de filtración a nivel piloto consta básicamente de: tanques para las diferentes suspensiones a manejar, el filtro prensa, el sistema de bombeo y un sistema de medición y control de presión, que se hallan dispuestos en la forma presentada en el diagrama 3.

a) Filtro prensa de placas y marcos.

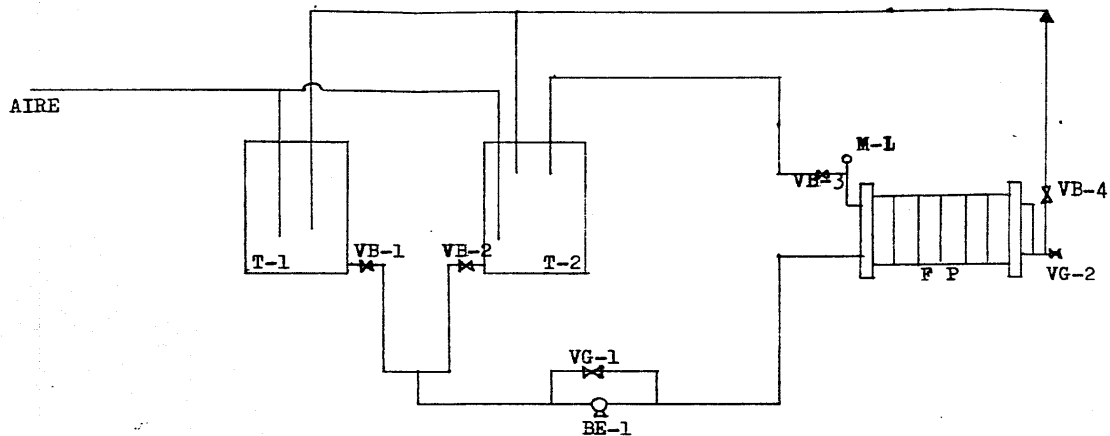
En la industria de jugos de frutas, los filtros de presión de hojas horizontales y prensa de placas y marcos, el de tambor rotatorio a vacío, así como el de láminas, han sido un éxito (36).

El filtro prensa de placas y marcos, es un filtro discontinuo de presión; el utilizado en este trabajo esta formado de 7 marcos y 6 placas (incluyendo 2 medias placas en los extremos del filtro) que permiten la formación de 7 cámaras de filtración; cuenta además con una entrada superior y una inferior, lo mismo que una salida superior y otra inferior.



- 1 BOMBA DE VACIO
- 2 TRAMPA DE HUMEDAD
- 3 MATRAZ QUITASATO GRADUADO CADA 25 ML.
- 4 EMBUDO BUCHNER
- 5 MEDIO FILTRANTE US-917 O US-933
- 6 PRECAPA DE 1.587 MM DE ESPESOR

DIAGRAMA 2
 SISTEMA DE FILTRACION A VACIO



SIMBOLOGIA

F P	FILTRO PRENSA
B E	BOMBA DE ENGRANES
T ₁	TANQUE DE SUSPENSION A FILTRAR
T ₂	TANQUE DE SUSPENSION DE PRECAPA
V B	VALVULA DE BOLA
V G	VALVULA DE GLOBO
M	MANOMETRO

ESPECIFICACIONES

FILTRO PRENSA:

- MATERIAL: FIERRO
- # CAMARAS: 7
- CAPACIDAD POR CAMARA: 580 cm³
- SUPERFICIE DE LAS PLACAS
TIPO PIRAMIDE
- MAXIMA PRESION DE OPERACION:
14 Kg/cm²

FAC. DE EST. SUP. CUAUTITLAN-UNAM	
LAB. EXP. MULTIDISCIPLINARIO-ALIMENTOS	
DIBUJO: SONIA JUDITH CARRETA RODRIGUEZ	PROCESO FILTRO PRENSA
ENERO 1986	DIAGRAMA 3

Estos filtros tienen la ventaja de ser de bajo costo, - fáciles de inspeccionar en su interior y tienen la relación - más baja de volumen a área, por lo que tienen la menor cantidad de líquido sin filtrar al finalizar el ciclo de filtra--- ción. Se recomiendan para lograr una adecuada suspensión de - F. A. y una buena precapa, una entrada inferior y una salida superior. En el caso de filtros de mayor tamaño, éstas deben estar en los lados opuestos del filtro (32,33,42).

b) Bombas.

Particularmente se usó la misma bomba para alimentar la suspensión de precapa y la de jugo con filtro ayuda (dosificación) al filtro. Esta es totalmente de bronce, de engranes -- rectos internos y entrega una presión de trabajo máxima de -- 0.4 Kg/cm^2 . En casos como éste es más recomendable usar una - de tipo centrífugo ya que las partículas de filtro ayuda tienden a desgastar los engranes, lo que después de un tiempo se traduce en una disminución de su capacidad.

Lo mejor es que la bomba que alimenta la suspensión de precapa, bombee jugo solo, y otra bombee la dosificación de - filtroayuda a la línea de descarga de la primera. Esta última es conocida como bomba dosificadora.

Las bombas centrífugas se usan casi universalmente, ya que no producen pulsaciones que alteren la torta del filtro. Sin embargo estas bombas tienen 2 desventajas: su alta velocidad que tiende a romper grandes sólidos acumulados, haciéndo- los más difíciles de filtrar y su reducción del flujo de salida a medida que aumenta la presión.

Para reducir al mínimo la degradación de los sólidos a filtrar, deben usarse bombas de baja velocidad (1 800 rpm) -- con impulsores abiertos; de otro modo la excesiva "rapidez de

corte" provocará la modificación de las propiedades del filtro ayuda al provocar la disminución de su tamaño (21). Cuando los sólidos son grandes y gruesos, es conveniente usar una bomba centrífuga con impulsor cóncavo, o bien una de tornillo o de pistón de etapas múltiples; en éste último caso un recipiente de venteo entre la descarga de la bomba y la entra

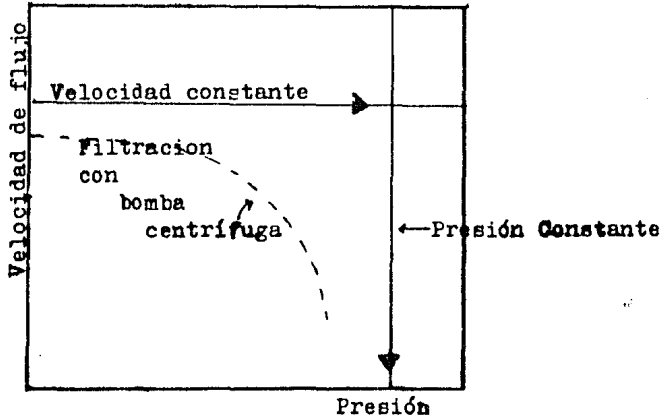


DIAGRAMA 4
TIPOS DE FILTRACION

da del filtro absorbe las sacudidas de la bomba (36).

Generalmente el mecanismo de bombeo determina las características de flujo y sirve como base para la siguiente subdivisión:

- a) Filtración a presión constante (por bomba de vacío)
- b) Filtración a velocidad constante (por bombas de desplazamiento positivo, ya que éstas rinden un flujo -

constante bajo una carga hidrostática variable).

- c) Filtración a velocidad y presión variable (el uso - de una bomba centrífuga resulta en la variación de - la velocidad con la caída de presión en la bomba).

Esto se ilustra en el diagrama 4, en el cual las puntas de las flechas indican la dirección que toma el proceso de filtración con el transcurso del tiempo. La curva de presión constante esta representada por la línea vertical y la dirección de la flecha nos indica la disminución del flujo con el tiempo. La curva de la filtración a flujo constante, representado por la línea horizontal, muestra el incremento de presión con el tiempo. El flujo para un filtro impulsado o accionado por una bomba centrífuga seguirá el comportamiento trazado por la curva de flujo y presión variable. Dependiendo de las características de las bombas centrífugas se pueden encontrar curvas diferentes. Si la primera porción de la curva es aproximadamente plana, la bomba producirá una filtración que es casi a flujo constante. La curva punteada es aproximadamente equivalente a una filtración llevada a cabo primero a flujo constante y - despues a presión constante.

Prácticamente y para fines de estudio (42), es posible trabajar también a presión constante con la bomba de engranes acoplando a la bomba un "by-pass" y una línea de purga entre la entrada del filtro y el tanque de suspensión a filtrar (-- diagrama 3), para poder controlar por medio de las válvulas - respectivas la presión de trabajo.

Aunque el filtro con que se trabajó esta diseñado para soportar una presión máxima de 14 Kg/cm^2 , en general la caída de presión durante la filtración no debe exceder 3.5 Kg/cm^2 - (33), por lo que sea cual fuere la bomba de alimentación al - filtro, deben acoplarse al sistema rotámetros y manómetros pa

ra el control del gasto y presión respectivamente. Además la bomba debe operar bajo carga hidrostática positiva para impedir la succión de aire dentro del líquido de alimentación del filtro.

c) Tanques de precapa y dosificación.

Los tanques utilizados son de acero inoxidable, tienen descarga lateral con válvula de bola y están provistos con agitación por aire, aunque se recomienda que sea con agitadores de aspas que giren aproximadamente a 50 rpm, o con agitadores del tipo de propulsión con cuchillas grandes de baja velocidad. Una vez suspendido el filtro ayuda, es fácil mantenerlo en suspensión. Los tanques deben tener fondos cóncavos, cónicos o inclinados de modo que el líquido pueda descargarse del tanque fácilmente y para que la operación de precapa requiera una cantidad menor de el líquido durante la recirculación entre el tanque de precapa y el filtro.

Como los tanques de precapa deben tener un 125 % del volumen del filtro (incluyendo tuberías de conexión y bombas), entonces si el filtro tiene un volumen total de 4.15 l y el sistema de tubería de 1.0 l aproximadamente, entonces en promedio estos tanques deben ser mínimo de 6.5 l.

La línea de retorno del filtro al tanque de precapa debe quedar en el fondo del tanque para impedir que entre aire al líquido. El tanque debe quedar lo suficientemente alto sobre la bomba de circulación de precapa.

d) Medio filtrante.

La elección del medio filtrante es muy importante ya --

que la función del medio filtrante es generalmente la de actuar como soporte para la torta filtrante ó de la precapa de filtro ayuda en caso de su empleo (en combinación con el cual se efectúa la filtración).

El medio filtrante debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la acción corrosiva del fluido, y debe ofrecer tan poca resistencia como sea posible al flujo de filtrado. Normalmente se utilizan tejidos y papel, pero los materiales granulares y los sólidos porosos resultan útiles para la filtración de líquidos corrosivos en unidades discontinuas.

El medio filtrante empleado fue papel, aunque también se puede utilizar tela. Los dos grados de papel (US-917 y US-933) hechos a base de celulosa blanqueada, se usarán por recomendaciones del fabricante (42) en cuanto a su mayor uso en la clarificación de bebidas en México cuando el equipo de filtración es de placas y marcos (anexo 7.2), aunque el papel también se emplea en filtros de cartucho.

El papel es un medio filtrante común para ciertas aplicaciones ya que debido a que es muy barato se desecha después de una muy limitada vida.

Cuando se emplean telas deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) Buena estabilidad dimensional.
- b) Fuerza adecuada para cubrir las aberturas de la malla de refuerzo o placa sin sufrir estiramiento.
- c) Aberturas uniformes de mayor sección transversal que la de los canales de la precapa.

Generalmente cualquier tamiz con una abertura de menos de 127 micras es adecuado para los filtros ayudados de flujo regular (33).

e) Sistema de dosificación de filtro ayuda.

La dosificación de filtro ayuda (cantidad de filtro ayuda agregada al jugo a filtrar) se realiza ya sea alimentando el filtro ayuda en forma de suspensión, o en forma de polvo seco. Durante la experimentación realizada se agrego directamente al jugo a filtrar la cantidad total de filtro ayuda necesario.

En caso de emplear suspensiones, la concentración del filtro ayuda puede llegar al 10 % pero se recomienda mantenerla a 5 %; así mismo las bombas empleadas son de diafragma o de volúmen controlado ya que nos entregan una cantidad exacta de filtro ayuda en cada golpe. El flujo de filtro ayuda puede ser incrementado o disminuido de 0 a 100 % de la capacidad de la bomba. Se recomienda que durante la etapa de limpieza y -- formación de precapa, esta suspensión debe recircularse a su tanque para evitar la obstrucción de la tubería (11).

3.4 PROCEDIMIENTO.

3.4.1 OBTENCION DEL JUGO.

Se rebanaron los casquetes de las tunas y se les hizo un corte longitudinal para facilitar el pelado de las mismas.

Se extrajo el jugo en la licuadora industrial, operándola por 3 minutos.

Se separó la semilla por medio del extractor DRF (aprovechando la fuerza centrífuga), se pasteurizó a 78 °C por 3 minutos en los recipientes de aluminio, se enfrió y se congeló.

Para realizar los experimentos se descongeló a temperatura de refrigeración con 24 horas de anticipación y luego -- (en caso de ser necesario), en un baño de agua a temperatura ambiente.

3.4.2 FILTRACION A VACIO.

Se colocó sobre el embudo buchner el medio filtrante -- (papel US-917 o US-933).

Se encendió la bomba de vacío lográndose una presión de 45 cm de mercurio. Primeramente se agregó una suspensión de -- filtro ayuda para formar una precapa de 1/16 pulgadas de espesor aproximadamente. Para la precapa se recomiendan 5 Kg de -- filtro ayuda por cada 10 m² de área de filtración. Una vez formada la precapa, se dejaba secar aproximadamente por 30 segundos. Un exceso de tiempo agrietaba la precapa y una disminución, la hacía muy inestable al momento de agregar el jugo, -- traduciéndose, ambas situaciones, en una turbidez adicional del filtrado.

A muestras de 225 ml de jugo se les adicionó la canti--

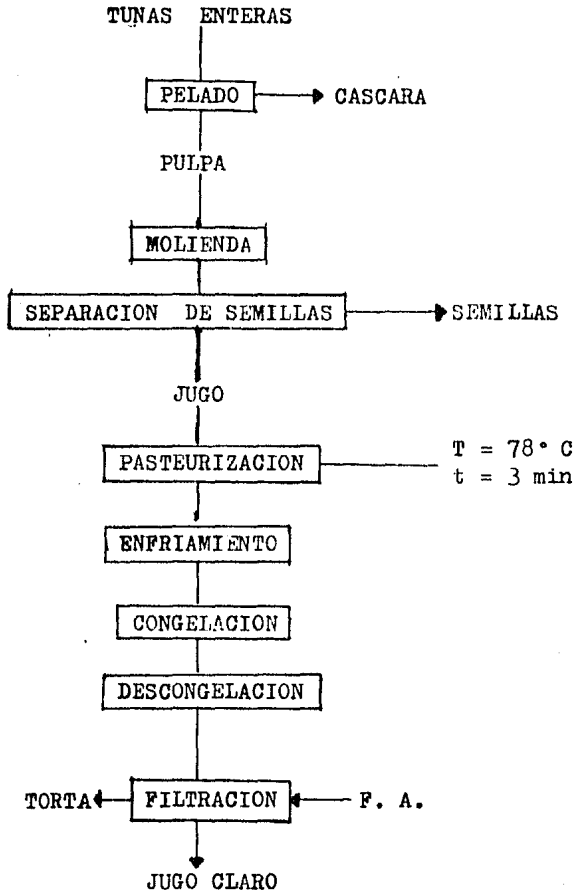


DIAGRAMA 5
 (DE BLOQUES)
 OBTENCION DE JUGO DE TUNA CLARIFICADO
 POR FILTRACION.

dad deseada de filtro ayuda y se homogenizó por medio de agitación. Una vez obtenida esta suspensión, se adicionó al embudo buchner y se tomaron (con cronómetro digital) las lecturas del tiempo empleado en recolectar un incremento de volumen de filtrado de 25 ml. Las 2 primeras y las 2 últimas lecturas no se toman en cuenta para el análisis de datos, ya que en las primeras la resistencia del medio todavía es apreciable y en las últimas se considera no como filtración, sino como secado de torta. Esto porque prácticamente no fué posible mantener un nivel constante de suspensión en el embudo durante toda la corrida.

3.4.3 FILTRACION A NIVEL PILOTO.

El procedimiento seguido al operar el filtro prensa estuvo constituido por los siguientes pasos:

a) Preparar el filtro colocando los medios filtrantes entre las placas y los marcos cuidando que coincidan perfectamente los orificios de éstos con los de los medios. Todas las placas tienen una pequeña marca cerca de la parte superior -- del borde, así (*) y los marcos tienen 2 marcas así (:). Las placas y los marcos se colocan de manera que las marcas aparezcan hacia el lado derecho del cabezal fijo (visto de frente).

b) Preparar la suspensión de precapa.

La precapa tiene 3 finalidades:

- Evitar que la tela o el medio se obstruya con impurezas, con lo que se prolonga su duración considerablemente.
- Facilitar la limpieza del tamiz al finalizar el ciclo.
- Proporcionar claridad inmediata.

Cuando la distribución de flujo dentro del filtro es mala, o cuando se van a poner en marcha filtros nuevos, se recomiendan mayores cantidades de filtro ayuda que 5-7 Kg por cada 10 m^2 de área de filtración. Si la distribución es correcta, dicha dosis forma una precapa de 1/16 de pulgada de espesor aproximadamente. Si la distribución es imperfecta, puede ser que exista una velocidad interior insuficiente para formar la precapa. Este problema se puede solucionar con una bomba mayor.

Se trabajó el filtro únicamente con un sólo marco debido a limitaciones de materia prima, teniéndose así por marco: un volumen de 580 cm^3 ; 228.31 cm^2 de área total y 456.6 cm^2 de área de filtración, de tal manera que para tener el espesor de precapa ya mencionado se necesitarán 22.83 g de filtro ayuda. Ahora bien, debido a que la mayor parte de las partículas de filtro ayuda son más pequeñas que las aberturas del papel éstas deben formar la precapa haciendo un puenteo sobre las mismas.

La concentración de la suspensión para la precapa dependerá principalmente de la relación área/volumen del filtro y tubería. Sin embargo las concentraciones fluctuaron entre 0.3 y 0.6 %. Si son inferiores al 0.3 % puede resultar difícil la formación de la precapa, ya que la formación del puenteo depende en gran parte del efecto de aglomeración de las partículas del filtro ayuda que tratan de pasar a través de las aberturas del papel o tela. Teniéndose un volumen de 4791 cm^3 (equivalente al 1.25 % del volumen del marco y resto del sistema de filtración) se logra, con la cantidad de filtro ayuda mencionada anteriormente, una concentración del 0.474 %. En caso de haber necesidad de agregar más líquido claro, sólo se debe cuidar de no rebasar los límites de concentración esta--

blecidos.

Una vez formada la suspensión, se pone en acción el mecanismo de agitación; ésta debe ser lo más adecuada posible para permitir una uniformidad de la suspensión. En caso contrario se producirán fluctuaciones de presión que alteran la estructura de la torta enturbiándose el jugo filtrado.

c) Preparar la suspensión de jugo más filtro ayuda.

Para predecir el volumen aproximado de jugo que es posible filtrar antes de que se llene el marco y se tenga que suspender la operación, para limpiarlo, lavarlo y volverlo a usar (con la concentración de filtro ayuda deseado), es necesario tomar en cuenta el volumen total y máximo de la torta que es posible tener antes que suceda esto.

Una vez lograda esta suspensión, se pone en acción el mecanismo de agitación poniendo en práctica la observación hecha en el inciso anterior.

d) Antes de arrancar la bomba ó de empezar a permitir la entrada del material por filtrar al filtro prensa, todas las válvulas de salida del fluido deben estar abiertas. Se abre la válvula de descarga del tanque de precapa (VB-2) y se bombea dicha suspensión al filtro.

e) Formación de precapa.

La formación de la precapa se realiza recirculando la suspensión de jugo clarificado y filtro ayuda entre el filtro y el tanque de precapa. El puenteo entre las partículas de filtro ayuda en la precapa puede ser destruido por burbujas de aire, cambios bruscos de presión ó vibraciones, haciendo que el líquido filtrado se enturbie hasta que se corrijan estos defectos.

En general se puede decir que la velocidad con que se forme la precapa dependerá principalmente de la viscosidad -- del jugo; ésta debe ser lo suficiente como para mantener el filtro ayuda en suspensión pero no debe ser muy alta porque -- tiraría la torta en el interior del filtro. En caso de utilizarse agua, la velocidad debe ser de 4 a 8 cm^3/cm^2 minuto. Para líquidos viscosos puede ser hasta de 0.34 cm^3/cm^2 minuto. -- Una regla general para formar la precapa es mantener un flujo que garantice una presión diferencial de aproximadamente 0.15 Kg/cm^2 que es la que se alcanzó en el sistema empleado.

La suspensión se recircula un promedio de 10 minutos -- hasta que en el tanque de precapa el agua este transparente, lo que nos indica que la mayor porción del filtro ayuda se ha incorporado en la precapa, obteniéndose así el espesor deseado de torta.

f) Después de que se ha formado la precapa, el lote principal de jugo a clarificar se bombea al filtro prensa, sin -- permitir que se detenga el flujo. Esto se logra cerrando lentamente la válvula de descarga del tanque de precapa (VB-2) y abriendo de la misma forma la válvula de descarga del tanque de jugo conteniendo la dosificación (VB-1).

A medida que transcurre la filtración y debido a la dosificación de filtro ayuda al jugo, la torta estará en formación continua, lo que limita el período en el cual debe lograr se la clarificación.

La presión que se alcanza en esta etapa dependerá entre otras cosas de la viscosidad y contenido de sólidos del jugo y de la presión que nos de la bomba ó el sistema de control -- de presión, cuando éste exista. De cualquier forma al empezar la filtración la presión no debe exceder de 1 a 1.5 Kg/cm^2 . --

A medida que se depositen los sólidos sobre la superficie de la precapa y se llene paulatinamente el o los marcos (según se trate), aumentará la resistencia al flujo subiendo la presión. El aumento continuará hasta que finalice el período -- real de filtración como lo indica la disminución de la velocidad de flujo ó hasta que se termina el lote de jugo a clarificar.

A pesar de lo mencionado anteriormente la máxima presión alcanzada durante la filtración de jugo de tuna fué de 0.3 Kg/cm^2 con la válvula de el by-pass totalmente cerrada (que es cuando se tiene la presión máxima que entrega la bomba)

Por otro lado la toma de muestras para evaluaciones del filtrado se realiza en las etapa inicial, intermedia y final de filtración.

g) Las presiones y los gastos se corroboran con los manómetros y rotámetros respectivamente y se controlan por medio de las válvulas que los anteceden.

h) Una vez terminada esta primera filtración se desmonta el filtro para lavar las placas y marcos para lo cual también se bombea agua al filtro.

i) En caso de ser necesaria una segunda filtración, se lleva a cabo siguiendo los mismos pasos señalados para la primera.

3.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL TIPO Y CANTIDAD DE FILTRO AYUDA (22).

Los procesos que utilizan filtro ayuda pueden ser clasificados como sigue:

a) La suspensión a filtrar forma una torta resistente,

el filtro ayuda es adicionado entonces para reducir la resistencia promedio.

b) Una suspensión diluida no forma torta pero requiere clarificación.

c) El filtro ayuda sirve como una base (precapa) sobre el medio filtrante para mantener (retener) la torta y prevenir el paso de pequeñas partículas.

De cualquier modo, sea cual fuere el proceso, el procedimiento para determinar el grado y cantidad de filtro ayuda es el mismo para todos los casos.

Las pruebas para hacer estas determinaciones se clasifican en:

- a) Pruebas preliminares.
- b) Pruebas básicas.
- c) Pruebas de chequeo (cuando son necesarias).

Las pruebas preliminares nos sirven para determinar si es necesario agregar filtro ayuda a la suspensión a filtrar ó no, y si es necesario, en que cantidad (la dosis).

En la serie de pruebas básicas, diferentes grados de -- filtro ayuda son comparados. Si un grado de filtro ayuda proporciona la especificación de claridad deseada, un grado más fino sólo reducirá el flujo. El objetivo es seleccionar un filtro ayuda que proporcione la claridad requerida con el máximo flujo.

Para llevar a cabo de forma estricta estas pruebas, es necesario contar con una unidad conocida como filtro bomba, -- que es un filtro de laboratorio a presión arriba de la atmosférica, y aún así la información dada por este tipo de unidad depende de la calidad de la muestra representativa aunque también hay errores debido a efectos de pared y para sustancias muy viscosas, la unidad debe ser modificada para tener gran--

des áreas de filtración.

Las pruebas son llevadas a cabo a presión constante y los datos son graficados en forma de logaritmo de Volumen de filtrado ($\log V$) contra el logaritmo del tiempo ($\log t$), según la ecuación 10 (anexo 7.1) :

$$\log V = 0.5 \log t + 0.5 \log K - \log (1 + kK/V)$$

Cuando V se incrementa el último término tiende a cero y los datos de $\log V$ contra $\log t$ nos dan una línea recta de pendiente 0.5 cuando la torta es formada. Con pruebas de clarificación la pendiente para el jugo solo es menor a 0.5. Como es deseable tener una verdadera torta formada, los experimentos generalmente se empiezan con cero de filtro ayuda o una concentración equivalente a la de los sólidos presentes en el jugo. En el primer caso se incrementa la concentración del filtro ayuda en la dosificación y en el segundo se aumenta o disminuye hasta que una pendiente de 0.5 es obtenida. Es conveniente hacer la observación de que para aplicar este criterio (además de contar con un filtro de presión), es necesario tener un volumen mínimo de 3 500 cm³ de jugo por prueba y operar el filtro por un período de 21 minutos.

Por otro lado, debido a que la cantidad de jugo de tuna de que se disponía para llevar a cabo las pruebas preliminares y básicas era reducido, aunado al hecho de contar con filtración por bomba de vacío en lugar de filtración a presión a rriba de la atmosférica, aunque también es válida (22), se complementó el análisis de datos con gráficas de Volumen de filtrado (V) contra tiempo (t), para el caso de la selección del grado apropiado de filtro ayuda, y de velocidad de filtratr

ción contra % de filtro ayuda, para el caso de la determina--
ción de la dosificación (28), para un mejor análisis de resultados.

4.0 MATERIALES Y
METODOS
DE
ANALISIS

4.1 MATERIA PRIMA.

Se trabajó con tunas procedentes de San Martín de las Pirámides y San Luis de la Paz, cosechadas en el bimestre Agosto-Septiembre de 1985. Por diferencia de peso se determinó su composición en cuanto a semilla, cáscara y jugo.

4.2 MATERIAL Y EQUIPO.

Densímetro (1.0 - 1.2 g/cm³)

Viscosímetro de Ostwald

Viscosímetro de Brookfield modelo LVP

Potenciómetro modelo Coning 7

Espectrofotómetro modelo Bausch & Lomb 710

Balanza Analítica Mettler

Balanza Granatoria Mettler

Estufa modelo HDP-433

Vernier

Cronómetro digital

4.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS.

a) pH.

Se calibró el potenciómetro con un buffer de pH 4 y se tomó la lectura del jugo a temperatura de 20°C.

b) Sólidos suspendidos.

En un vaso de precipitado previamente tarado, se pesa una cantidad dada de muestra. Esta muestra se diluye en agua

y se añade a un embudo buchner en el que se ha colocado un pa pel filtro previamente pesado. Se lava el vaso de precipitado vaciando el agua de lavado en el buchner; se saca el papel -- filtro con la torta sobre él y se seca en la estufa a 105 ± 3 °C durante 20 minutos. Una vez seca la muestra se pesa.

$$\% \text{ Sólidos secos} = \frac{P - P'}{V - V'} \times 100$$

dónde: P = peso del papel filtro más la pulpa (g)

P' = tara del papel filtro (g)

V = peso del vaso de precipitado más la muestra (g)

V' = tara del vaso de precipitado (g)

c) Densidad.

En una probeta de 2.0 l llena de jugo y a temperatura - de 20 °C , se tomó la lectura de densidad con el densímetro - inmerso en el seno del jugo.

d) Viscosidad.

- En el jugo a filtrar.

En un vaso de precipitados de 600 cm³ se hizo la lectu- ra de la viscosidad con el viscosímetro de Brookfield, con la aguja 1 a 2, 4, 10 y 20 rpm.

- En el jugo filtrado (16, 29).

Para determinar la viscosidad del jugo filtrado se uti- lizó el viscosímetro de Ostwald siguiendo los siguientes pa- sos:

Agregar la solución por la rama de mayor diámetro del - viscosímetro (aproximadamente 5 ml).

Succionar el líquido por la rama de menor diámetro, hasta un nivel más alto que la marca superior.

Dejar fluir el líquido libremente y tomar el tiempo que tarda pasar entre las 2 marcas.

La viscosidad, en centipoise, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{\rho_a \rho t}{\rho_a t_a}$$

dónde: μ = viscosidad en cp.

ρ = densidad.

t = tiempo.

ρ_a, ρ_a, t_a = conocidas o del agua

Si para nuestro caso:

$$\rho_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{jugo}} = 1.05 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_{\text{agua}} = 1 \text{ cp.}$$

Entonces la fórmula anterior se convierte en:

$$\mu = 1.05 \frac{t}{t_a} \text{ (1 cp)}$$

e) Determinación de la longitud de onda en donde se tiene el mayor valor de transmitancia.

Esta determinación (hecha en la muestra más turbia y en la más clara obtenida después de la filtración, y en un jugo comercial de manzana), se hizo siguiendo los pasos que a con-

tinuación se describen:

Se enciende el espectrofotómetro 20 minutos antes de hacer la medición.

En una de las 3 celdas de vidrio se coloca una muestra de agua destilada.

Se verifica que este funcionando la lámpara de tungsteno.

Se colocan las muestras en las 2 celdas restantes.

Se toma la lectura de transmitancia empezando desde 415 nm abarcando toda la región visible. Previamente a cada toma de lectura, se ajusta con el testigo de agua destilada a 100 % de transmitancia.

f) Claridad y brillo.

Se vierten 20 ml aproximadamente de cada muestra en tubos de vidrio transparente de igual diámetro y éstos se acomodan en una rejilla, la cual se coloca sobre un fondo blanco - y se observan las muestras en contra de una fuente de luz blanca. Se ordenan las muestras en orden descendente de claridad y brillo.

Para corroborar lo anterior se toman las lecturas de -- transmitancia a la longitud de onda que nos brinda el mayor - valor (29, 31).

En base a lo anterior se establece la siguiente escala:

% Transmitancia	Valor de claridad y brillo
91 - 100	10
81 - 90	9
71 - 80	8
61 - 70	7
51 - 60	6
41 - 50	5

% Transmitancia	Valor de claridad y brillo
31 - 40	4
21 - 30	3
11 - 20	2
1 - 10	1

g) Prueba organoléptica (15).

La evaluación de sabor se hace en base a la siguiente escala hedónica:

- +2 gusta mucho
- +1 gusta
- 0 ni gusta ni disgusta
- 1 disgusta
- 2 disgusta mucho

h) El espesor de torta se midió con un vernier.

5.0 RESULTADOS
Y
DISCUSION

5.1 GENERALES.

En la tabla 4, se puede ver que el rendimiento de jugo es aproximadamente del 50 %, (semilla 7.71 % y cáscara 44 %)- que es bastante bueno dado que el precio medio rural es de -- \$ 4 268 por tonelada (tabla 4).

En la tabla 5 se observa que el pH del jugo es de 6.6 - 6.8, que es muy cercano al neutro, por lo que la corrosión para el equipo en el cual se maneje deberá ser mínima, aunque - lo más adecuado es que sea de acero inoxidable o de aleación de acero-nickel-cromo (36). La densidad de 1.05 g/cm^3 es muy cercana a la del agua y tiene una viscosidad de 12 cp. Estas - 3 características, junto con el contenido de sólidos son importantes en un proceso de filtración ya que nos permiten determinar el sistema de bombeo, y materiales de construcción.- Además el contenido de sólidos es uno de los parámetros (11 , 30, 35, 37 y 39) que nos permite seleccionar el tipo de filtro y a fijar la dosificación del filtro ayuda.

En la gráfica 1 (determinación de transmitancia a diferentes longitudes de onda), se ve que tanto para el filtrado claro como para el turbio no hay una longitud de onda en la - región visible de máxima o mínima transmitancia. Por lo anterior, las lecturas para evaluar la claridad del jugo filtrado se hicieron a 650 nm (29). Es importante notar también en la gráfica 1, que efectivamente la transmitancia será mayor en - un jugo claro que en uno turbio, con lo que se corrobora que la medición de la transmitancia es un parámetro objetivo que nos permite reafirmar la evaluación subjetiva de la claridad y brillo del jugo clarificado. El jugo de manzana comercial -

TABLA 4
COMPOSICION DE LA TUNA

<u>Elemento</u>	<u>%</u>
CASCARA	44.0
SEMILLA	7.71
JUGO	48.2

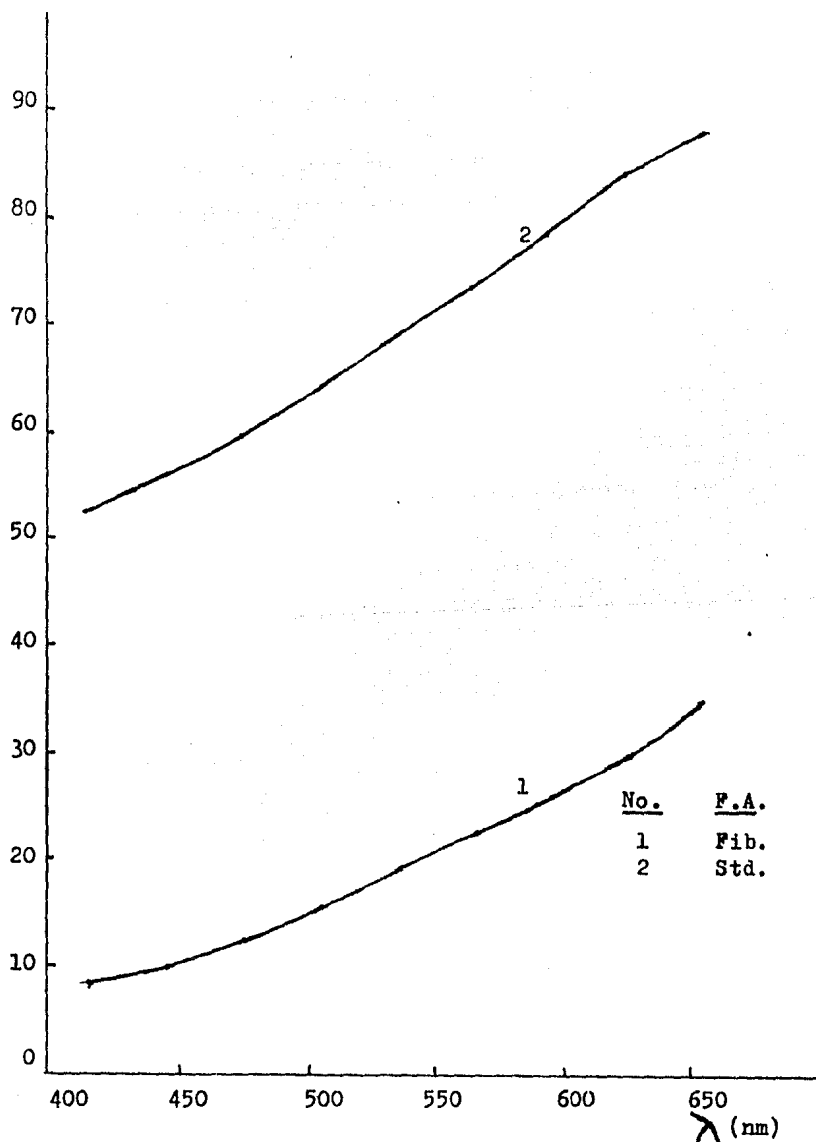
TABLA 5

**CARACTERISTICAS DEL JUGO DE TUNA
DE IMPORTANCIA PARA LA FILTRACION**

pH	6.6 -6.8
DENSIDAD	1.05 g/cm ³
VISCOSIDAD	12 cp
SOLIDOS EN SUSPENSION	0.9 % Peso

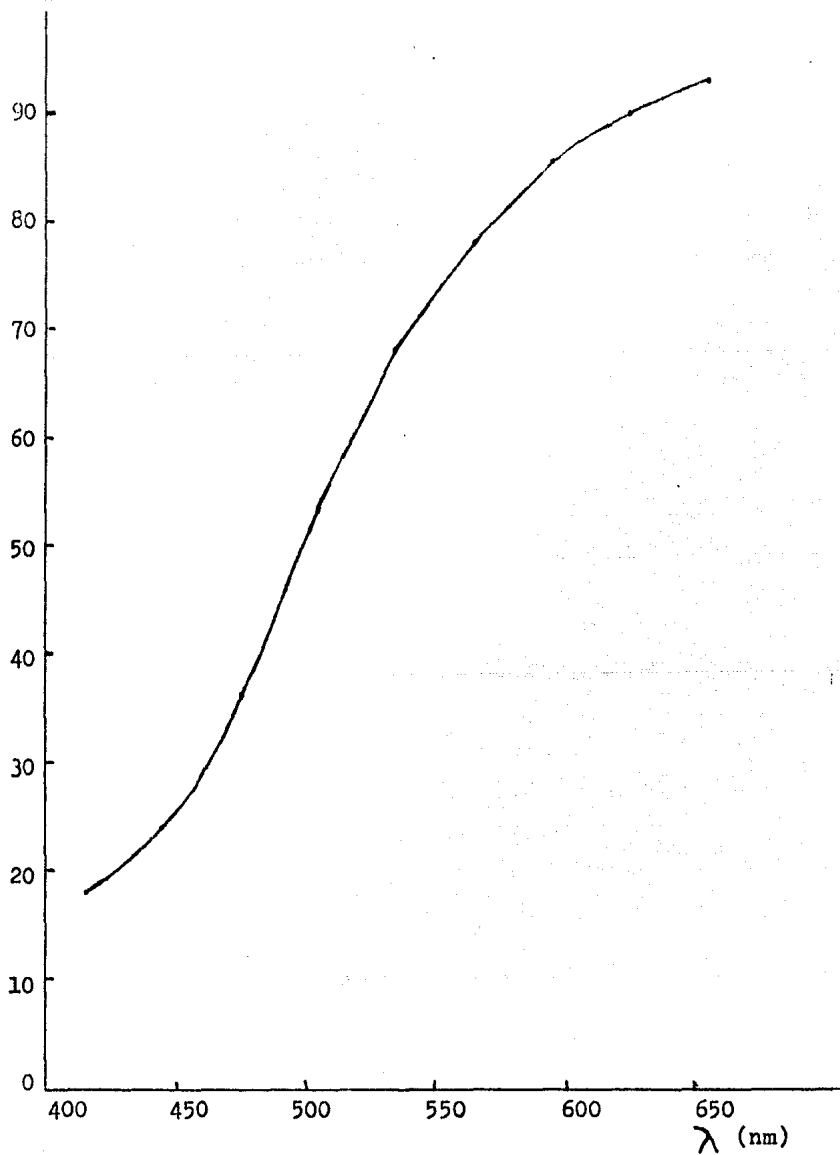
Evaluaciones a Temperatura de 20 °C.

Transmitancia
(%)



GRAFICA 1
TRANSMITANCIA A DIFERENTES λ
DE JUGO DE TUNA FILTRADO

Transmitancia
(%)



GRAFICA 2
TRANSMITANCIA A DIFERENTES λ .
DE UN JUGO DE MANZANA COMERCIAL

presenta el mismo comportamiento que el de tuna (gráfica 2).

5.2 FILTRACION A VACIO.

Se observó que la separación de los sólidos en suspensión no se pudo efectuar por el sólo paso de la suspensión a través del medio filtrante, por lo que se procedió a utilizar filtro ayudas en el proceso. Como se pudo ver en las tablas 3 y 4, esta medida tuvo resultados positivos ya que la ausencia de filtro ayuda provocaba la rápida obstrucción de los poros del medio debido a las partículas presentes en el jugo, - deteniéndose así el proceso. En un proceso industrial esto es muy importante ya que se tendrían mayores tiempos muertos al tener que descargar y limpiar continuamente el filtro antes - de volverlo a utilizar.

La elección entre el papel US-917 y US-933 se hizo en base a los resultados mostrados en las tablas 6 y 7 y gráficas 3, 4, 5, 6 y 7. En las gráficas 3 y 4 se observa que a medida que la concentración del filtro ayuda en la dosificación aumenta, también lo hace la velocidad de filtración. Esto se comprueba con las gráficas 5 y 6, en las cuales una mayor velocidad de filtración se traduce en una mayor pendiente de las rectas. En la gráfica 7, comparando la velocidad de filtración de los 2 papeles, se comprueba que es más elevada con el papel US-933 para las 3 concentraciones de prueba mostradas. El pH y la viscosidad se mantienen constantes en el jugo filtrado a través de ambos medios (tablas 6 y 7), al variar la concentración de filtro ayuda en la dosificación, teniendo como valores 6.8 y 1.2 cp respectivamente. Además la influencia -- que pudieran tener las características de los papeles filtro

TABLA 6

EVALUACIONES EN EL FILTRADO OBTENIDO
A TRAVES DE PAPEL US-917

% F. A.	pH	Visco dad (cp)	Evaluación Organoléptica
0.0	-	-	-
0.1	6.8	1.2	+ 1
0.2	6.8	1.2	+ 1
0.3	6.8	1.2	+ 1
0.4	6.8	1.2	+ 1
0.5	6.8	1.2	+ 1
0.6	6.8	1.2	+ 1
0.8	6.8	1.2	+ 1
1.0	6.8	1.2	+ 1
1.5	6.8	1.2	+ 1
2.0	6.8	1.2	+ 1
3.0	6.8	1.2	+ 1

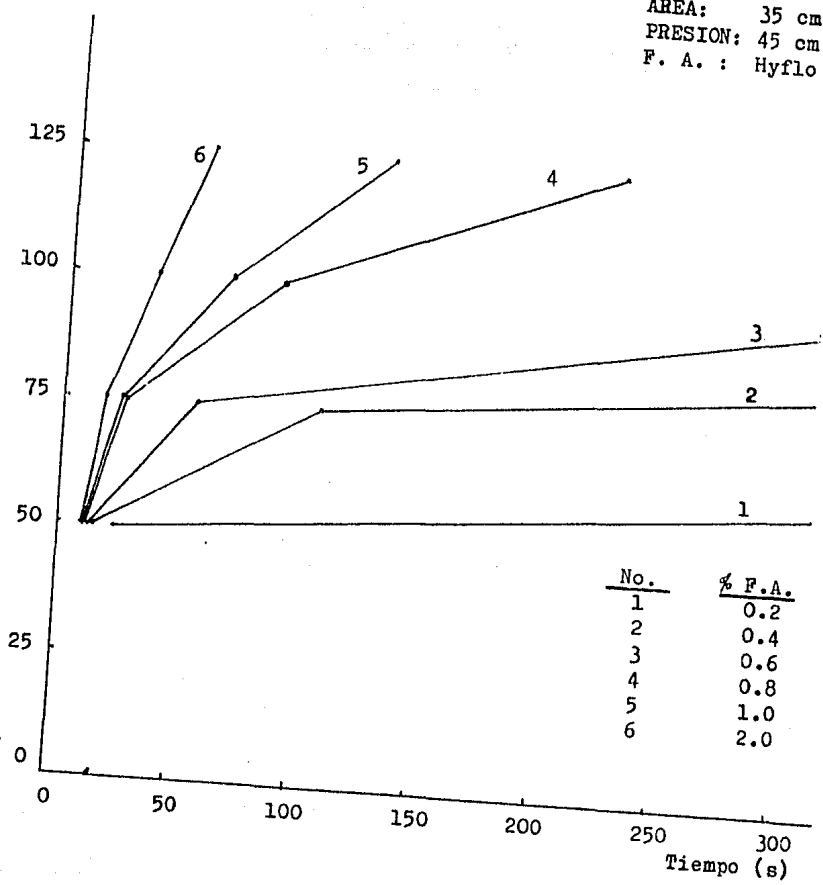
TABLA 7

EVALUACIONES EN EL FILTRADO OBTENIDO
A TRAVES DE PAPEL US-933

% F. A.	pH	Visco- sidad (cp)	Evaluación Organoléptica
0.0	-	-	-
0.1	6.8	1.2	+ 1
0.2	6.8	1.2	+ 1
0.3	6.8	1.2	+ 1
0.4	6.8	1.2	+ 1
0.5	6.8	1.2	+ 1
0.6	6.8	1.2	+ 1
0.8	6.8	1.2	+ 1
1.0	6.8	1.2	+ 1
2.0	6.8	1.2	+ 1
3.0	6.8	1.2	+ 1

Volumen de
Filtrado (ml)

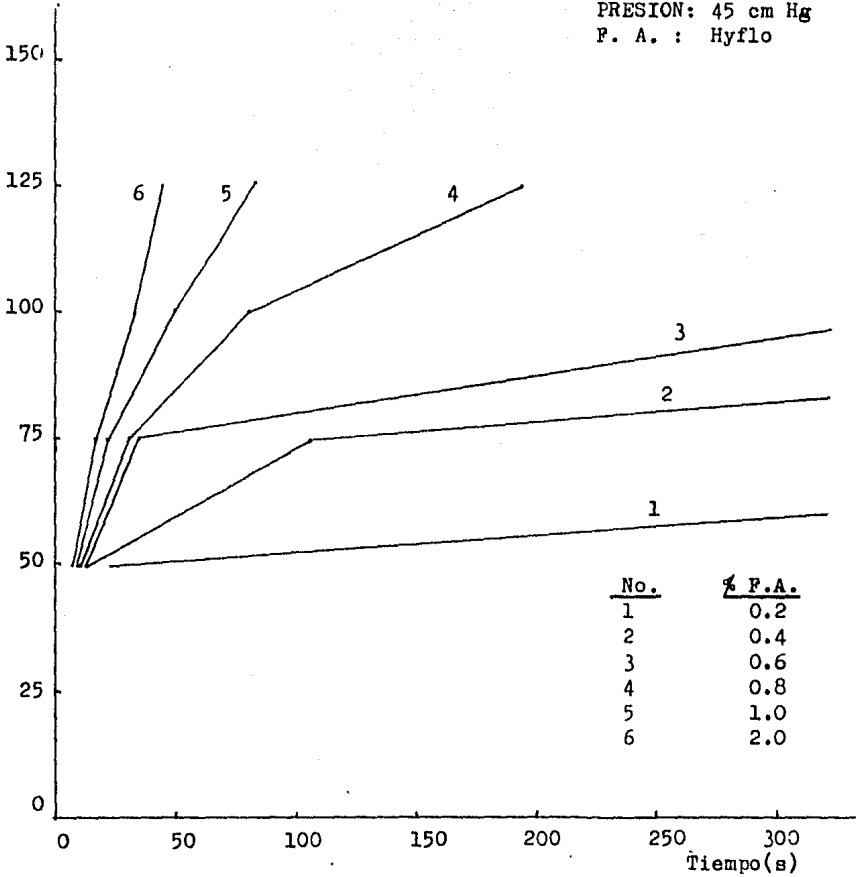
PAPEL: US-917
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Hyflo



GRAFICA 3
VELOCIDAD DE FILTRACION

Vclumen de
Filtrado (ml)

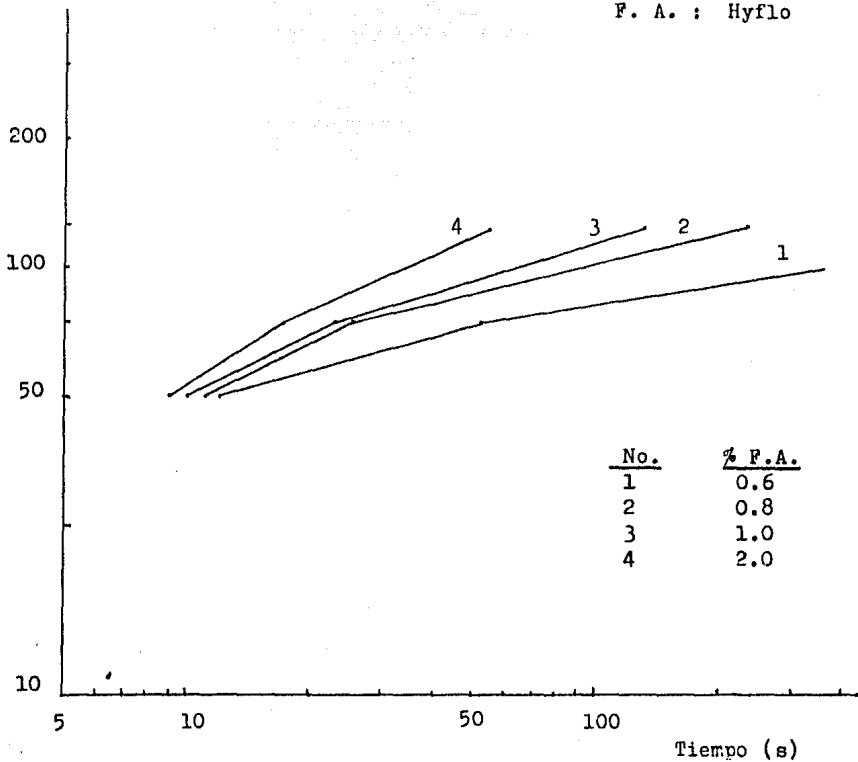
PAPEL: US-933
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
P. A. : Hyflo



GRAFICA 4
VELOCIDAD DE FILTRACION

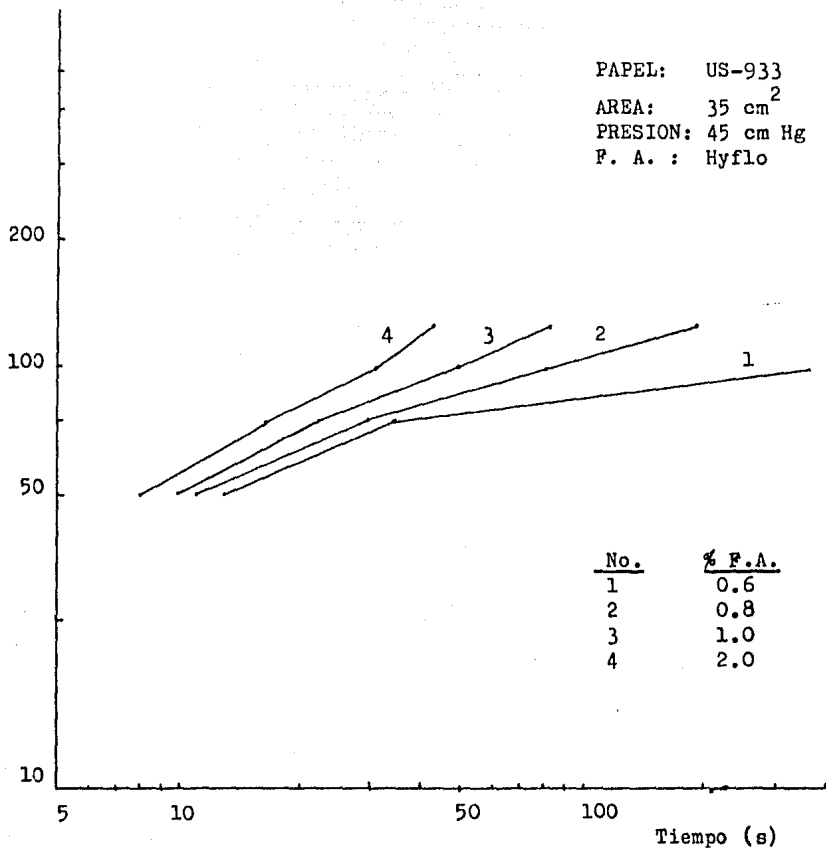
Volumen de
Filtrado (ml)

PAPEL: US-917
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Hyflo



GRAFICA 5
VELOCIDAD DE FILTRACION

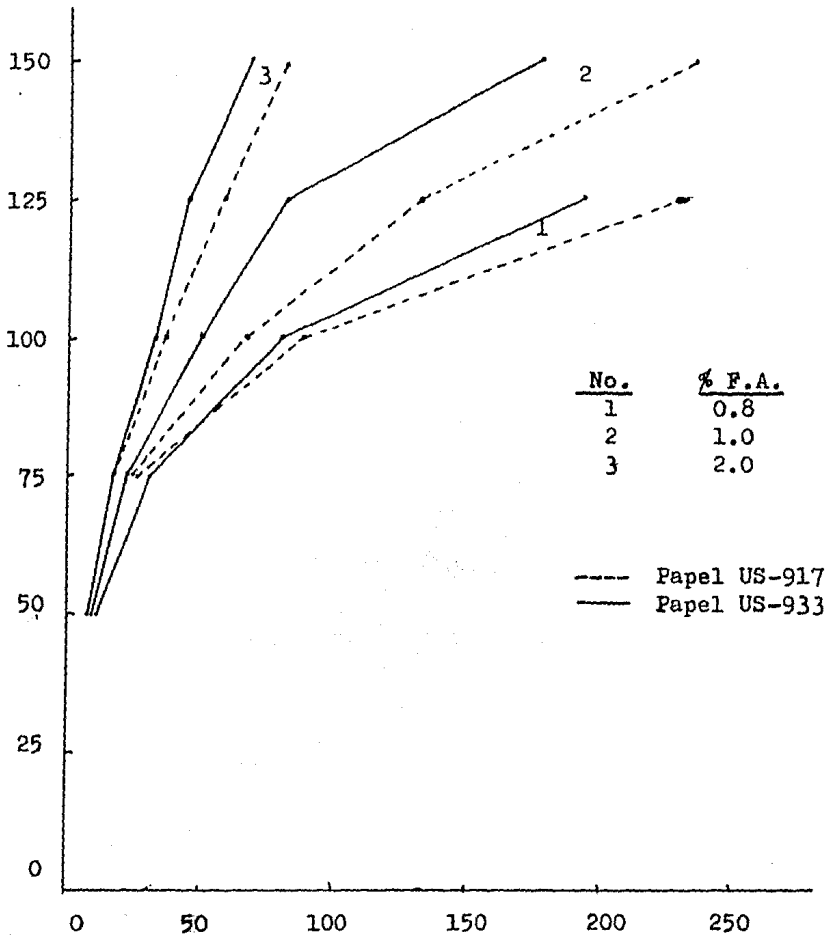
Volumen de
Filtrado (ml)



GRAFICA 6
VELOCIDAD DE FILTRACION

Volumen de
Filtrado (ml)

AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Hyflo



GRAFICA 7
VELOCIDAD DE FILTRACION

en las propiedades organolépticas del filtrado obtenido es nu la al alcanzar una aceptabilidad de +1 (o sea que "gusta").

Debido a que las propiedades de pH, viscosidad y organo lépticas presentadas por los jugos filtrados a través de am-- bos papeles son iguales, se seleccionó el US-933 debido tanto a la mayor velocidad de filtración que presenta como a su ma-- yor peso (anexo 7.2).

La selección del filtro ayuda más adecuado para formar la pretapa y para la dosificación se efectuo a través del aná lisis de las tablas 8, 9 y 10 , en las cuales se mantiene cong tante el filtro ayuda de precapa y se varía el tipo de filtro ayuda de dosificación; adicionalmente se obsevó que la veloci dad de filtración y el espesor de torta aumentó al aumentar - la concentración de filtro ayuda en la dosificación de 1.5 a 2.0 % (a 0.3 % no se toma en cuenta el espesor ya que aún no se tiene formada completamente una torta bajo las condiciones de prueba). Respecto a la velocidad de filtración, el valor - máximo obtenido en esta etapa experimental, al recolectarse - 100 ml de filtrado es de 4.545 ml/s (Fibracel en la precapa y dosificación), a la cual se le asigna un porcentaje de 100 % y se toma como base de comparación. Las propiedades de pH y - viscosidad del filtrado no varían con las diferentes combina-- ciones de filtro ayuda en la precapa y dosificación, mantenién dose en valores de 6.8 y 1.2 cp respectivamente. En donde si se notan cambios es en cuanto a la velocidad de filtración, - claridad y brillo y propiedades organolépticas.

De la tabla 8 se infiere que cuando el Hyflo (que se man tiene constante en la precapa), se combina con una dosifica-- ción de Fibracel al 2.0 % se obtiene una alta velocidad de -- filtración (4.166 ml/s), pero se tiene entonces un brillo mí-

nimo de 4 y en la prueba organoléptica resulta poco aceptable (0); la velocidad mínima de filtración en este caso es de --- 1.030 ml/s, que representa el 22.68 % de la velocidad máxima (cuando el Standard esta presente en la dosificación), a la vez que la claridad y brillo se mejora ligeramente ya que se eleva al valor de 8 en una escala de 1 a 10. En esta misma ta bla se observó que cuando se tiene el Fibracel en la dosifica ción, al aumentar su concentración de 0.3 a 2.0 %, se incre--
menta la \vec{V}_{F100} de 1.562 a 4.166 ml/s o sea del 34.37 % hasta un 91.67 %; en cambio se mantiene la claridad y brillo en el valor de 4. Del mismo modo si el Standard esta presente como dosificación, al aumentar su concentración de 0.3 al 1.5 % se eleva en una unidad el valor de claridad y brillo; en cambio de 1.5 % a 2.0 %, dicho valor se mantiene constante. En general se puede decir que el incremento de concentración afecta en mayor intensidad la \vec{V}_{F100} que a la claridad y brillo, que según se puede corroborar en las tablas 9 y 10, o se mantiene - constante o aumenta en una sola unidad.

Cuando se mantiene el Fibracel constante en la precapa (tabla 9), se logra la mayor velocidad de filtración cuando - él mismo esta presente en la dosificación (a una concentación de 2.0 %), obteniéndose un valor de 4.545 ml/s correspondien-
ta a la velocidad máxima alcanzable, pero en cambio se tiene un brillo muy pequeño (de 4) y organolépticamente es acepta-
ble. La mínima velocidad de filtración en esta tabla se obtie ne con el Standard en la dosificación aunque se mejora el bri llo en cuatro unidades más y organolépticamente es también a-
ceptable.

En la tabla 10 con precapa constante de Standard, se ve que se mejora (con todas las combinaciones de dosificación), la claridad y brillo ya que el mínimo que se presenta es de 6

TABLA 8

FILTRACION A TRAVES DE UNA PRECAPA CONSTANTE DE HYFLO, VARIANDO TIPO Y CONCENTRACION DE F. A. EN LA DOSIFICACION.

Tipo F. A.	% F.A.	Tiempo a 100 ml (s)	\bar{V}_{F100} (ml/s)	% de $\bar{V}_{Fmáx}$	z (cm)	Filtrado			
						pH	(cp)	Claridad y Brillo	Organo lépticamente
FIB.	0.3	64	1.562	34.37	-	6.8	1.2	4	+1
FIB	1.5	25	4.0	88.0	0.29	6.8	1.2	4	0
FIB	2.0	24	4.166	91.67	0.34	6.8	1.2	4	0
STD.	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	7	+2
STD.	1.5	97	1.039	22.68	0.56	6.8	1.2	8	+1
STD.	2.0	77	1.298	28.57	0.51	6.8	1.2	8	0
HYFLO	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	5	+1
HYFLO	1.5	49	2.04	44.88	0.43	6.8	1.2	5	+1
HYFLO	2.0	35	2.857	62.86	0.47	6.8	1.2	5	+1

TABLA 9

FILTRACION A TRAVES DE UNA PRECAPA CONSTANTE DE FIBRACEL 7 F,
VARIANDO TIPO Y CONCENTRACION DE F. A. EN LA DOSIFICACION

Tipo F. A.	% F.A.	Tiempo a 100 ml	\bar{V}_{F100} (ml/s)	% de $\bar{V}_{Fm\acute{a}x}$	z (cm)	Filtrado			
						pH	μ (cp)	Claridad y Brillo	Organo lépti- camente
FIB	0.3	59	1.694	37.29	-	6.8	1.2	4	+1
FIB	1.5	23	4.347	95.64	0.41	6.8	1.2	4	+1
FIB	2.0	22	4.545	100.00	0.42	6.8	1.2	4	+1
STD	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	7	-1
STD	1.5	92	1.086	23.91	0.39	6.8	1.2	8	+1
STD	2.0	69	1.449	31.88	0.51	6.8	1.2	8	+1
HYFLO	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	5	+1
HYFLO	1.5	39	2.564	56.41	0.44	6.8	1.2	5	+2
HYFLO	2.0	31	3.225	70.95	0.47	6.8	1.2	5	+2

TABLA 10

FILTRACION A TRAVES DE UNA PRECAPA CONSTANTE DE STANDARD SUPER GEL VARIANDO TIPO Y CONCENTRACION DE F. A. EN LA DOSIFICACION

Tipo F. A.	% F.A.	Tiempo a 100 ml	\bar{V}_{F100} (ml/s)	% de $\bar{V}_{Fmáx}$	z (cm)	Filtrado			
						pH	(cp)	Claridad y Brillo	Organo lépti- camente
FIB	0.3	100	1.000	22.0	-	6.8	1.2	6	-1
FIB	1.5	43	2.325	51.15	0.46	6.8	1.2	7	+2
FIB	2.0	39	2.564	56.41	0.55	6.8	1.2	7	+2
STD	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	9	+1
STD	1.5	117	0.854	18.80	0.57	6.8	1.2	10	+1
STD	2.0	87	1.149	25.28	0.60	6.8	1.2	10	+2
HYFLO	0.3	-	-	-	-	6.8	1.2	7	0
HYFLO	1.5	51	1.960	43.13	0.44	6.8	1.2	8	+2
HYFLO	2.0	48	2.083	45.83	0.55	6.8	1.2	8	+2

(y no de 4 como en las tablas 8 y 9) y el máximo de 10; de 6 se presenta cuando el Fibracel esta presente en la dosificación a una concentración de 0.3 % y de 10 cuando el propio Standard esta presente a 1.5 y 2.0 %, aunque en este caso se tiene también el menor valor de velocidad de filtración de los presentados en las tablas 8, 9 y 10.

En las tablas 11 y 12 en las cuales se presentan las diferentes combinaciones de filtro ayuda en precapa y dosificación a concentraciones de ésta última constante, se observa que:

a) La mayor velocidad de filtración se logró teniendo en la dosificación el Fibracel, la media con el Hyflo y la más lenta con el Standard; la presencia de estos filtro ayudas en el orden anteriormente mencionado en la precapa favorecerá aún más el decremento en la velocidad de filtración.

b) El brillo varió en forma inversa a la velocidad, obteniéndose así los más altos valores en las muestras donde el Standard estuvo presente como dosificación y como precapa, seguida por la combinación de dosificación de Standard y precapa Hyflo o Fibracel.

c) En cuanto a la evaluación organoléptica, la mayoría de las muestras gustó.

d) El espesor de la torta varió de 0.41 a 0.57, sin seguir un comportamiento definido debido a que no se pudo controlar de forma adecuada la uniformidad de su formación.

e) El pH se mantuvo constante en 6.8 y la viscosidad en 1.2 cp.

En la gráfica 8 las diferentes combinaciones de filtro ayuda en precapa y dosificación nos dan rectas que parecen estar agrupadas en velocidades de filtración muy parecidas, teniendo los grupos i, ii, iii de la siguiente forma:

TABLA 11

FILTRACION MANTENIENDO EN 1.5 % LA CONCENTRACION DE EL F. A. DE DOSIFICACION.

F.A. de precapa	F.A. de Dosificación	\bar{V}_{F100} (ml/s)	% de $\bar{V}_{Fm\acute{a}x}$	z (cm)	* Filtrado	
					Claridad y Brillo	Organo lépticamente
FIB	FIB	4.347	95.64	0.41	4	+1
HYFLO	FIB	4.000	88.00	0.50	4	0
FIB	HYFLO	2.564	56.41	0.44	5	+2
STD	FIB	2.325	51.15	0.46	7	+2
HYFLO	HYFLO	2.040	44.88	0.43	5	+1
STD	HYFLO	1.960	43.13	0.44	8	+2
FIB	STD	1.086	23.91	0.39	8	+1
HYFLO	STD	1.030	22.68	0.56	8	-1
STD	STD	1.854	18.80	0.57	10	+1

*Todas las muestras tuvieron un pH de 6.8 y una viscosidad de 1.2 cp.

TABLA 12

FILTRACION MANTENIENDO EN 2.0 % LA CONCENTRACION DE EL F. A. DE DOSIFICACION

F.A. de precapa	F.A. de Dosificación	\vec{V}_{F100} (ml/s)	$\frac{\%}{\vec{V}_{Fmáx}}$ de	z (cm)	* Filtrado	
					Claridad y Br	Organo lepticamente
FIB	FIB	4.545	100.00	0.42	4	+1
HYFLO	FIB	4.166	91.67	0.34	4	0
FIB	HYFLO	3.225	70.957	0.47	5	+2
HYFLO	HYFLO	2.857	62.86	0.47	5	+1
STD	FIB	2.564	56.40	0.55	7	+2
STD	HYFLO	2.083	45.83	0.55	8	+2
FIB	STD	1.449	31.88	0.51	8	+1
HYFLO	STD	1.298	28.57	0.51	8	0
STD	STD	1.149	25.289	0.43	10	+2

* Todas las muestras tuvieron un pH de 6.8 y una viscosidad de 1.2 cp.

	<u>Precapa</u>	<u>Dosificación</u>
i	Fibracel	Fibracel
	Hyflo	Fibracel
ii	Fibracel	Hyflo
	Standard	Fibracel
	Standard	Hyflo
iii	Fibracel	Standard
	Hyflo	Standard
	Standard	Standard

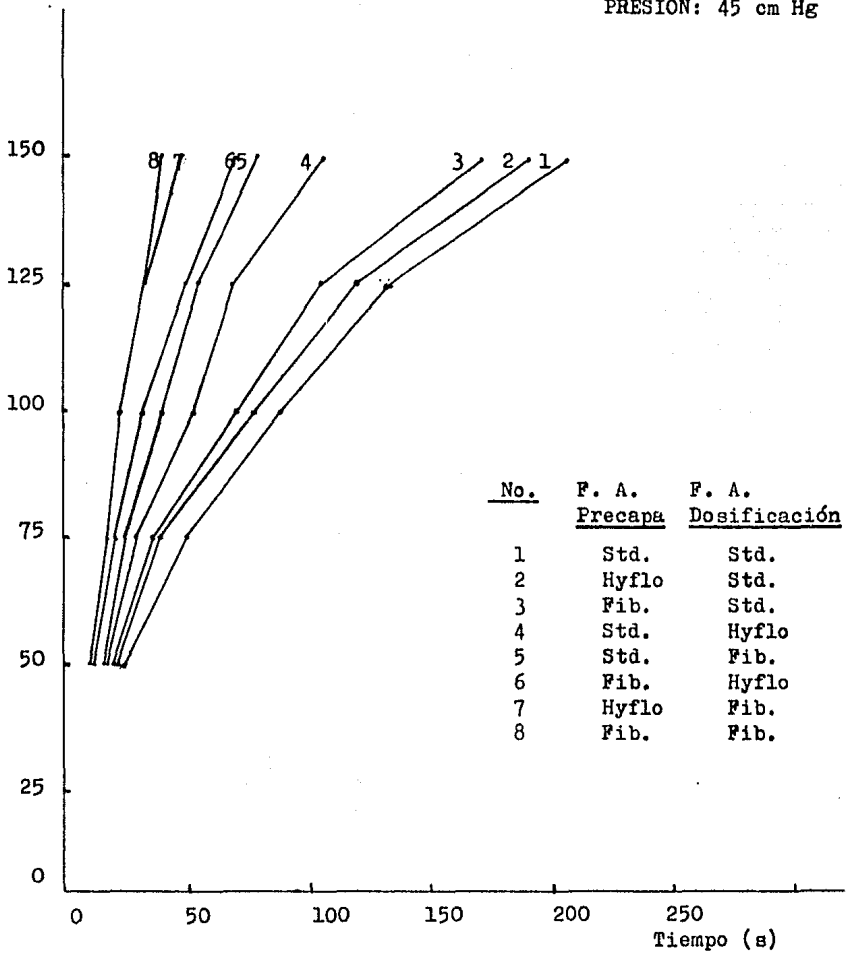
Las tablas 13, 14 y 15 permiten comprobar los resultados mencionados anteriormente. En la tabla 13 en la cual se presentan las diferentes combinaciones de filtro ayuda de precapa y dosificación, se corrobora que se logra la mayor velocidad de filtración cuando el Fibracel esta presente en la precapa y dosificación y la menor cuando lo esta el Standar.

En la tabla 14 con las combinaciones dispuestas de acuerdo a la claridad y brillo, se observa que la mejor se presenta cuando el Standard se presenta en la precapa y dosificación, ya que es cuando se tiene el máximo de 10, aunque tambien la de Standard (precapa) y Hyflo (dosificación) nos dan un brillo aceptable de 8 (en comparación al anterior) y una \bar{V}_{F100} media. Del mismo modo, dentro de las combinaciones que tuvieron puntuación de 2 (en cuanto a su evaluación organoléptica) esta la que presenta la menor velocidad de filtración ó sea con el Standard en precapa y dosificación; la combinación que presenta la mayor velocidad de filtración (Fibracel en precapa y dosificación) esta situada en el valor de "gusta" o sea de +1, que también es aceptable.

Cuando las muestras anteriormente citadas se filtran --

Volumen de
Filtrado (ml)

PAPEL: US-933
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg



GRAFICA 8
VELOCIDAD DE FILTRACION

TABLA 13

CLASIFICACION DE LAS COMBINACIONES DE F. A. EN PRECAPA Y DOSIFICACION DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE FILTRACION

Velocidad de Filtración	% de $\bar{V}_{Fm\acute{a}x}$	Combinación	
		F. A. Precapa	F. A. *Dosificación
RAPIDA	75.1 - 100.0	FIB	FIB
		HYFLO	FIB
MEDIA	40.1 - 75.0	HYFLO	HYFLO
		STD	FIB
		FIB	HYFLO
		STD	HYFLO
LENTA	0.0 - 40.0	HYFLO	STD
		FIB	STD
		STD	STD

*Dosificación al 1.5 y 2.0 % .

TABLA 14

CLASIFICACION DE LAS COMBINACIONES DE F. A. EN PREGAPA Y DOSIFICACION DE ACUERDO A LA CLARIDAD Y BRILLO

Claridad y Brillo	Valor	Combinación		% T
		F. A. Precapa	F. A. *Dosificaciór.	
MAXIMO	10	STD	STD	93.7
ELEVADO	8-9	HYFLO	STD	79.3
		FIB	STD	76.8
		STD	HYFLO	71.2
MEDIO	6-7	STD	FIB	63.5
BAJO	4-5	HYFLO	HYFLO	43.1
		FIB	HYFLO	42.6
		HYFLO	FIB	36.4
		FIB	FIB	35.4
MINIMO	1-3	-	-	-

*Dosificación al 2.0 % .A una concentración de 1.5 % el valor de % T se modifica en ± 2 unidades.

TABLA 15

CLASIFICACION DE LAS COMBINACIONES DE F. A. EN PRECAPA Y DOSIFICACION DE ACUERDO A LAS PRUEBAS ORGANOLEPTICAS

Organolépticamente	Combinación	
	F. A. Precapa	F. A. Dosificación
GUSTA MUCHO (+2)	STD	STD
	STD	HYFLO
	STD	FIB
	FIB	HYFLO
GUSTA (+1)	FIB	STD
	HYFLO	HYFLO
	FIB	FIB
NI GUSTA, NI DISGUSTA (0)	HYFLO	FIB
	HYFLO	STD
DISGUSTA (-1)	-	-
DISGUSTA MUCHO (-2)	-	-

por segunda vez a través de una precapa de Standard con dosificación del mismo al 2.35 % (tabla 16) se observó que:

a) La viscosidad y el pH no varían.

b) El espesor de torta permanece constante.

c) Se obtiene un rango de % de T de 92.2 a 97.3, que corresponde a una claridad y brillo de 10, no importando el valor de transmitancia de la muestra proveniente de la primera filtración.

d) En todos los casos la velocidad de filtración es mayor que los obtenidos en la primera filtración, en un rango de 4.5 a 5 ml/s (que es muy estrecho y que por lo tanto se puede considerar constante).

Por lo anterior se puede decir que en la segunda filtración con Standard se mejora substancialmente el brillo y claridad así como la velocidad de filtración no importando en gran manera o de forma decisiva la transmitancia de la muestra a filtrar.

Por todo lo anterior, en la selección de la combinación de filtro ayuda de precapa y dosificación para llevar a cabo el proceso se podían haber seguido dos opciones:

1a) Seleccionar un filtro ayuda que nos proporcione una velocidad de filtración media pero buena claridad, brillo y aceptabilidad, o

2a) Llevar a cabo el proceso de clarificación por filtración en dos etapas; en la primera utilizar la combinación que nos dió la mayor velocidad de filtración no importando de momento la claridad y brillo (ya que sería para separar los sólidos gruesos suspendidos que tienden a obstruir rápidamente los poros del medio filtrante), y en la segunda filtración se llevaría a cabo para una refinación de la clarificación o abrillantamiento del jugo (7).

TABLA 16

SEGUNDA FILTRACION A TRAVES DE PRECAPA Y DOSIFICACION AL 2.0 % DE STANDARD

1a. Filtración		2a. Fil.	%	Claridad	\bar{V}	μ	pH	z
Precapa	Dosificación	Precapa y Dosificación	T	y Brillo	F100 (ml/s)	(cp)		(cm)
FIB	FIB	STD	92.2	10	4.7	1.2	6.8	0.40
HYFLO	FIB	STD	93.4	10	4.7	1.2	6.8	0.44
FIB	HYFLO	STD	93.7	10	4.7	1.2	6.8	0.37
HYFLO	HYFLO	STD	93.9	10	4.5	1.2	6.8	0.44
STD	FIB	STD	96.1	10	5.0	1.3	6.8	0.40
STD	HYFLO	STD	96.1	10	4.7	1.2	6.8	0.41
HYFLO	STD	STD	96.2	10	4.7	1.2	6.8	0.41
FIB	STD	STD	97.0	10	5.0	1.2	6.8	0.41
STD	STD	STD	97.3	10	5.0	1.2	6.8	0.42

Siguiendo la primera opción la combinación seleccionada es: precapa de Standard y dosificación de Hyflo (básandose - en las tablas 13, 14 y 15), ya que proporciona una velocidad media, una claridad y brillo de 8 y catalogado organolépticamente con un valor de +2.

En la segunda opción la elección óptima será la utilización del Fibracel en precapa y dosificación en la primera -- filtración, y del Standard también en precapa y dosificación para la segunda filtración. Esto debido a que si las mejoras obtenidas (tabla 14) en la segunda filtración con Standard, son las mismas independientemente de las características del filtrado proveniente de la primera filtración, es mejor utilizar el Fibracel en esa primera filtración para acelerar dicha etapa.

Debido a que la claridad y brillo proporcionado por el filtrado de la primera opción no era máximo y por lo tanto a de ca da do para s at is f a c e r nos o b j e t i v o s, se decidió por la segunda opción.

Cuando el Fibracel esta presente en la precapa y se varía su concentración en la dosificación, se tiene que:

a) Hasta una concentración del 2.3 % de filtro ayuda, - se obtiene verdadera formación de torta (tabla 17) y por lo tanto es a partir de este dato que se tiene mayor confianza en los resultados de velocidad de filtración. A una concentración menor a 2.3 % no se forma torta y el flujo de filtrado llega a ser muy lento al disminuir la porosidad de la incipiente torta por la deposición de los sólidos del jugo dentro de cuyo seno se pierden las partículas de filtro ayuda - sin llegar a establecer entre ellas el puenteo adecuado que les permita cumplir con sus funciones de ayuda de filtración.

TABLA 17

FILTRACION A TRAVES DE PRECAPA Y DOSIFICACION VARIABLE DE FIBRACEL

% Dosi fici ción	\bar{V}_{F100} (ml/s)	% de $\bar{V}_{Fmáx}$	Forma ción torta	z (cm)	Filtrado				
					% T	Clari dad y Brillo	pH	μ (cp)	Organo lepti- camente
2.2	0.492	56.1	-	-	35.4	4	6.6	1.2	+2
2.3	0.555	63.2	+	1.42	37.0	4	6.6	1.2	+1
2.4	0.606	69.0	+	1.40	39.0	4	6.6	1.2	-1
2.6	0.649	74.0	+	1.35	40.4	5	6.6	1.2	-1
2.8	0.757	86.3	+	1.34	42.8	5	6.6	1.2	+2
3.0	0.775	88.3	+	1.29	42.2	5	6.6	1.2	+2
3.2	0.862	98.2	+	1.27	42.9	5	6.6	1.2	+2
3.4	0.854	97.3	+	1.33	44.2	5	6.6	1.2	+2
3.6	0.877	100.0	+	1.35	48.1	5	6.6	1.2	+2
3.8	0.869	99.0	+	1.39	48.7	5	6.6	1.2	+1
4.4	0.806	91.9	+	1.47	51.8	6	6.6	1.2	+1

b) En el momento de que se logra una concentración de - 3.2 % el espesor de la torta que había estado disminuyendo en pieza a aumentar paulatinamente con la concentración.

c) Hay un rango de concentraciones (gráficas 10, 11, 12) en que se mejora substancialmente la velocidad de filtración, pero llegado a un límite, ó se mantiene constante o disminuye ya que el incremento del espesor de torta produce entonces una mayor resistencia al flujo. Por lo anterior se considera - que aunque la concentración del 3.6 % es la que produce la mayor velocidad de filtración, la concentración de 3.2 % es la óptima, ya que la diferencia en cuanto a velocidad de filtración no es muy grande (se tiene el 98.28 % de la \bar{V}_{F100} obtenida a una concentración de 3.6 %), obteniéndose una velocidad de filtración que se puede considerar bastante satisfactoria. La máxima concentración manejada que fué de 4.4 % produce por el contrario una \bar{V}_{F100} equivalente al 91.9 % de la máxima (tabla 17).

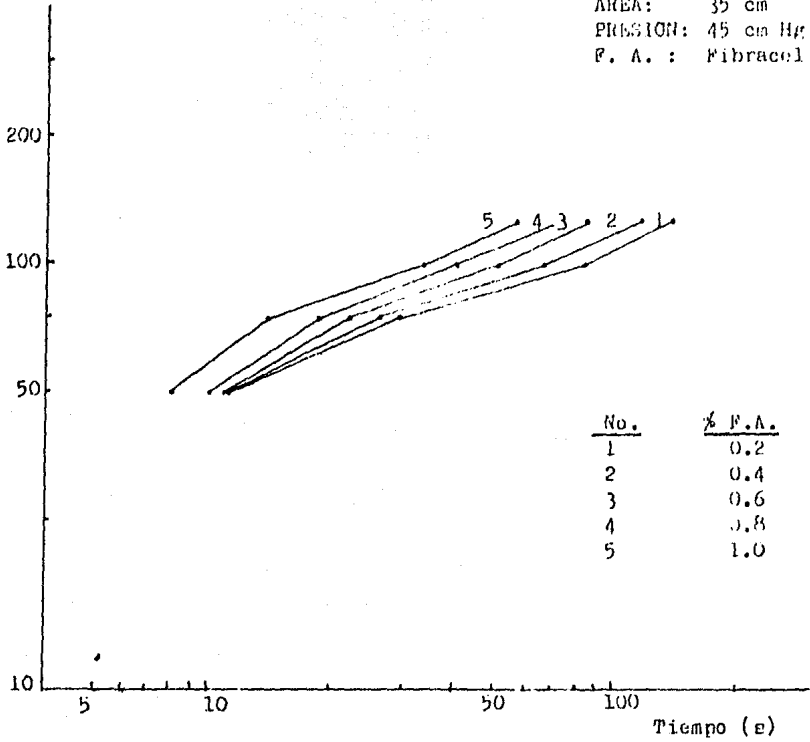
d) La transmitancia no aumento notablemente (tabla 17) y por lo tanto la claridad y brillo tampoco, pudiéndose decir entonces que para este grado de filtro ayuda, el brillo obtenido a bajas concentraciones es igual o muy parecido al obtenido a altas concentraciones.

e) El pH se mantuvo en 6.6 y la viscosidad en 1.2 cp; - organolépticamente no hubo cambios drásticos ya que la mayoría de las muestras fueron agradables.

En importante hacer notar que la concentración de filtro ayuda requerida para la dosificación puede variar si se - modifica el contenido, tamaño y forma de los sólidos a separar; así tenemos que si el jugo de tuna lo pasamos por un tamiz antes de filtrarlo (gráfica 9), se tiene ya una torta formada entre 0.8 y 1.0 %, ya que según se puede ver en la tabla

Volumen de
Filtrado (ml)

JUGO PASADO POR
UN TAMIZ ANTES
DE FILTRAR.
PAPEL: US-933
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Fibracol



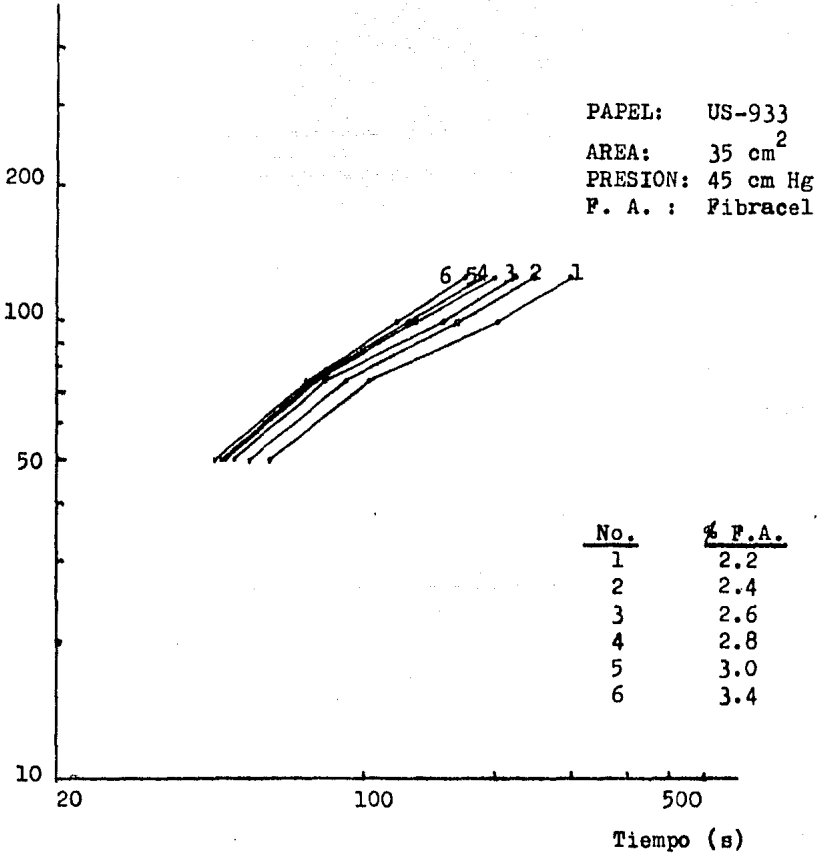
GRAFICA 9
VELOCIDAD DE FILTRACION

TABLA 18

CORRELACIONES Y PENDIENTES DE LA GRAFICA 9

No. Corrida	% P. A.	Pendiente	Correlación
1	0.20	0.357	0.9964
2	0.40	0.376	0.9955
3	0.60	0.369	0.9812
4	0.80	0.458	0.9917
5	1.00	0.537	0.9846
6	1.17	0.536	0.9921
7	1.34	0.494	0.9996
8	1.50	0.519	0.9985
9	2.00	0.628	0.9961

Volumen de
Filtrado (ml)



GRAFICA 10
VELOCIDAD DE FILTRACION

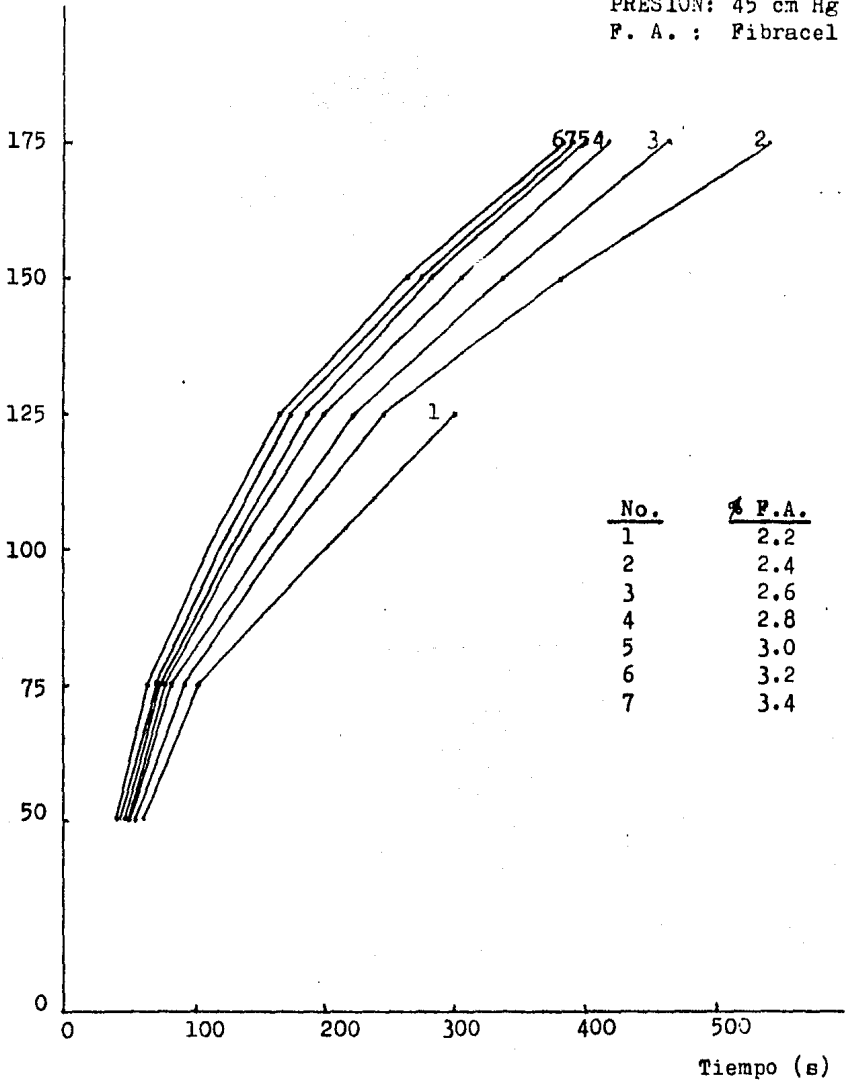
TABLA 19

CORRELACIONES Y PENDIENTES DE LA GRAFICA 10

No. Corrida	% F. A.	Pendiente	Correlación
1	2.2	0.552	0.9977
2	2.4	0.588	0.9978
3	2.6	0.595	0.9981
4	2.8	0.634	0.9980
5	3.0	0.649	0.9948
6	3.2	0.592	0.9964
7	3.4	0.670	0.9956
8	3.6	0.673	0.9950
9	3.8	0.607	0.9979
10	4.4	0.697	0.9985

Volumen de
Filtrado (ml)

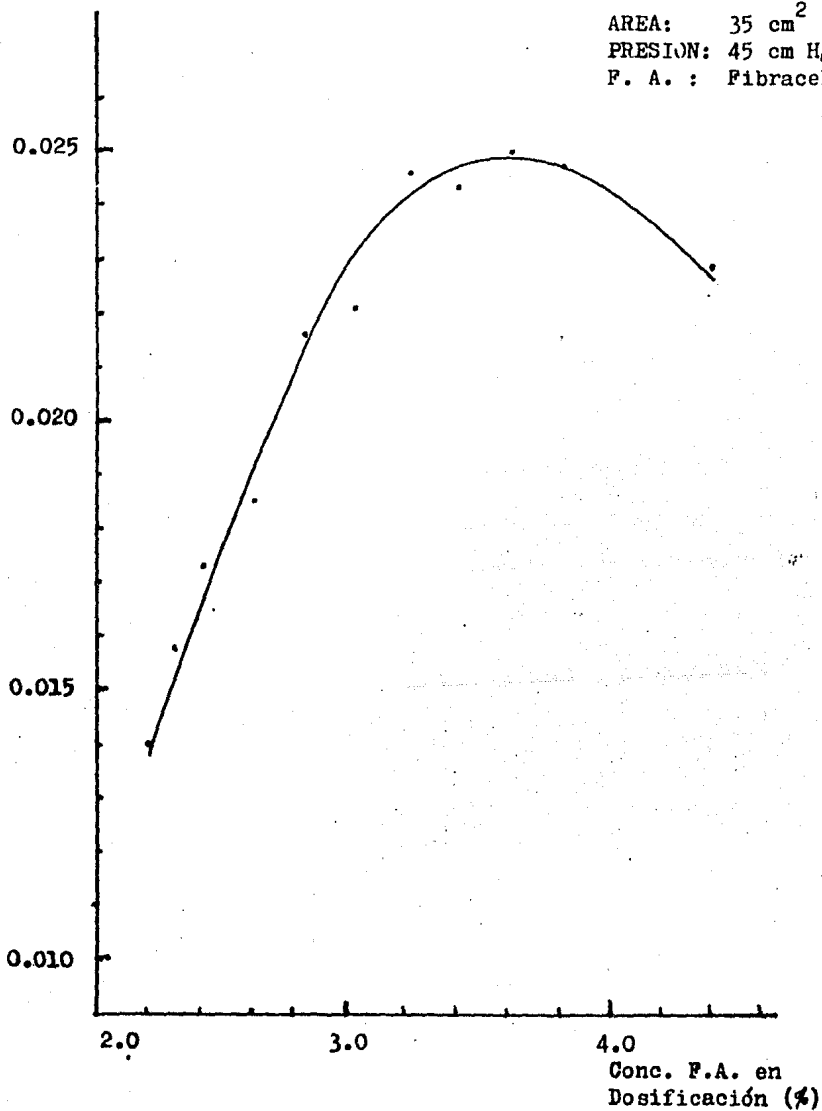
PAPEL: US-933
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Fibracel



GRAFICA 11
VELOCIDAD DE FILTRACION

Velocidad de
Filtración (ml/s cm²)

PAPEL: US-933
AREA: 35 cm²
PRESION: 45 cm Hg
F. A. : Fibracel



GRAFICA 12
DOSIFICACION OPTIMA DE F.A.

18 es a partir de este momento que se alcanza una pendiente - de 0.5 en la gráfica de $\log V$ contra $\log t$. En cambio en la - gráfica 10, desde la concentracione de 2.2 % se tiene una pendiente mayor a 0.5 y va aumentando a medida que se incrementa el porcentaje de filtro ayuda adicionado al jugo. Las correlaciones en ambos casos nos dicen que efectivamente existe una relación lineal entre el $\log V$ y $\log t$.

Para mejorar la claridad y brillantez del jugo prove--- niente de esta primera filtración basta con pasarlo en una se gunda etapa de filtración a través de una precapa de Standard ya que cualquier dosificación de Standard al jugo será innece saria porque al variar ésta última se tiene (tabla 20) que: la \bar{V}_{P100} , el % T, la claridad y brillo, el pH y la viscosidad permanecen inalterables.

TABLA 20

SEGUNDA FILTRACION A TRAVES DE PRECAPA Y DOSIFICACION
VARIABLE DE STANDARD

Dosi- fica- ción	V _{F100} (ml/s)	z (cm)	Filtrado				Organo- lepti- camente
			% T	Claridad y Brillo	pH	μ (cp)	
0.0	2.222	0.21	93.7	10	6.6	1.2	+2
0.1	2.222	0.22	94.3	10	6.6	1.2	+1
0.3	2.222	0.24	94.8	10	6.6	1.2	+1
0.5	2.173	0.27	94.9	10	6.6	1.2	+2
0.7	2.272	0.28	95.0	10	6.6	1.2	0
0.9	2.272	0.30	95.1	10	6.6	1.2	+2

5.3 FILTRACION EN EQUIPO PILOTO.

Cuando el jugo de tuna se filtró en el filtro prensa se observa en las hojas de datos de proceso, que:

a) La etapa de formación de precapa (de 1.6 mm de espesor) se efectuó recirculando dicha suspensión a una presión de 0.15 Kg/cm^2 durante 6 minutos cuando se empleó el Fibracel, y 10 minutos cuando se empleó el Standard. Esta presión permitió mantener una uniformidad en la formación de la precapa.

b) La filtración del jugo se realizó a una presión de 0.3 Kg/cm^2 , la cual mantuvo un flujo adecuado para impedir el deterioro de la precapa; pero aunque este deterioro se evitó por fluctuaciones de presión, sí influyó en su estabilidad y por lo tanto en la claridad y brillo del jugo filtrado, la vibración del equipo.

c) El filtrado obtenido en estas corridas presentó una densidad de 1.04 g/cm^3 y una viscosidad de 1.2 cp. Además hubo una disminución de un grado Baumé y por lo tanto de grados Brix con respecto al jugo sin filtrar, debido principalmente a la presencia de agua en el equipo proveniente tanto de la suspensión de precapa como del lavado del mismo.

d) Efectivamente con el Standard se logran valores más altos de % T y por lo tanto de claridad y brillo que con el Fibracel, pero éstos y los valores de pH son muy bajos comparados con los obtenidos en la filtración a vacío. Esto aunado al hecho de estas muestras clarificadas se enturbiaran al día siguiente de ser obtenidas, aunque estuvieron almacenadas a temperatura de refrigeración, demuestra que la agitación con aire no es la más adecuada tanto por el riesgo a que afecte el puenteo de las partículas en la torta, como por la modifi-

D A T O S D E P R O C E S O

LIQUIDO A FILTRAR: Jugo de tuna del separador de semillas

SOLIDOS SUSPENDIDOS 0.9 %

LICOR _____

TEMPERATURA 18°C

g. g. 1.05

VISCOSIDAD 12 cp

BAUME 7 (12.6 °Brix)

CORRIDA 1
ACONDICIONAMIENTO

AJUSTE DE pH _____

AJUSTE DE TEMPERATURA _____

AGENTE FLOCULANTE (TIPO) _____ % ADICIONADO _____

FILTRO AYUDA MEZCLADO (TIPO) Fibracel % ADICIONADO 1.15

PRECAPA

FILTRO AYUDA USADO Fibracel CANTIDAD 22.83 g

LIQUIDO DE PRECAPA Jugo claro-agua VOLUMEN 5 000 cm³

PROCEDIMIENTO DE PRECAPA Recirculación de la suspensión

ESPESOR DE PRECAPA 1.6 mm

CORRIDA 2
ACONDICIONAMIENTO

AJUSTE DE pH _____

AJUSTE DE TEMPERATURA _____
AGENTE FLOCULANTE (TIPO) _____ % ADICIONADO _____
FILTRO AYUDA MEZCLADO (TIPO) Fibracel % ADICIONADO 2.3

PRECAPA

FILTRO AYUDA USADO Fibracel CANTIDAD 22.83 g
LIQUIDO DE PRECAPA Jugo claro-agua VOLUMEN 5 000 cm³
PROCEDIMIENTO DE PRECAPA Recirculación de la suspensión
ESPESOR DE PRECAPA 1.6 mm

CORRIDA 3
ACONDICIONAMIENTO

AJUSTE DE pH _____
AJUSTE DE TEMPERATURA _____
AGENTE FLOCULANTE (TIPO) _____ % ADICIONADO _____
FILTRO AYUDA MEZCLADO (TIPO) Fibracel % ADICIONADO 3.2

PRECAPA

FILTRO AYUDA USADO Fibracel CANTIDAD 22.83 g
LIQUIDO DE PRECAPA Jugo claro-agua VOLUMEN 5 000 cm³
PROCEDIMIENTO DE PRECAPA Recirculación de la suspensión
ESPESOR DE PRECAPA 1.6 mm

CORRIDA 4
ACONDICIONAMIENTO

AJUSTE DE pH _____

AJUSTE DE TEMPERATURA _____
 AGENTE FLOCULANTE (TIPO) _____ % ADICIONADO _____
 FILTRO AYUDA MEZCLADO (TIPO) Standard % ADICIONADO 3.2

PRECAPA

FILTRO AYUDA USADO Standard CANTIDAD 22.83 g
 LIQUIDO DE PRECAPA Jugo claro-agua VOLUMEN 5 000 cm³
 PROCEDIMIENTO DE PRECAPA Recirculación de la suspensión
 ESPESOR DE PRECAPA 1.6 mm

FILTRADO

CORRIDA No.	1	2	3	4
pH	4.3	4.2	4.2	4.5
*BAUME	6	6	6	6
*BRIX	10.8	10.8	10.8	10.8
* T	18.2	23.3	16.1	39.2
CLARIDAD Y BRILLO	2	3	2	4
DENSIDAD (g/cm ³)	1.04	1.04	1.04	1.04
VISCOSIDAD (cp)	1.2	1.2	1.2	1.2

TORTA DE FILTRACION

CORRIDA No.	1	2	3	4
HUMEDAD (%)	81	72	73.3	70.9
RELACION DE MASA DE TORTA HUMEDA/MASA DE TORTA SECA	5.2	3.6	3.7	3.4

cación en las propiedades del jugo (pH).

Cuando se hace uso del Fibracel para la formación de -- precapa y se varia su concentración en la dosificación, se obtiene la mayor velocidad de filtración (gráfica 13) a 3.2 % - aunque no es mucha la diferencia con respecto al 2.3 %.

Bajo las condiciones de prueba fue posible obtener una torta completamente formada al espesor del marco tanto a 3.2 % como a 2.3 %, pero no así a 1.15 %, ésto puede ser debido a la baja presión suministrada durante la filtración.

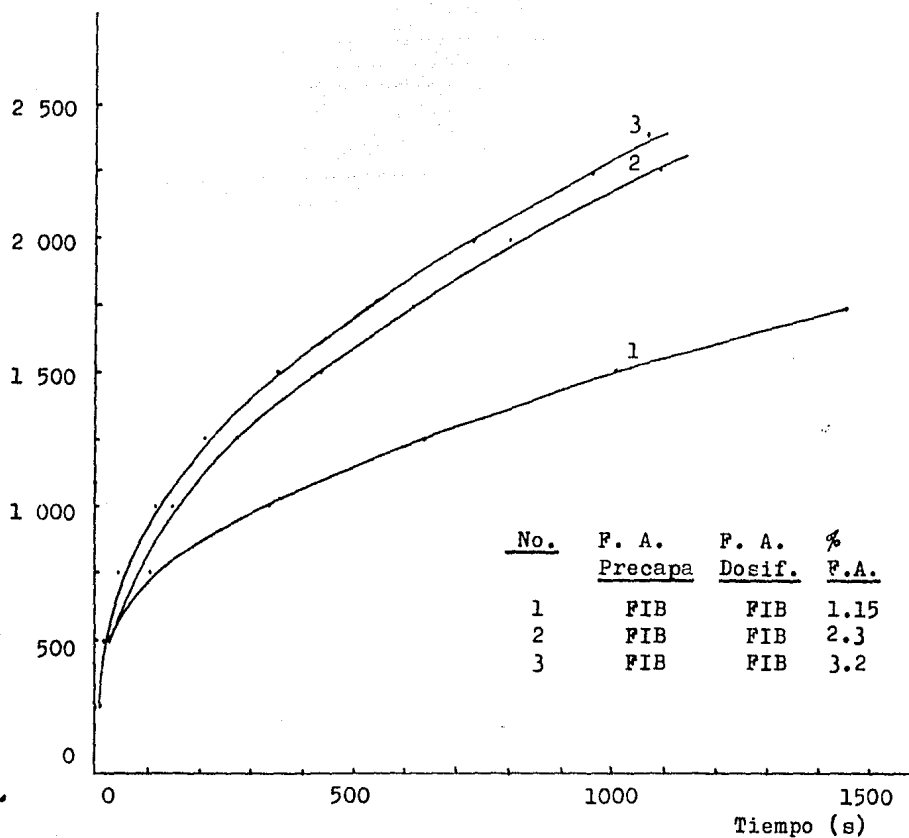
A una concentración del 3.2 % de filtro ayuda en la dosificación se comprueba que también a presiones arriba de la atmosférica es mayor la velocidad de filtración (gráfica 14) cuando el filtro ayuda de precapa y dosificación es el Fibracel que cuando es el Standard debido entre otras causas al valor más alto de α que presenta la torta formada con éste último (tabla 21)

Es importante hacer notar que, por estar accionado el - filtro por una bomba de desplazamiento positivo (24), en las gráficas 13 y 14, el punto de inflexión en las curvas (aproximadamente a 500 ml) corresponde al momento en que se alcanzó la presión de 0.3 Kg/cm^2 , valor que se mantuvo constante durante toda la corrida.

Es probable que las corridas lentas de esta etapa mejoren la velocidad de filtración presentada si se emplea una bomba que suministre una presión mayor, por lo que se puede considerar que el 2.3 % de Fibracel da una velocidad de -- filtración bastante satisfactoria.

Volumen de
Filtrado (ml)

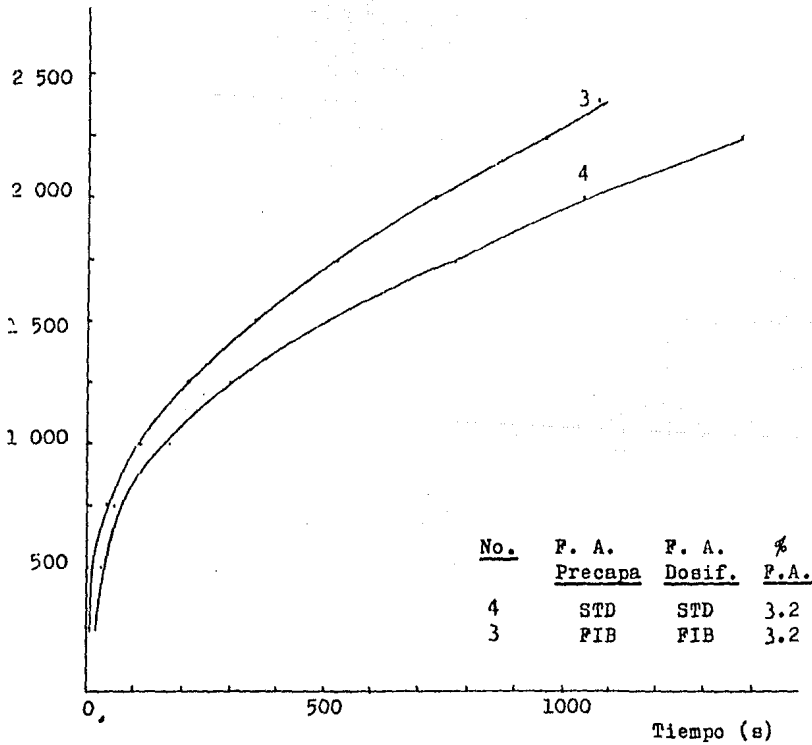
PAPEL: US-933
PRESION: 0.3 Kg/cm²



GRAFICA 13
VELOCIDAD DE FILTRACION

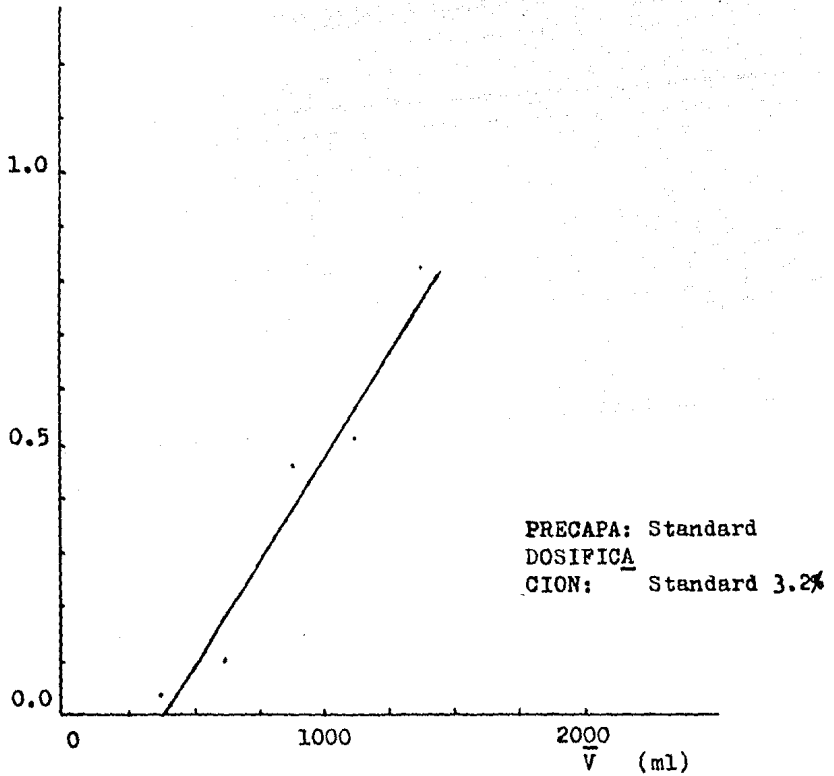
Volumen de
Filtrado (ml)

PAPEL: US-933
PRESION: 0.3 Kg/cm²



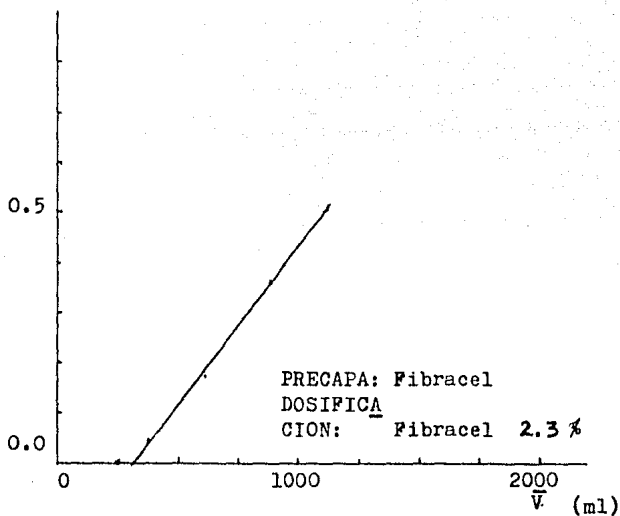
GRAFICA 14
VELOCIDAD DE FILTRACION

$\Delta t / \Delta V$



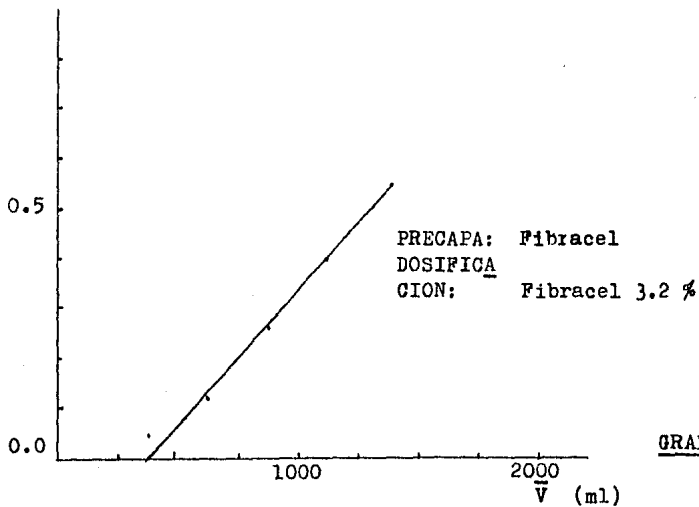
GRAFICA 15

$\Delta t/\Delta V$ (s/ml)



GRAFICA 16

$\Delta t/\Delta V$ (s/ml)



GRAFICA 17

La segunda etapa de filtración a través de una precapa de Stantard también se llevo a cabo, pero la evaluación del filtrado así obtenido no es confiable y por lo tanto no se reporta debido a que el volumen utilizado fué muy pequeño, presentándose por ello una dilucion apreciable.

La tendencia de los puntos en las gráficas 15, 16 y 17 así como su correlación (tabla 21), indican que hay una relación lineal entre $\Delta t/\Delta V$ y \bar{V} . Aunque no se pudo determinar el valor de la resistencia del medio (R_m), se sabe que en general la relación de R_m/α deberá ser menor que 0.1 (24).

El valor de la resistencia especifica de la torta (α) - obtenida, es el promedio entre la de el filtro ayuda y la presentada por los sólidos separados del jugo. Un valor mayor de α (tabla 21) se traduce en una mayor lentitud de la velocidad de filtración al disminuir la concentración del Fibracel del 3.2 al 1.15 % (α aumentó de 5×10^{10} a 3×10^{11}).

Respecto a los valores de α se reporta (38) para tierra de diatomeas sola, un valor de 1.17×10^7 a una presión de -- 1.76 Kg/cm^2 , lo que da idea de la forma en que estan influyendo los sólidos del jugo en la modificación de este valor, aun que también influye en dicho valor la vibración del equipo -- (14).

TABLA 21

FILTRACION EN EQUIPO PILOTO

No. Corrida	F. A. Precapa	F. A. Dosificación	% F. A.	* \bar{V}_F (ml/s)	α (cm/g)	Correlación Gráficas de $\Delta t/\Delta V - \bar{V}$
1	FIB	FIB	1.15	1.197	3×10^{11}	0.99
2	FIB	FIB	2.3	2.854	9×10^{10}	0.99
3	FIB	FIB	3.2	3.314	5×10^{10}	0.99
4	STD	STD	3.2	2.269	8×10^{10}	0.97

*Velocidad de filtración al recolectarse 1750 ml de filtrado.

6.0 CONCLUSIONES

5.1 GENERALES.

Es posible obtener por medio de un procedimiento mecánico como lo es la filtración, un jugo de tuna con características sensoriales de claridad y brillantez aceptables para su posterior aplicación en la industria de jarabes de frutas.

Para optimizar la etapa de filtración en el equipo piloto del L E M-Alimentos, tomando en cuenta los resultados obtenidos y las recomendaciones del capítulo 2 es necesario modificar el sistema de filtración empleado, fundamentalmente en los siguientes aspectos (diagrama 6):

- Cambiar la bomba de engranes por una centrífuga que proporcione presiones del orden de 5 Kg/cm^2 .
- Instalar una bomba dosificadora de filtro ayuda.
- Modificar el fondo de los tanques alimentadores al filtro así como su descarga.
- Utilizar agitación mecánica en lugar de aire.
- Instalar rotámetros y manómetros

6.2 PARTICULARES.

El jugo de tuna se caracteriza por tener un pH de 6.6 a 6.8, una viscosidad de 12 cp, una densidad de 1.05 g/cm^3 y un contenido de sólidos de 0.9 % a una temperatura de 20°C .

La filtración de jugo de tuna a presiones de vacío nos permite concluir que:

- Es necesaria la utilización de filtro ayuda para impedir la rápida obstrucción del medio filtrante y por lo tanto ciclos cortos de filtración. Estos filtro ayudas se usan for-

mando una precapa sobre el medio filtrante y como dosificación o sea mezclados en cierto porcentaje con el jugo a filtrar.

- El medio filtrante más adecuado es el US-933 en comparación con el US-917, ya que nos permite obtener una mayor velocidad de filtración.

- El filtro ayuda que se utilice como dosificación será el que influya en mayor proporción en las características de velocidad de flujo a través de la torta de filtración y de claridad y brillo del jugo filtrado, debido a que será el que ocupe mayor porcentaje del volumen de torta de filtración.

- Por lo anterior, la presencia del Fibracel en la dosificación es decisiva para tener la mayor velocidad de filtración siempre y cuando el material de precapa presente una permeabilidad que le permita ofrecer un flujo aceptablemente rápido. Se tiene así que cuando el Fibracel (dosificación), trabaja con una precapa de: a) Fibracel, se logra la mayor velocidad de filtración debido a su alta porosidad y por lo tanto permeabilidad lo que se traduce así mismo en el menor valor de claridad y brillo ó sea de 4; b) Hyflo, se obtiene la velocidad de filtración inmediata inferior a la máxima y una claridad y brillo de 5; c) Standard, se tiene una velocidad muy lenta.

Del mismo modo en la medida en que el Standard presente en la dosificación, se combine con filtro ayuda de menor permeabilidad, se obtendrán mejores valores de claridad y brillo.

- Es necesario llevar a cabo la filtración en 2 etapas, una primera con Fibracel en la precapa y dosificación para eliminar las partículas de mayor tamaño presentes en el jugo - provenientes de la etapa de extracción y una segunda a través

de una precapa de Standard, para obtener un jugo de tuna clarificado hasta un valor de 10 y con excelente velocidad de filtración.

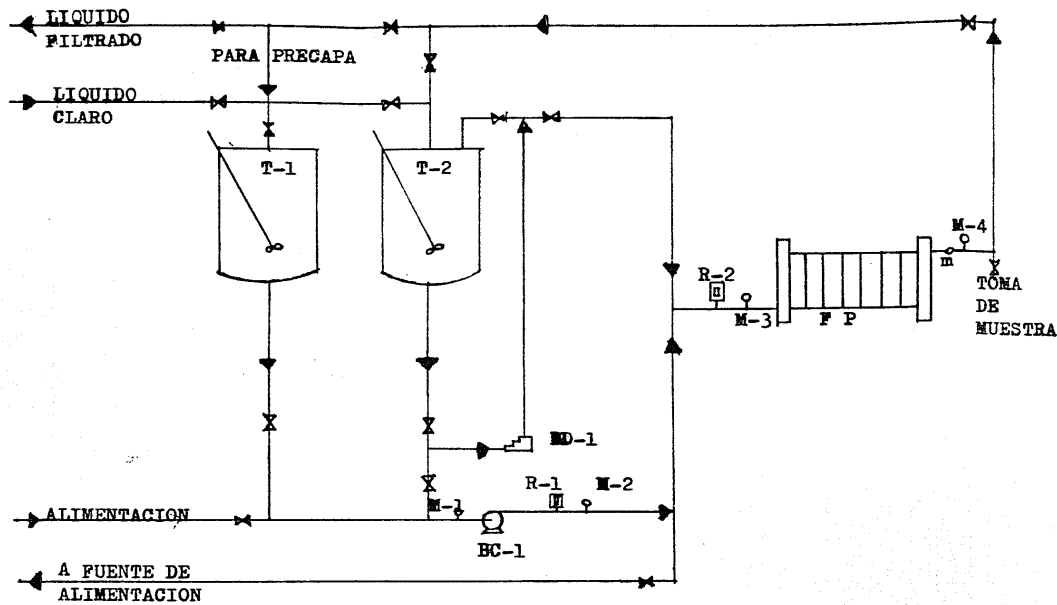
- A una concentración de 2.3 % (en la primera filtración) se tiene completamente una torta formada y a partir de este momento, al aumentar la concentración del mismo aumenta la velocidad de filtración hasta un valor que se puede considerar máximo aceptable correspondiente a una concentración de 3.2 %. Todo aumento adicional de filtro ayuda provoca solo un aumento del espesor de la torta mientras la velocidad de filtración permanece constante o disminuye.

- Variables tales como tipo de medio filtrante, combinación de filtro ayudas de precapa y dosificación, número de etapas de filtración así como concentración de la dosificación no influyen en el pH y viscosidad del jugo filtrado.

La clarificación del jugo de tuna a presiones mayores -- que la atmosférica, a través del filtro prensa de placas y -- marcos (usando el papel US-933) es posible en 2 etapas, en -- las cuales es necesaria la formación de una precapa de 1.6 -- mm de espesor (a una presión de 0.15 Kg/cm^2).

En la primera filtración el fibracel es utilizado en la precapa y a una concentración del 2.3 % en la dosificación, -- y en la segunda sólo se utiliza el Standard en la precapa .

Una velocidad de filtración baja, debida a una alta resistencia de la torta, tiene su origen entre otros factores -- en la presencia de los sólidos separados del jugo, en la -- disminución de la dosificación de el filtro ayuda, en la baja -- permeabilidad del filtro ayuda (tipo de filtro ayuda) y en la vibración del equipo.



- F P FILTRO PRENSA
 B C BOMBA CENTRIFUGA
 B D BOMBA DOSIFICADORA
 T₁ TANQUE DE PRECAPA
 T₂ TANQUE DE DOSIFICACION
 R ROTAMETRO
 M MANOMETRO
 m MIRILLA

DIAGRAMA 6
 SISTEMA DE FILTRACION PROPUESTO

6.3' RECOMENDACIONES.

a) Repetir las corridas hechas en el equipo piloto pero con una bomba que maneje presiones más altas para detectar la posibilidad de usar una concentración menor de Fibracel ó una sola etapa de filtración con el Standard.

b) Adicionar a el jugo antes de filtrar algún agente químico que provoque una coagulación del material que se mantiene en suspensión por la presencia de pectinas y gomas en el jugo, para detectar la posibilidad de emplear una concentración menor de Fibracel y/o una sola etapa de filtración con Standard.

c) En caso de que no se logre disminuir aún así la concentración de el filtro ayuda empleado y para evitar las desventajas de la descarga continua del filtro prensa, establecer las condiciones adecuadas para llevar a cabo la clarificación por medio de la filtración a través de un filtro continuo de vacío de tambor rotatorio.

7.0 A N E X O S.

7.1 ANALISIS MATEMATICO PARA PRUEBAS CON FILTRO AYUDA.

Partiendo de la ecuación general de filtración para area y presión de filtración constante:

$$\frac{dV}{A \cdot dt} = q = \frac{g_c P}{\mu (\alpha c V/A + R_m)} \quad (1)$$

dónde: q = velocidad de flujo de filtrado

P = presión de filtración

c = masa de sólidos secos por unidad de volumen de filtrado

V = volumen de filtrado

α = resistencia promedio de la torta

R_m = resistencia del medio filtrante

A = area de filtración

g_c = factor de conversión

μ = viscosidad de el filtrado

Rearreglando e integrando la ec. 1 :

$$Pt = \frac{\mu c \alpha V^2}{2 g_c A^2} + \frac{R_m}{g_c A} \quad (2)$$

Dividiendo la ec. 2 entre P :

$$t = \frac{\mu c \alpha V^2}{2 P g_c A^2} + \frac{\mu R_m V}{P g_c A} \quad (3)$$

Agrupando términos constantes:

$$K = \frac{2 P g_c A^2}{\mu c \alpha}$$

$$b = \frac{\mu R_m}{P E_c A} \quad (5)$$

Introduciendo las ecs. 4 y 5 en la ec. 3 :

$$t = \frac{V^2}{K} + b V \quad (6)$$

Rearreglando la ec. 6 :

$$t = \frac{V^2}{K} (1 + b K / V) \quad (7)$$

Despejando V^2 de la ec. 7 :

$$V^2 = \frac{t K}{(1 + b K/V)} \quad (8)$$

Aplicando logaritmos (log) a la ec. :

$$\log V = 1/2 \log \left(\frac{K t}{1 + b K/V} \right) \quad (9)$$

$$\log V = 0.5 \log t + 0.5 \log K - 0.5 \log (1 + b K/V) \quad (10)$$

7.2 ESPECIFICACIONES DE ALGUNOS PAPELES FILTRO.

Grado	Material	Peso (g/m ²)	Superficie	Rapidez	Resistencia Humedo
US-305	CELULOSA BLANQUEADA	525	LISA	MUY LENTO	MEDIA
US-310	CELULOSA BLANQUEADA	310	LISA	MUY LENTO	MEDIA
US-621	CELULOSA BLANQUEADA	103	LISA	RAPIDO	MEDIA
US-913	CELULOSA BLANQUEADA	80	LISA	MUY LENTO	EXCELENTE
US-915	CELULOSA BLANQUEADA	60	CREPE	RAPIDO	ALTA
US-917	CELULOSA BLANQUEADA	127	CREPE	RAPIDO	ALTA
US-933	CELULOSA BLANQUEADA	262	CREPE	RAPIDO	ALTA
US-938	CELULOSA SIN BLANQUEAR	275	CREPE	LENTO	ALTA

7.3 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE ALGUNAS TIERRAS DE DIATOMEAS (5).

Propiedad	Celite 535 (USA)	Hyflo Super-Gel (USA)	Standard Super-Gel (USA)	Fibra Flo 7C (Vulcascot Austria)
HUMEDAD (%)	0.058	0.119	0.453	0.233
SUBSTANCIAS SOLUBLES EN AGUA (%)	0.044	0.145	0.075	0.3300
pH	7.6	8.5	7.0	8.9
ALCALINIDAD (g NaOH/g TD)	0.18	0.24	0.12	0.48
Fe SOLUBLE (%)	0.0001	0.00005	0.00028	0.00005
DENSIDAD EN BASE H. g/cm ³	0.30	0.30	0.37	0.11
*POROSIDAD (g AGUA)	295	303	284	303
FLOCULACION	RAPIDA	MEDIA	LENTA	MEDIA
RAPIDEZ DE FILTRACION (s/100 ml)	24.5	38.5	119.5	29.4

* En 100 g de T. D.

7.4 APLICACIONES DEL HYFLO SUPER-CEL EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS (33).

ACEITES DE PESCADO

ACEITES VEGETALES

AGUA

CERVEZA (PREFILTRACION)

GRASAS Y ACEITES ANIMALES

GLUCOSA-JARABES DE CEREALES

JUGOS DE FRUTA (MUY PULPOSOS)

JUGO DE UVA

JARABE DE MAPLE

JARABES DE AZUCAR (REMOLACHA)

MIELES

MALTOSA

PECTINA (DE CITRICOS)

VINO (ASIENTOS)

7.5 APLICACIONES DEL STANDARD SUPER-CEL EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS (33).

ALIMENTOS PARA LEVADURA
CERVEZA (ULTIMA FILTRACION)
VAINILLA
GELATINA
JUGOS DE FRUTAS
JARABES DE AZUCAR (REFINERIA)
PECTINA (DE MANZANA)
SIDRA
VINOS (EN GENERAL)

7.6 SIMBOLOGIA EMPLEADA

F. A.	filtro ayuda
T. D.	tierra de diatomeas
$\% V_{Fm\acute{a}s}$	$\%$ de la velocidad de filtración máxima
V_{F100}	velocidad de filtración en el momento de recolectarse 100 ml de filtrado
V	volúmen de filtrado
\bar{V}	volumen promedio de filtrado
ΔV	incremento de volumen de filtrado
ΔP	caída de presión a través del filtro
Δt	incremento de tiempo de filtración
∞	resistencia de la torta de filtración
Rm	resistencia del medio filtrante
z	espesor de la torta de filtración
λ	longitud de onda
n.m.	nanometros
$\% T$	$\%$ de transmitancia
μ	viscosidad del filtrado
cp	centipoise
ρ	densidad del filtrado

8.0 B I B L I O G R A F I A.

1.- Abarca Amaro Ma. Eugenia

Estudio de la tuna para su industrialización (Tesis)
Escuela de Ingeniería Química.UAP 1971.

2.- AICHE

What the filterman needs to know about filtration
Symposium Series. New York
Vol 73, 1977 p 1-25, 33-38, 50-54, 55-59, 104-108.

3.- Akers and Ward

Liquid filtration theory and pretreatment
Department of Chemical Engineering
Loughborough University of Technology
Loughborough, Leicestershire, England.(1970)

4.- American Society of Brewing Chemists

Filter Aids
Method of analysis of the American Society of Brewing Chemists
Seventh Edition, 1976

5.- Andrzej Jarczyk, Piotr Lewicki, W. Wzorek

Charakteystyka ziem o Krzemkowych Najczesciej
Stosowanych do Filtracji W Przemysle Spozywczym
Przemysl Spozywczy, 1971 Tom XXV (2) p 78-79.

6.- Apellaniz de la Puente Javier

Crterios de Selección y operación de un sistema clarifi-
cador de jugo de manzana por filtración (Tesis)
FESC-UNAM 1985.

- 7.- Basso J. Arthur
Selecting the right filter aid increases efficiency, cuts costs
Food Engineering , december 1983, p 112-113.

- 8.- Bejarano y Almada A.
Anteproyecto de una planta para la elaboración de una bebida enlatada hecha a partir de tuna (Tesis)
Facultad de Química. UNAM, 1973.

- 9.- Bennet G.O.
Momentum Heat and Mass Transfer
McGraw Hill, USA , 2a Edition, 1971

- 10.- Blaistein, R. J.
Production of Opuntia Brandy (Tesis)
Escuela de Ciencias Químicas. UNAM .1970

- 11.- Brown G. G. et al
Operaciones Básicas de la Ingeniería Química
Marín, Barcelona 1965.

- 12.- Cal. Andres
Fruit juice concentrates used as natural sweeteners
Food Processing, 1984.

- 13.- California Vintners
Extend filtration by metering filter aid
Food Engineering, october 1967, p 135

- 14.- Coulson J. M. & Richardson J. F.

Ingeniería Química

Operaciones Básicas, Tomo II, 3a. Ed.

Reverté, Barcelona S. A. , 1981.

- 15.- G. R. Binkley and R. C. Wiley
Continuous diffusion-extraction method to produce apple -
juice
Journal of Food Science, 43 (1978), p 1019-1021
- 16.- Dealy, J.
Medidores de viscosidad
Chem. Engin. vol. 91, 20, p 62-70 (9), 1984
- 17.- Driscoll, H. T.
Filter aids and Materials
Technology and Applications
Chemical technology review No. 86
Noyes Data Corporation
Park Ridge, New Jersey. USA, 1977.
- 18.- Elledge, H. F. & Chalmers J. M.
Filters. Chemical Engineering, June 1965, p 191-215 .
- 19.- Escamilla Hurtado Ma. de Lourdes
Reyes Dorantes Alberto
Proyecto para la industrialización de la tuna (Tesis)
Fac. Química, UNAM 1977.
- 20.- Filter to recover cloudy cider
Food Engineering, July 1975, p Int. 12 .

- 21.- F. M. Tiller & C. J. Huang
Filtration Theory
Industrial and Engineering Chemistry, 53, 7, July 1961.
- 22.- F. M. Tiller, Alciatore and Shirato
Filtration in the Chemical Process Industry, 1961 .
- 23.- Hernandez M. et al
El valor nutritivo de los alimentos mexicanos
Tablas de uso práctico. 3a. Ed.
Instituto Nacional de Nutrición, Mex. 1968.
- 24.- J. C. Sharbaugh
Practical Filtration Formulas
Chemical Engineering, December 10, 1962.
- 25.- John O. Small & Karl Robe. Special Filtering Reduces Erratic Haze formation. Fd. Eng. July 1975 , p 70-71 .
- 26.- Joseph A. Rossi
Filtration Changes at Winery result in numerous benefits
Food Processing, September 1984, p 84-86.
- 27.- Joseph V. Fiore & Richard A. Babineau
Filtration: an old process with a new look
Food Technology, April 1979, p 67-72.
- 28.- K. Chenchin, A. Yagawa and H. Y. Yamamoto
Enzymic degumming of pineapple and pineapple mill juices
Journal of Food Science, 49 (1984), p 1327-1329.

- 29.- Kramer A. and Twigg
 Quality control for the Food Industry (Vol. 1)
 W. Conn. The AVI Publishing Company, Inc. 1970.
- 30.- Mc Cabe W. L. y Smith J. C.
 Operaciones Básicas de la Ingeniería Química.
 Reverté, Barcelona, 1980.
- 31.- Mc. Lellan, Kime & Lind
 Clarificación del jugo de manzana empleando miel y pectina
 sa
 J. of Food Science, vol. 50, 1, 1985, p 206-208 (3).
- 32.- Manville corp.
 Una revisión de filtros prensa
 Water Engin. & Mgmt, vol. 131, 8, p 40-41 (2).
- 33.- Manville Corp.
 Filtración con Celite
 Folleto técnico, octubre 1985.
- 34.- Milton Gutterson
 Fruit Juice Technology 1970
 Food Processing Review No. 15
 Noyes Data Corporation, USA 1970.
- 35.- Neradt, F.
 Die Filtration in der Fruchtsaftindustrie
 Industrielle obst-und Gemuseverwertung
 1976 (61), 19, p 539-544

- 36.- Oechsle, D. & Beck, H.
Klassische Filtrations verfahren für die Herstellung von
Fruchtsäften-Stand der Technik
Confructa Studien, 1984 (28) 3; p 207-218.
- 37.- Perry R. and Chilton C.
Chemical Engineers' Handbook
McGraw Hill, N. Y. 1973.
- 38.- Purchas Derek B.
Industrial Filtration of Liquids
Chemical Process Engineering Series
Leonard Hill, London 1967.
- 39.- Slade, F. H.
Filtration: The equipment
Food Manufacture (46); 3/4, p 51-53, 1971.
- 40.- SARH. DGEA
Anuario Estadístico 1983, p 218-219.
- 41.- Tressler D. & Joslyn M. A.
Fruit and vegetable juice processing Technology
The AVI, Pub. Company Inc. (1971), p 200.
- 42.- U. S. FILTER MEXICANA S. A.
La filtración en el filtro prensa
Folleto técnico, septiembre 1985.
- 43.- W. N. Sawaya, H. A. Khatchadourian et al.
Chemical characterization of prickly pear jam.
Journal of Food Technology, 1983 (18). p 183-193.

44.- Weisser L. and Havighorst C. R.

Fruit press handles 100 tons per day

Food Engineering 1972, p 74-75

45.- William C. Paladino, Jr

System Engineering Assures Quality at low cost

Food Engineering, 1972, p 59-62.