

20113



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"

ESTUDIO SOBRE LA RECUPERACION DE AROMA
A PARTIR DE LOS DESECHOS OBTENIDOS DEL
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA PIÑA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

SILVIA VIOLETA VELASCO MIRANDA

Dirigida por: M. C. MARIA LUISA COLINA IREZABAL



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE GENERAL

Indice de cuadros	I
Indice de figuras	IV
Resumen	1
Introducción	3
Objetivos	5
Capitulo 1. Antecedentes	6
1.1.1. Generalidades sobre la piña	6
1.2.1. Producción nacional y zonas productoras	10
1.3.1. Características del proceso de industrialización ...	12
1.3.2. Descripción general del proceso de industrializa ción de la piña.....	13
1.3.3. Descripción de las posibles fuentes para la recu peración de aroma	17
1.3.4. Utilización actual de los desechos de piña	21
1.4.1. Compuestos aromaticos en piña y sus características.	21
1.5.1. Procesos utilizados para la recuperación de aroma..	25
Capitulo 2. Metodología	28
2.1.1. Materia prima	28
2.1.2. Acondicionamiento de la materia prima	29
extracción del jugo.	
2.1.3. Rendimientos	30
2.1.4. Caracterización de la materia prima, análisis físico químicos	30
2.2.1. Fase I. Recuperación de aroma a nivel laboratorio ..	34
2.2.2. Descripción de la metodología utilizada para la recuperación de aroma Fase I, nivel laboratorio.....	36

2.2.3.	Determinación de las condiciones de operación para la recuperación de aroma Fase I, nivel laboratorio	36
2.2.4.	Descripción de las posibles fuentes para la recuperación de aroma a nivel laboratorio, Fase I provenientes de la planta de Loma Bonita Oaxaca...	39
2.2.5.	Fermentación	40
2.3.1.	Recuperación de aroma a nivel planta piloto Fase II, determinación del tiempo de reflujo (R_t)..	42
2.3.2.	Evaluación del calor total transferido	48
2.4.1.	Análisis Cromatográfico	49
2.5.1.	Análisis Sensorial	52
2.5.2.	Análisis estadístico de datos	58
2.5.2.1.	Análisis Binomial	58
2.2.2.2.	Análisis de Varianza (ANOVA)	61
2.5.1.	Condiciones operativas para la evaluación sensorial	64
Capitulo 3.	Resultados	65
3.1.1.	Extracción del jugo	65
3.1.2.	Rendimientos obtenidos en la extracción del jugo ..	66
3.1.3.	Caracterización de la materia prima	68
3.2.1.	Fase I, nivel laboratorio. Condiciones de operación utilizadas para la recuperación de aroma	71
3.3.1.	Recuperación de aroma de los desechos de la planta de Loma Bonita, Oaxaca. Fase I nivel laboratorio....	83
3.3.2.	Fermentación	98
3.4.1.	Evaluación Sensorial, selección de jueces.....	120
3.4.1.	Evaluación Sensorial, entrenamiento de jueces.....	121

3.4.3.	Evaluación Sensorial definitiva del aroma obtenido en la Fase I, nivel laboratorio	123
3.5.1.	Recuperación de aroma a nivel planta piloto, Fase II determinación del tiempo de reflujo (R_t)	129
3.5.2.	Cálculo del Calor Total transferido durante el proceso de evaporación	134
Capitulo 4.	Conclusiones	141
Capitulo 5.	Recomendaciones	147
Capitulo 6.	Bibliografía	148

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro N°1	Composición química del jugo de piña 1
Cuadro N°2	Principales estados productores de piña en México, período 1980-1983 11
Cuadro N°3	Composición química de la cáscara erradicada, así como de su jugo 18
Cuadro N°4	Composición química del bagazo de piña 19
Cuadro N°5	Algunos componentes volátiles del aroma de piña 23
Cuadro N°6	Caracterización de los diferentes estados de madurez de la piña en base a la coloración que presenta la cáscara 31
Cuadro N°7	Diluciones manejadas en la prueba Duo-Trio para el entrenamiento de jueces 57
Cuadro N°8	Escala de calificaciones utilizada en la evaluación sensorial aplicada en la prueba de preferencia 60
Cuadro N°9	Caracterización fisicoquímica de los jugos obtenidos 69
Cuadro N°10	Cromatografía para determinación de condiciones de recuperación de aroma, en el rotavapor Fase I, Nivel Laboratorio 81
Cuadro N°11	Compuestos comunes en ambas muestras en base a la cromatografía efectuada en el aroma 82

Cuadro N°12	Cromatografía para las diferentes fuentes de recuperación de aroma, Fase I Nivel Laboratorio	85
Cuadro N°13	Componentes Comunes al patrón de referencia de las muestras de aroma obtenidos en base a la cromatografía efectuada	89
Cuadro N°14	Carga microbiana inicial del jugo de cáscara erradicada	105
Cuadro N°15	Datos obtenidos durante la fermentación para la recuperación de aroma a partir de jugo de cáscara erradicada	106
Cuadro N°16	Datos obtenidos durante la fermentación para la recuperación de aroma a partir de jugo de cáscara erradicada, pasteurizado	108
Cuadro N°17	Cromatografía efectuada para determinar la influencia del tiempo de fermentación sobre la formación de componentes volátiles en jugo de cáscara erradicada	109
Cuadro N°18	Componentes Comunes al patrón de referencia presentes en las muestras sometidas a la fermentación	101
Cuadro N°19	Resultados del ANOVA para los diferentes parámetros evaluados en las diferentes muestras	125
Cuadro N°20	Calificaciones promedio de las diferentes muestras de aroma proporcionadas por los jueces en la evaluación de cada parámetro.....	126

Cuadro N°21	Tiempo de retención (t_p) y % de area registrados para las muestras de <u>varia</u> ción en el tiempo de reflujo (R_t ) .....130
Cuadro N°22	Componentes comunes identificados en las muestras de aroma de piña con respecto a un tiempo de reflujo de 15 minutos .....133
Cuadro N°23	Resultados de la evaluación del calor total transferido .....139

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura N°1	Principales partes de la planta de piña	7
Figura N°2	Curvas típicas de respiración postcosecha	9
Figura N°3	Proceso de industrialización de la piña	14
Figura N°4	Diagrama esquemático de un proceso de recuperación de aromas	26
Figura N°5	Diagrama de bloques Fase I, recuperación de aroma a Nivel Laboratorio	35
Figura N°6	Equipo de recuperación de aroma a Nivel Laboratorio. " Rotavapor "	37
Figura N°7	Sección cónica rotatoria del evaporador Centri-Therm	44
Figura N°8	Equipo de recuperación de aroma a Nivel Planta pilote . Centri-Therm.	45
Figura N°9	Rendimientos obtenidos de la extracción de jugo de las diferentes materias primas.....	67
Figura N°10	Determinación de las condiciones de recuperación de aroma a Nivel Laboratorio en un Rotavapor.	72
Figura N°11	Relación de la fracción de aroma obtenido (x_a), en función del volumen de agua evaporada (V_v) para un tiempo de operación de 15 minutos.....	74
Figura N°12	Relación de la fracción de aroma obtenido (x_a) en función del volumen de agua evaporada para un tiempo de operación de 20 minutos	75

Figura N°13	Relación de la fracción de aroma obtenido (x_u) en función del volumen de agua evaporada (V_w) para un tiempo de operación de 25 minutos	77
Figura N°14	Cromatograma correspondiente al aroma obtenido con un tiempo de operación de 25 minutos y 45°C de temperatura de baño de agua.....	79
Figura N°15	Cromatograma obtenido del aroma que muestra un mejor perfil aromático correspondiente a un tiempo de operación de 25 minutos y 50°C de temperatura de baño de agua	80
Figura N°16	Cromatograma obtenido del aroma de piña madura, en un rotavapor. (patrón de referencia).	91
Figura N°17	Cromatograma obtenido del aroma obtenido del aroma de cáscara erradicada en un rotavapor...	92
Figura N°18	Cromatograma obtenido del aroma de piñas encorchadas enteras, en un rotavapor	93
Figura N°19	Cromatograma obtenido del aroma de la pulpa de piñas encorchadas en un rotavapor	94
Figura N°20	Cromatograma obtenido del aroma de bagazo sin moler en un rotavapor	95
Figura N°21	Cromatograma obtenido del aroma de bagazo sin moler en un rotavapor	96
Figura N°22	Cromatograma obtenido del aroma de los condensados del primer efecto, en un rotavapor	97

Figura N°23	Influencia de la sulfitación en la fermentación de jugo de cáscara erradicada con 10.5°Brix iniciales	99
Figura N°24	Resultados de la influencia de la concentración de levadura sobre la fermentación utilizando jugo de cáscara erradicada, con una sulfitación de 200 ppm.	102
Figura N°25	Cromatograma utilizado como patrón de referencia obtenido del aroma de piña madura-- N°5	114
Figura N°26	Cromatograma fermentación, 0 horas	115
Figura N°27	Cromatograma fermentación, 3 horas	116
Figura N°28	Cromatograma fermentación, 6 horas	117
Figura N°29	Cromatograma fermentación, 9 horas	118
Figura N°30	Cromatograma fermentación, 6 horas muestra pasteurizada	119
Figura N°31	Cromatograma para un tiempo de reflujo de 15 minutos, obtenido del aroma de piña madura a Nivel Planta Piloto	135
Figura N°32	Cromatograma para un tiempo de reflujo de 30 minutos obtenido del aroma de piña madura a Nivel Planta Piloto.....	136
Figura N°33	Cromatograma para un tiempo de reflujo de 45 minutos, obtenido del aroma de piña madura a Nivel Planta Piloto	137

Figura N°34	Cromatograma para un tiempo de reflujo de 60 minutos obtenido del aroma de piña madura, a Nivel Planta Piloto	138
-------------	---	-----

RESUMEN

Se evaluó la posibilidad del aprovechamiento de los desechos generados durante el proceso de industrialización de la piña para la recuperación de aroma a partir de fuentes naturales.

Como principales desechos se considera a la cáscara erradicada, bagazo (obtenido durante el proceso de elaboración del jugo), condensados del primer efecto, generados al someter el jugo al proceso de concentración y las denominadas piñas encorchadas las cuales son propiamente un desecho de campo.

Se determinaron las condiciones de operación para la recuperación de aroma en un rotavapor. Una vez determinadas se realizó el estudio de la influencia de una fermentación sobre el incremento de componentes volátiles característicos del aroma de piña. Para la comparación del aroma recuperado se estableció un patrón de referencia obtenido a partir de jugo de piña, con estado de madurez N°5.

Se llevó a cabo tanto la evaluación sensorial del aroma obtenido (previa a una selección y entrenamiento de jueces), así como el análisis por cromatografía de gases.

La mejor fuente para la recuperación de aroma fué el bagazo no mostrando diferencias significativas con respecto al aroma de piña que se estableció como patrón de referencia en los parámetros de intensidad aromática y aroma característico a piña evaluados sensorialmente. El aroma obtenido a partir de cáscara erradicada mejora si se somete a una fermentación durante 3 horas incrementando efectivamente la cantidad de componentes volátiles característicos del aroma de piña. En el caso de piñas encorchadas se estableció la conveniencia de la utilización de la fruta completa para la

recuperación de aroma.

A nivel planta piloto se determinó la influencia del tiempo de reflujo sobre la concentración en la intensidad aromática, así como el incremento en la cantidad de componentes volátiles que con forman el perfil cromatográfico de cada muestra analizada.

Se determinó también la cantidad de calor transferido durante el proceso de evaporación.

INTRODUCCION

La utilización de aromas de frutas por la industria alimentaria, se incrementa día a día debido a la diversificación de nuevos productos con aroma de frutas o reforzamiento del mismo.

Actualmente se cuenta con un sinnúmero de aromas de origen artificial, pero existe una tendencia general hacia el consumo de productos de origen natural, por lo cual, utilizar los desechos del proceso de industrialización de frutas como una fuente natural para la obtención de aromas, representa grandes ventajas económicas y aceptación por el consumidor.

Dentro de la industria procesadora de frutas, el caso específico de la piña, el 30% de la producción se industrializa generando desechos tales como cáscara erradicada, puntas, bagazo y jugo de escurrido. Estos desechos constituyen una fuente natural de aroma la cual no se aprovecha (9).

De los desechos citados, solo una pequeña fracción se utiliza como alimento para ganado, obtención de jarabe, alcohol y vinagre. Un punto de suma importancia que cabe mencionar, es que la recuperación de aroma a partir de estos desechos, no impide su aprovechamiento usual, pudiendo ser solo un paso previo para la obtención de los productos antes mencionados.

El aroma de piña consiste básicamente en una serie de ésteres, ácidos, alcoholes, aldehidos y cetonas. La producción de estos compuestos se va incrementando conforme aumenta el estado de madurez de la fruta, biosintetizándose a partir de la degradación de compuestos como azúcares, aminoácidos y ácidos grasos entre otros, lo cual en cierta forma es similar a lo que ocurre durante las pri

meras etapas de la fermentación alcohólica, donde las levaduras degradan carbohidratos y liberan grandes cantidades de NADH; el cual puede ser utilizado para la reducción de aldehidos, ácidos y otras sustancias de la materia prima. Por lo tanto se puede considerar que durante las primeras etapas de la fermentación la cantidad de componentes volátiles se verá incrementada.

OBJETIVO GENERAL

Aprovechamiento de los desechos del proceso de industrialización de la piña para la obtención de aroma a nivel laboratorio y planta piloto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar los diferentes desechos obtenidos en el proceso de industrialización de la piña (cáscara erradicada, bagazo del pulper, condensados del primer efecto del evaporador, piñas encorchadas) y su acondicionamiento para la utilización de éstos, como materia prima para la obtención de aroma.
- Estudiar el efecto de una fermentación de la materia prima (jugo de cáscara erradicada) sobre la formación de volátiles característicos del aroma de piña.
- Extraer el aroma de la materia prima seleccionada a nivel laboratorio y la determinación de la influencia del tiempo del reflujo en la recuperación de aroma a nivel planta piloto.
- Realizar la evaluación cromatográfica y sensorial del aroma obtenido.

1. ANTECEDENTES

1.1.1. GENERALIDADES SOBRE LA PIÑA.

La piña Ananas Sativus es originaria de América subtropical y tropical, perteneciente a la familia de las Bromeliáceas.

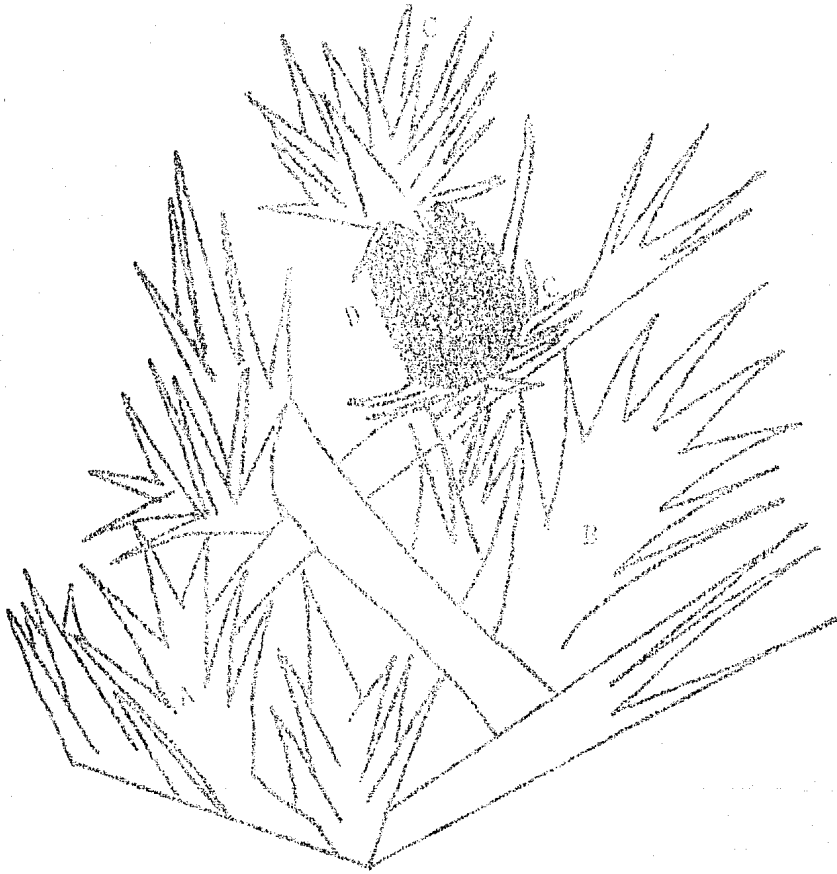
La planta adulta mide de 1.00 a 1.20 metros de alto y de 1.30 a 1.50 metros de diámetro, las hojas dispuestas sobre el tallo en forma de roseta, como se observa en la figura N° 1, presentando al rededor de 70 a 80 hojas.

La inflorescencia aparece en el corazón de la roseta de hojas, por medio de la cual se obtendrá un fruto partenocárpico y una vez que está completamente formado se reanuda la producción de hojas para la corona. Las variedades que se explotan mundialmente son numerosas y derivan de 4 grupos principalmente que son: Cayena, Queen, Singapore Spanish y Spanish (41).

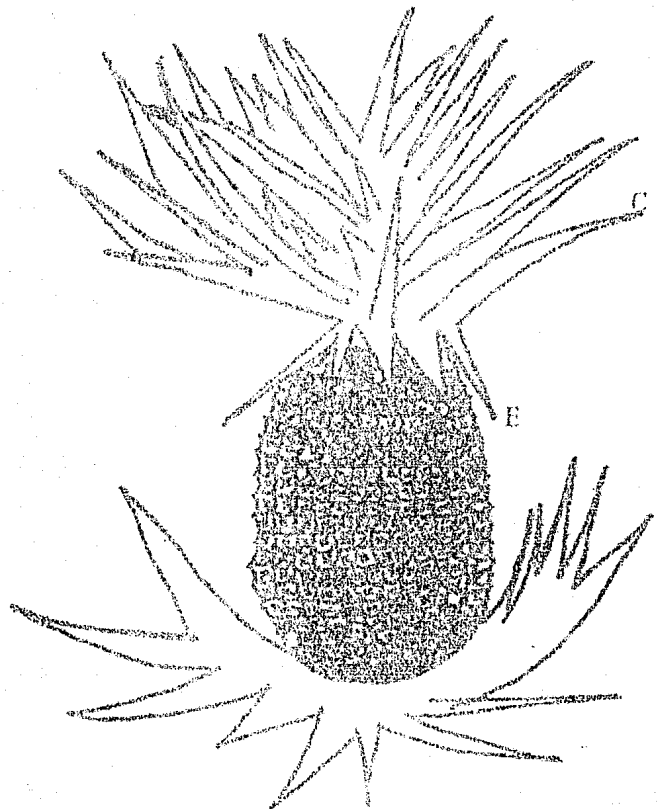
La Cayena (smooth cayena) que es la mas generalizada en las plantaciones mexicanas presenta las siguientes características: Sus hojas son lisas, solo algunas con espinas en las extremidades, de color verde oscuro con manchas pardo rojizas anchas y largas.

Cuenta con flores que van del color azul claro al púrpura, el fruto es cilíndrico, su color cuando llega a la madurez es café rojizo, la pulpa varía del amarillo pálido al dorado y su corona le da un toque de majestuosidad al fruto. El peso medio de la piña es de 2 kg. y los "ojos" de la fruta son relativamente poco profundos, lo cual industrialmente es una ventaja al no tener que quitar demasiada pulpa para eliminarlos (8).

La piña como la mayoría de los frutos tiene un alto contenido de humedad (85.5%) y su porcentaje de carbohidratos se considera elevado con un total de 12.3% pudiendo tener un valor máximo de



- A- Brotes
- B- Brotes del fruto
- C- Corona
- D- Fruta
- E- "ojos" de la fruta



18.5% y un mínimo de 7.5% constituidos principalmente por glucosa (2.32%), fructosa (1.42%) y sacarosa (7.89%) (25).

La coloración en la pulpa se debe a la presencia de sustancias de tipo carotenoide como β caroteno y el 3, 3- dihidroxi - α caroteno o luteína (25).

En cuanto a la composición química del jugo, en el cuadro N° 1 podemos observar los principales constituyentes.

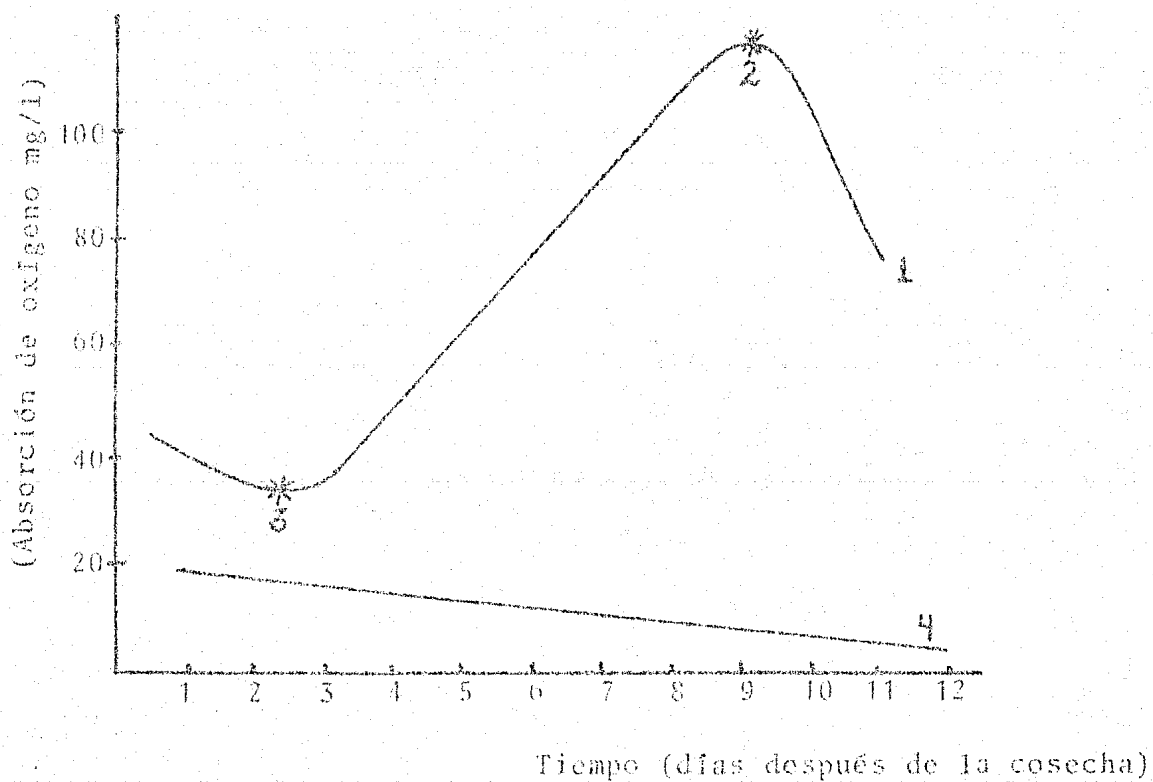
Cuadro N° 1 COMPOSICION QUIMICA DEL JUGO DE PIÑA

CALORIAS / 100 g	.....	52.00
ACIDEZ (% de ácido cítrico)	.....	0.60
PROTEINAS (g/100 g)	.....	0.50
CARBOHIDRATOS (g/100 g)	.....	13.90
GRASAS (g/100 g)	.....	0.10
CALCIO (mg/100 g)	.....	50.00
HIERRO (mg/100 g)	.....	1.57
TIAMINA (mg/100 g)	.....	0.02
RIBOFLAVINA (mg/100 g)	.....	0.02
NIACINA (mg/100 g)	.....	0.10
VITAMINA C (mg/100 g)	.....	0.50

Fuente: Tablas del I.N.N. (1979)

Por lo que respecta a su patrón respiratorio existen divergencias, debido a que madura una vez que se cosecha presentando un máximo climatérico (25), representando las curvas típicas de respiración en la figura N° 2. Sin embargo otros autores la clasifican como fruto no climatérico (4) (17).

Figura N° 2. CURVAS TÍPICAS DE RESPIRACION POSTCOSECHA



Fuente: Braverman, J.B.S.

- 1.-Curva típica de frutos climatéricos
- 2.-Mínimo climatérico
- 3.-Máximo climatérico
- 4.-Curva típica de frutos no climatéricos

La fruta es cosechada cuando ha alcanzado su máximo desarrollo y estado sazón, que según Fantastico (1979) es cuando la fruta presenta una coloración completamente verde, previniendo de esta forma que cuando la fruta llegue a la planta procesadora presente solo una ligera coloración amarilla en los "ojos" que se encuentran en la parte inferior de la fruta. Esto es de suma importancia ya que de ello depende la calidad de los productos procesados.

1.2.1 PRODUCCIÓN NACIONAL Y ZONAS PRODUCTORAS

El cultivo de la piña en México comprende una vasta zona, abarcando principalmente los estados de Oaxaca, Nayurit, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Yucatán, Jalisco, siendo la producción para el año de 1981 de 473 031 toneladas con un total de 9 836 hectáreas cultivadas, en donde la variedad Cayena lisa, es el cultivo predominante debido a sus cualidades en cuanto a sus requerimiento industriales, ya que ésta tiene un corazón relativamente pequeño en comparación con la fruta, lo cual es muy conveniente para la elaboración de piña en rebanadas que es el producto de mayor valor comercial. Realizando un análisis de un período de 4 años comprendido de 1980 - 1983 hay un decremento en la producción, sin embargo el valor comercial del cultivo se incrementa, siendo económicamente atractiva para los productores, cuadro N° 2.

Para la superficie cosechada y el rendimiento por hectárea, se observa que mientras la superficie cosechada aumenta para el caso concreto de Veracruz, el rendimiento por hectárea disminuye para el período de 4 años de 1980 a 1983 en 10 450 kg/ha; esto se debe principalmente a la falta de nuevas técnicas de cultivo, mejo-

Cuadro N° 2 PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE PIÑA EN MEXICO, 1980 - 1983.

Años	Estados	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)	Precio ton (\$)	Valor miles (\$)
1980	Nayarit	808	10 203	8 244	5 480	28 689
	Oaxaca	3 390	50 991	172 860	1 300	224 718
	Veracruz	9 233	45 000	415 485	2 320	965 925
1981	Nayarit	685	9 667	6 622	5 654	37 441
	Oaxaca	3 108	36 703	114 073	2 000	228 146
	Veracruz	5 553	60 000	333 180	2 073	690 682
1982	Nayarit	663	10 770	7 144	9 806	70 061
	Oaxaca	905	61 090	55 287	8 000	442 296
	Veracruz	7 200	50 000	360 000	5 566	2 003 760
1983	Nayarit	236	12 280	2 899	10 587	30 112
	Oaxaca	1 022	60 040	61 370	5 000	184 110
	Veracruz	7 165	49 550	355 055	17 600	6 248 968

Fuente: Dirección General de Economía Agrícola, anuario estadístico (12).

res fertilizantes y al conocimiento de los daños que pueden sufrir una planta ya sea en la cosecha o postcosecha.

Esto y otros factores de tipo económico, hace que el cultivo sea rentable y que las empresas industrializadas tengan asegurado un abastecimiento de la materia prima, muy por encima de la capacidad instalada para el procesamiento de la fruta en las plantas industrializadoras.

Las épocas de alta producción, abarcan un período comprendido de diciembre a julio (8).

En cuanto a comercio exterior se refiere, es un producto cuyo volumen de exportación ascendió a 30 705 561 P.B. (peso bruto, entendiéndose por esto, el fruto fresco con un valor de \$49 748 818.00 cifra referida para el año de 1981), por lo que respecta a la fruta industrializada para el mismo año, se tuvo un volumen de 5 402 452 K.B. (peso bruto considerando los envases exteriores y las estibas utilizadas), siendo los productos de mayor demanda, piña rebanada en almíbar y jugo pasteurizado (13).

1.3.1 CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACION

El proceso de industrialización de la piña en empacadoras mexicanas data del año 1944, como consecuencia de un gran mercado internacional generado en ese tiempo por la 2a. Guerra Mundial.

Actualmente existen en México alrededor de 9 empresas que se dedican a la industrialización de la piña y cuya capacidad instalada (considerando las 9 empresas) es de 250 000 toneladas anuales (9).

El proceso involucra la elaboración de varios productos como-

son: piña en rebanadas que es el principal producto comercialmente hablando, jugo, piña molida, Tibdits y la concentración de jugo de piña hasta 60°Brix aproximadamente (36), para obtener un producto de fácil manejo y disponibilidad del mismo en temporadas de baja-producción (agosto-noviembre).

El diagrama de bloques que se observa en la figura N° 3, ejemplifica las principales operaciones del proceso de industrialización, las cuales a continuación se describen.

1.3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PIÑA

ELABORACION DE PIÑA EN REBANADAS

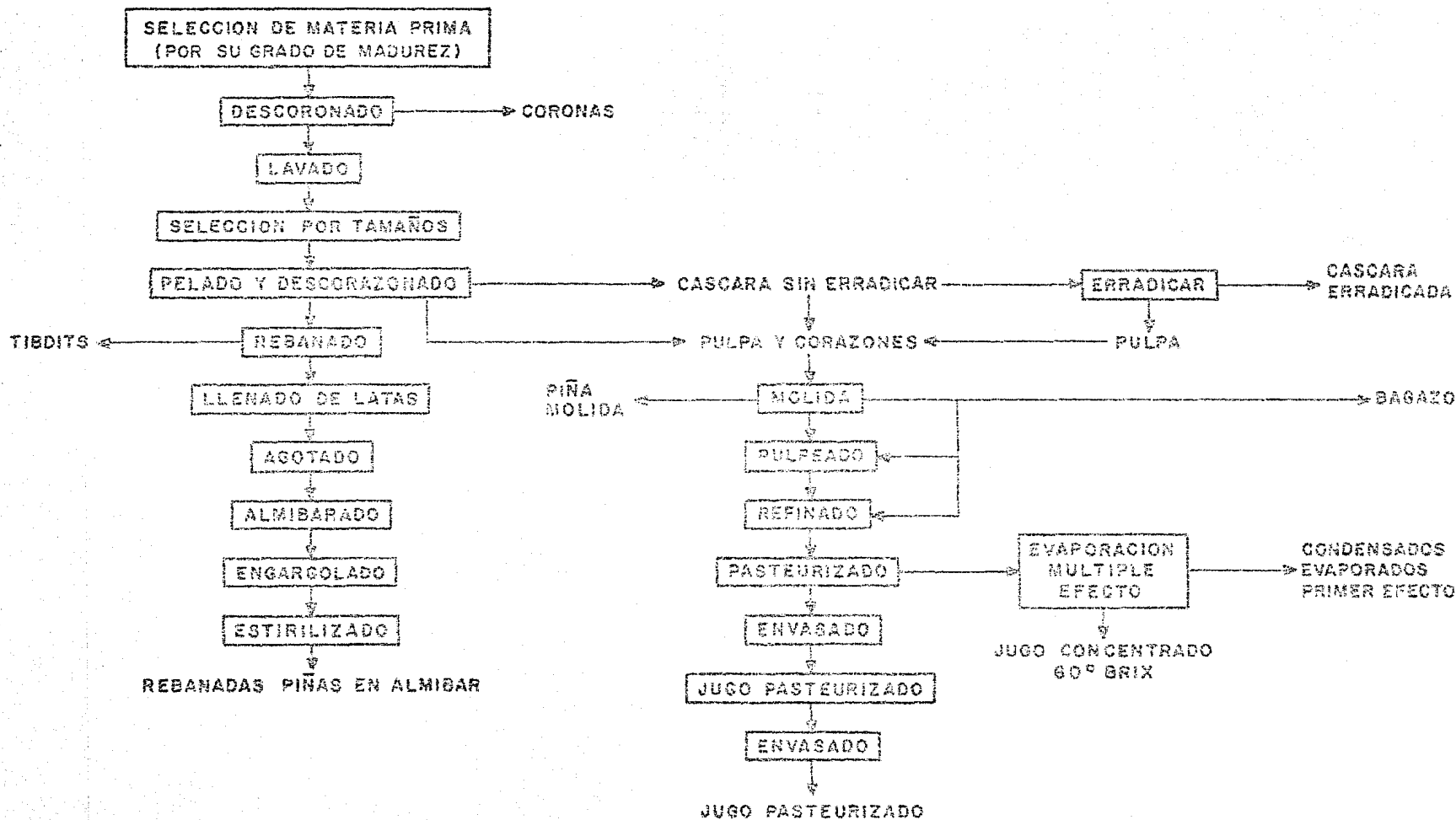
SELECCION DE MATERIA PRIMA. La piña es llevada a la planta, en camiones o carretas a granel, donde son pesadas y descargadas manualmente, seleccionándolas de acuerdo a su estado de madurez, tomando para pasar al proceso, piñas con un estado de madurez. N°1 (42).

DESCORONADO. Se conoce también esta operación con el nombre de descolado, es un proceso manual donde se elimina la corona, ésta se recolecta y llevada en camiones al campo donde son plantadas por los productores.

LAVADO. Se utiliza un lavado por aspersión, para la eliminación de la tierra y otros desechos que vienen adheridos a la fruta.

SELECCION POR TAMAÑO. Efectuada por un tornillo divergente (9), el cual clasifica a la fruta en función de su diámetro, para tener fruta adecuada al tamaño de las ginacas.

FIGURA Nº 3
 PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA PIÑA



PELADO Y DESCORAZONADO. Es realizado por las ginacas cuya función consiste en la eliminación de cáscara y corazón obteniéndose fruta con diámetros de 6.35 y 5.08 cm.

Se efectúa también el erradicado donde es eliminada la pulpa adherida a la cáscara por unos pequeños dientes, con la finalidad de obtener mayor cantidad de pulpa para la elaboración de jugo, aquí es donde se obtiene la cáscara erradicada.

La velocidad de pelado en las ginacas es de 80 piñas por minuto pudiendo variarse esta velocidad (37).

REBANADO. Los cilindros de piña son colocados en una banda, la cual los conduce a una rebanadora donde son cortados en anillos de 1.6 cm. de espesor (20).

LLENADO DE LATAS. Después de haber efectuado el rebanado, los cilindros pasan por una banda donde son seleccionadas las rebanadas troceadas que son utilizadas para la elaboración de un producto denominado TIBBITS, que es la piña troceada en almíbar. Se utilizan latas del número 2 1/2 (401x411) así como 2 (307x409).

AGOTADO. Es el paso por el exahuster para alcanzar una temperatura de 98°C aproximadamente para lograr un vacío dentro de la lata de 380 mm hg para posteriormente, pasar al engargolado. El almíbar que se adiciona a las latas tiene una concentración de 35°Brix.

ESTERILIZADO. Se utiliza un equipo de esterilización continua de serpentín, utilizando vapor como medio de calentamiento hasta lograr una temperatura de 90 a 95°C durante un período que va de los 7 a 10 minutos.

ENFRIAMIENTO. Como medio de enfriamiento se utiliza agua fría, para reducir la temperatura de las latas, utilizando el sistema de inmersión.

Una vez realizadas las operaciones anteriormente expuestas se procede a etiquetar, empacar y almacenar.

Las etiquetas contienen las especificaciones del producto, siendo empacadas en cajas de cartón y estibadas sobre tarimas de madera.

JUGO PASTEURIZADO. Se utiliza para su elaboración toda la pulpa proveniente del pelado y descorazonado así como del erradicador (que como ya se mencionó quita la pulpa adherida a la cáscara) posteriormente pasa a un desintegrador de cuchillas a Rietz donde la pulpa es molida, separándose aquí parte del BAGAZO.

REFINADO. Se utiliza para este propósito un refinador de paletas con maya 0.005-0.008 cm para la eliminación del exceso de sólidos.

El jugo puede ser pasteurizado o concentrado, la pasteurización se lleva a cabo mediante un pasteurizador flash, en donde el jugo es sometido a un flujo continuo a una temperatura de 91°C durante 15 segundos e inmediatamente envasado ya sea en frascos o latas para pasar posteriormente a un enfriamiento por medio de inmersión en recipientes de agua fría.

JUGO CONCENTRADO. Se utiliza un evaporador de múltiple efecto hasta lograr (como ya se mencionó en 1.3.1) una concentración de 60°--Brix.

PIÑA MOLIDA. Parte de la pulpa molida proveniente de la operación-

de molido, figura N°3, es sometida a un cocido en marmitas y envasada, siendo utilizada para la fabricación de mermeladas.

TIBBDITS . Se utiliza para su elaboración la piña que se trocea durante el rebanado; la fruta troceada es sometida a un agotado a 98°C durante 7 minutos y posteriormente se les coloca almibar de 30°Brix, se engargola, esteriliza y enfría siguiendo las mismas condiciones de operación que se utilizan para piña en rebanadas(9).

1.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE AROMA.

Dentro del proceso de industrialización de la piña, descrito anteriormente y mostrado en la figura N°3, los desechos que se pueden utilizar como posible fuente para la recuperación de aroma son los siguientes.

CASCARA ERRADICADA . Proveniente del pelado de la fruta al pasar por las ginacas y el erradicado. La composición de la cáscara erradicada así como la del jugo obtenido a partir de esta se presentan en el cuadro N°3 obteniendo los datos de información bibliográfica (45).

BAGAZO . Es el producto del molido, pulpeado y refinado, operaciones involucradas en la elaboración del jugo de piña, figura N°3.

El análisis bromatológico del bagazo se muestra en el cuadro N°4. Al igual que la cáscara erradicada el bagazo se utiliza para la obtención de salvado de piña, siendo necesario para lograrlo someterlos a un proceso de secado. Este producto se utiliza como alimento para ganado .

Cuadro N° 5 COMPOSICION DE LA CASCARA ERRADICADA ASI COMO SU JUGO

Componente	Cáscara erradicada (C.E.)	Jugo de C.E.
	(% base húmeda)	(% base húmeda)
Agua	76.43	85.00
Proteínas	4.20	3.00
Azúcares	-	11.00
Celulosa	15.42	-
Material Graso	0.80	0.81
Cenizas	3.15	0.50

Fuente: Romero, S., M. (45)

*Datos Rep. Exp. por lo cual no ajusta el 100%

Cuadro N° 4 COMPOSICION QUIMICA DEL BAGAZO DE PIÑA.

Componente	1	2
	(% base húmeda)	(% base húmeda)
Humedad	52.00	73.30
Proteína	5.00	5.72
Azúcares	9.00	—
Cenizas	0.89	3.48
Fibra cruda	22.30	24.02

Fuente: 1.- Romero, S., M. 1981. (45)

2.- CONAFRUT, 1974. (9)

CONDENSADOS DEL 1er. EFECTO DEL EVAPORADOR. Se generan durante el proceso de concentración del jugo, 1.3.3. figura N°3 , mediante un evaporador de múltiple efecto, tomando las muestras necesarias para este estudio de los condensados producidos por el primer efecto del evaporador, produciéndose 2723 kg/h (37).

En este caso la muestra de condensados sale muy diluida, ya que se mezcla con vapor de agua; debido a que el proceso de concentración del jugo es por medio de un evaporador de calentamiento directo.

La tubería de descarga de los condensados del primer efecto va directa al desagüe, de aquí se toma la muestra una vez estabilizado el funcionamiento del equipo.

PIÑAS ENCORCHADAS . Otro posible desecho a considerar siendo propiamente un desecho de campo, son las piñas encorchadas. Esta fruta es atacada por una enfermedad conocida en las plantaciones como mancha roja, cuyo vector de infestación es el piojo harinoso (7) y el microorganismo que la produce es el Penicilium funiculosum (44) . Estas piñas se caracterizan por tener un tamaño el cual no permite su industrialización, su peso promedio es de 333.9 g y tiene una altura máxima de 16 cm desde su base a la punta de la corona, así como su diámetro no es mayor de 7.5 cm . La disponibilidad de esta fruta es aproximadamente de 12 000 toneladas, siendo un 5% de la cosecha total de la región de Loma Bonita, Oaxaca y un 26.5% de la cosecha de fruta del centro de Investigación de CONAFRUT en Loma Bonita Oaxaca (7) .

La solución para el problema del encorchado en piña es a largo plazo 10 años mínimo , por lo cual es viable su utilización.

1.3.4 UTILIZACION ACTUAL DE LOS DESECHOS DE PIÑA

Uno de los usos mas generalizados es la obtención de alcohol y ácido acético, productos de la fermentación. En el caso del alcohol, se utiliza bagazo de cáscara de piña que contiene alrededor de 8 a 9% de azúcar (9). Este bagazo se inocula con - - - - - Saccharomyces cereaviceae variedad ellipsoideus. El rendimiento obtenido es de 4 a 6 gramos de alcohol por cada 100 ml de mosto.

En el caso del vinagre se utilizan cepas de - - - - - Acetobacter aceti o Acetobacter suboxidans.

1.4.1 COMPUESTOS AROMATICOS EN PIÑA Y SUS CARACTERISTICAS

El estudio de los sabores en los alimentos ha sido uno de los campos de investigación mas activo durante los últimos 20 años.

Estos estudios establecen que el sabor es uno de los parámetros más importantes dentro del control de calidad en los alimentos. El sabor puede ser definido como una sensación compleja que se origina al percibir simultáneamente dos de nuestros cinco sentidos, el olfato y el gusto, a su vez ambos se clasifican como "sentidos químicos". Los aromas se perciben cuando las moléculas de los componentes volátiles, llegan a los receptores olfatorios, ubicados dentro de la cavidad nasal (33).

La naturaleza química de los aromas en las frutas, ha sido estudiada en base a técnicas cualitativas y cuantitativas como son la Cromatografía en fase gaseosa y la Espectrografía de masas (11), con la ayuda de estas herramientas se ha comprobado que el aroma en las frutas se debe a la combinación de un conjunto de compues-

tos químicos que le dan la característica aromática a cada fruta , por lo que es difícil determinar cual de ellos tiene mayor influencia en el aroma ya que todos contribuyen a dar el aroma específico de cada fruta.

Del conjunto de compuestos químicos que constituyen los aromas de frutas se pueden mencionar a los ácidos, alcoholes, aldehidos, cetonas, lactona, ésteres, éteres y compuestos heterocíclicos oxigenados.

En el cuadro N°5 se enlistan los principales componentes identificados en el aroma de piña (40).

Durante el procesamiento de frutas, la evaporación es la operación mas utilizada y en donde se ven afectados en gran proporción los componentes volátiles debido a que éstos presentan puntos de ebullición menores que los del agua, por lo cual el jugo concentrado pierde su aroma. Esto se puede solucionar mediante sistemas de evaporación a vacío .

Es de suma importancia la recuperación de aroma ya que de ello depende la calidad final de un producto procesado al reincorporar una de las características sensoriales mas importantes. Esta recuperación se puede hacer obteniendo el aroma de cáscara, corazones, añadiendo jugo fresco al producto concentrado o mediante la adición de un producto artificial, formado por un número bien definido de compuestos químicos . De los compuestos artificiales se puede citar a la vainillina que da olor característico a vainilla, citral a el limón, furfurilmercaptano a café, aldehido cinámico a canela y α -ionona principal componente del aroma artificial de fresa y frambuesa. (40) .

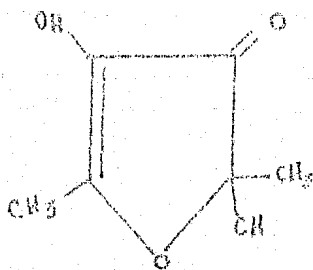
Cuadro N° 5 ALGUNOS COMPONENTES VOLATILES DEL AROMA DE PIÑA.

<u>ESTERES</u>	<u>ALCOHOLES</u>
acetato de metilo	metanol
acetato de etilo	etanol
acrilato de etilo	n-propanol
lactato de etilo	isobutanol
metil n-butilato	n-pentanol
etil n-butilato	
metil n-valerato	
metil isovalerato	<u>COMPUESTOS CARBONILOS</u>
etil isovalerato	acetona
metil n-caproato	formaldehido
metil n-caprilato	diacetilo
etil n-caprilato	furfural
n-amil n-caproato	metil n-propilactona
metil γ -metiltiopriopianoato	5 -hidroxi, 2 metilfurfural
etil γ -metiltiopriopianoato	

Fuente: Schultz, H., W. 1967, (46).

Se estima que el número de aromas naturales y sintéticos disponibles oscila entre 1,100 y 1,400. Puede afirmarse que los aromas plantean los problemas legales mas importantes, no solo porque hay muchos sino tambien debido a la insuficiencia de datos toxicológicos, a los rápidos cambios en este campo siendo imposible realizar un estudio toxicológico completo el cual pruebe la inocuidad de cada uno de los aromas artificiales usados comunmente dentro de la industria alimentaria en México. Aunado a esto se tiene la inconveniencia que en la mayoría de las veces el aroma artificial no tiene la similitud del que proviene de fuentes naturales propiciando en ocasiones olores y sabores no característicos siendo poco aceptados por el consumidor.

En lo que respecta al aroma de piña, ademas de los componentes enlistados en el cuadro N° 5, se han realizado estudios, en donde se establece que el 2-5 Dimetil 4 Hidroxi, 3 (2 H) - Furano es el componente volátil que se encuentra en mayor proporción en el aroma de piña, cuya estructura química es la siguiente (46)..



2-5 Dimetil-4-Hidroxi, 3(2 H) - Furano

Se puede considerar que este componente es importante, en cuanto a la característica del aroma de piña debido a la elevada proporción en la cual se encuentra presente.

Otros constituyentes identificados en el aroma de piña son:

- p-alifenol (ppm)
- γ -caprolactona (ppm)
- γ -butirolactona
- γ -octanona
- δ -octalactona
- acetoxiacetona

Así como ésteres:

- β - hidroxiburirico
- β - hidrixihexanona
- β - acetohexanoico

1.5.1 PROCESOS UTILIZADOS PARA LA RECUPERACION DE AROMAS

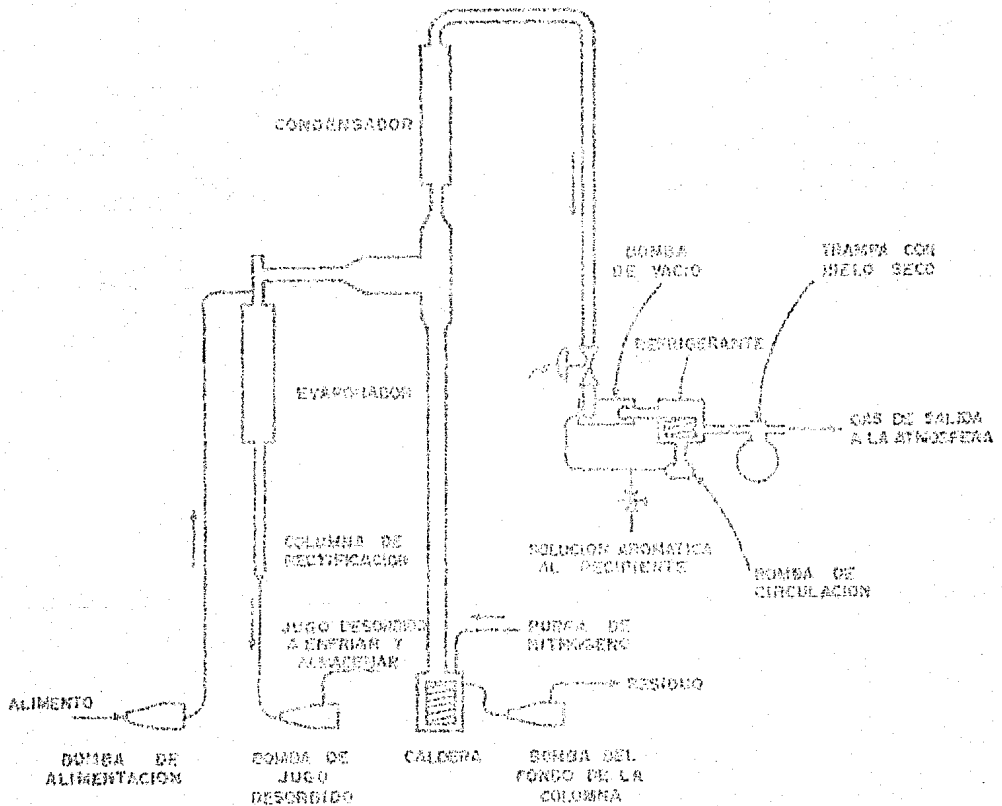
Las operaciones involucradas en los procesos de recuperación de aromas se establecen en base a la necesidad de obtener productos concentrados de alta calidad, debido a que durante la eliminación de agua, aun utilizando sistemas eficientes de evaporación a vacío, los componentes volátiles se pierden debido a que tienen puntos de ebullición mucho menores que el agua, traduciéndose esto en una mayor volatilidad de los mismos.

Para separar el aroma que va conjuntamente con el agua evaporada se utilizan procesos de separación basados en los diferentes puntos de ebullición que presentan los componentes volátiles y el agua (30).

En la figura N° 4, se muestra el diagrama de un equipo utilizado para recuperación de aroma, en donde la parte medular del proceso es la columna de rectificación.

Estos equipos son de uso común en industrias como la del café,

FIGURA N.º 4



UNAM FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN PROCESO
DE RECUPERACION DE AROMAS.

TESIS PROFESIONAL
SILVIA VOLETZ VELASCO MIRANDA

en donde la recuperación de aroma tiene la finalidad de mejorar el sabor, aroma y consecuentemente la calidad del producto obtenido (43).

La regeneración enzimática de aromas constituye una alternativa para la recuperación de aroma, basada en teorías previamente establecidas (14), donde se refiere que al someter un alimento a los diferentes procesos térmicos involucrando las operaciones de escaldado, evaporación y deshidratación, con la consecuente eliminación de agua y aroma; los alimentos presentan sustancias que son consideradas "precursores", que son menos termolábiles que los componentes volátiles, pudiendo estos precursores ser considerados como una fuente potencial de aroma, siempre y cuando se puedan obtener los extractos enzimáticos que favorezcan la formación de sustancias aromáticas pudiéndolo regenerar parcial o totalmente.

Como precursores de aroma se pueden citar los aminoácidos y ácidos grasos, los cuales pueden generar alcoholes, ésteres y cetonas (3).

Existe la posibilidad de utilizar técnicas de concentración, sin alterar las características aromáticas de los alimentos, mediante la aplicación de procesos de membrana como son: ósmosis inversa y la ultrafiltración (52).

2. METODOLOGIA

2.1.1. MATERIA PRIMA.

La materia prima que se utilizó para este estudio, son los desechos generados durante el procesamiento industrial de la piña (cáscara erradicada, bagazo y condensados del primer efecto), de una planta ubicada en Loma Bonita, Oaxaca.

Esta planta procesadora dispone de 200 a 250 ton/día (37) de cáscara erradicada como principal desecho, siendo esta la parte envolvente de la fruta pero carente totalmente de pulpa adherida a ella pudiendose ver los " ojos " de la fruta por ambos lados de la cáscara. Este desecho se obtiene al pasar las piñas por las gincas como se observa en el diagrama de bloques descrito en el inciso 1.5.1.

En cuanto al bagazo este proviene del pulper, formando parte de la línea de producción para la elaboración de jugo pasteurizado utilizandose también como posible fuente para la recuperación de aroma generandose en esta planta 17.53 ton bagazo /día (37) .

Otro desecho proveniente del proceso son los condensados del primer efecto del evaporador pudiendo estos contener una buena parte del aroma que se esta perdiendo durante el proceso de concentración del jugo.

Entre otras alternativas que se sometieron a estudio, son los frutos de piña atacados en las plantaciones por el Penicilium funiculosum, siendo una enfermedad precosecha pues ataca a las piñas desde la floración hasta la formación del fruto.

El principal problema para poder industrializar esta fruta denominada, piña encorchada, es la reducción drástica en su tamaño teniendo en conjunto características que la hacen ser un producto de desecho.

Por lo que respecta a su sabor, es un poco más insípida que la piña que comunmente se conoce.

2.1.2. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA, EXTRACCIÓN DEL JUGO.

En esta fase del trabajo se procedió a establecer las operaciones más adecuadas para la extracción del jugo de cáscara erradicada, así como el de las piñas encorchadas.

Existe un antecedente de la extracción del jugo de cáscara erradicada por medio de una prensa hidráulica en donde se obtienen rendimientos del 33.3% (45).

Esto nos proporciona un punto de referencia para probar la efectividad de otros métodos, en función claro esta, de la disponibilidad del equipo amado a la dificultad del manejo de la cáscara erradicada en cuanto a extracción, debido a que la consistencia de la cáscara es sumamente fibrosa y dura.

Se usó un extractor rotatorio con una potencia de 1/4 HP, basando su funcionamiento en la abrasión de la cáscara por medio de un disco que tiene pequeños dientes, el cual gira a gran velocidad, ya que pudo desfibrar con gran facilidad la cáscara y extraer el jugo. Una vez obtenido el jugo de cáscara así como el de las piñas encorchadas, se ve la conveniencia de establecer dos métodos para la eliminación de sólidos y partículas gruesas, ya que tanto el jugo de cáscara erradicada como el de las piñas encorchadas, presentan una gran cantidad de partículas en suspensión (un 25% y 28% de sólidos totales respectivamente, determinados experimentalmente) teniendo la característica de no tener un tamaño homogéneo lo cual no es conveniente para efectuar la recuperación de aroma(6).

La primera alternativa que se plantea es una filtración a vacío con un embudo Butchner y como segunda opción se utilizó un refinado en un Finisher marca Alling - Lander modelo 312-B-03-024.

Para lograr este fin, se utilizó primero una malla de 1.57 mm para eliminar bagazo y partículas gruesas de cáscara, posteriormente se pasa por una malla de 0.59 mm con la finalidad de obtener un jugo homogéneo, debido al tamaño de las partículas en suspensión.

Una vez analizadas experimentalmente estas dos alternativas se estableció cual es la más conveniente para la recuperación de a

2.1.2. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA, EXTRACCIÓN DEL JUGO.

En esta fase del trabajo se procedió a establecer las operaciones más adecuadas para la extracción del jugo de cáscara erradicada, así como el de las piñas encorchadas.

Existe un antecedente de la extracción del jugo de cáscara erradicada por medio de una prensa hidráulica en donde se obtienen rendimientos del 33.3% (45).

Esto nos proporciona un punto de referencia para probar la efectividad de otros métodos, en función claro está, de la disponibilidad del equipo amado a la dificultad del manejo de la cáscara erradicada en cuanto a extracción, debido a que la consistencia de la cáscara es sumamente fibrosa y dura.

Se usó un extractor rotatorio con una potencia de 1/4 HP, basando su funcionamiento en la abrasión de la cáscara por medio de un disco que tiene pequeños dientes, el cual gira a gran velocidad, ya que pudo desfibrar con gran facilidad la cáscara y extraer el jugo. Una vez obtenido el jugo de cáscara así como el de las piñas encorchadas, se ve la conveniencia de establecer dos métodos para la eliminación de sólidos y partículas gruesas, ya que tanto el jugo de cáscara erradicada como el de las piñas encorchadas, presentan una gran cantidad de partículas en suspensión (un 26% y 28% de sólidos totales respectivamente, determinados experimentalmente) teniendo la característica de no tener un tamaño homogéneo lo cual no es conveniente para efectuar la recuperación de aroma(6).

La primera alternativa que se planteó es una filtración a vacío con un embudo Butchner y como segunda opción se utilizó un refinado en un Finisher marca Alling - Lander modelo 512-B-05-024.

Para lograr este fin, se utilizó primero una malla de 1.57 mm para eliminar bagazo y partículas gruesas de cáscara, posteriormente se pasa por una malla de 0.59 mm con la finalidad de obtener un jugo homogéneo, debido al tamaño de las partículas en suspensión.

Una vez analizadas experimentalmente estas dos alternativas se estableció cual es la más conveniente para la recuperación de aroma.

2.1.3. RENDIMIENTOS.

Se obtuvieron los rendimientos para la producción de jugo proveniente de pulpa, cáscara erradicada y piñas encorchadas en base a las consideraciones siguientes :

$$R_{jp} = \frac{P_{jp}}{P_p} \times 100$$

$$R_{jc} = \frac{P_{jc}}{P_c} \times 100$$

en donde :

R_{jp} = Rendimiento del jugo proveniente de pulpa (%) .

P_{jp} = Peso del jugo proveniente de pulpa (g) .

P_p = Peso de la pulpa (g) .

R_{jc} = Rendimiento del jugo proveniente de cáscara erradicada (%) .

2.1.4. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA.

Se realizó una caracterización tanto de la piña en diferentes estados de madurez, como de las piñas encorchadas y cáscara erradicada, todas empleadas para la recuperación de aroma. En vista de que se requieren lotes homogéneos de fruta en cuanto al estado de madurez, con la finalidad de tener una caracterización representativa, se procedió a clasificar la fruta de acuerdo a la coloración que presentaba la cáscara (42) .

En base a la descripción del cuadro N°6 se trabajó con piñas

Cuadro N° 6 CARACTERIZACION DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ DE LA PIIA EN BASE A LA COLORACION QUE PRESENTA LA CASCARA.

Estado de madurez	Características
N° 0	Todos los "ojos" por completo verdes, sin trazas de amarillo (estado sazón).
N° 1	No más del 20% de los "ojos" están predominantes amarillos.
N° 2	No menos del 20% pero no más del 40% de los "ojos" están teñidos de amarillo.
N° 3	No menos del 55% pero no más del 65% de los "ojos" tienen color amarillo predominante.
N° 4	No menos del 65% pero no más del 95% de los "ojos" están por completo amarillos.
N° 5	No menos del 90% de los "ojos" están completamente amarillos, pero no más del 20% de ellos tienen un color amarillo-rojizo.
N° 6	Del 20% al 100% de los "ojos" tienen un color, predominantemente pardo-rojizo.
N° 7	La corteza tiene un color pardo-rojizo predominante y presenta señales claras de deterioro.

Fuente: Pantastico, E., B. (1975).

en estado de madurez N° 1 para generar la cáscara erradicada ya que con este estado de madurez se trabaja en las procesadoras, con la finalidad de obtener mejores rendimientos en el producto de mayor valor económico, que es la piña en rebanadas.

Como patrón de referencia tanto para la caracterización así como para la recuperación de aroma se seleccionó fruta con estado de madurez N° 5, considerándolo óptimo en cuanto a sus características de aroma y sabor.

En el caso de piñas encorchadas, debido a que son cosechadas en un estado de madurez N° 5, es la causa directa de que a su llegada al laboratorio provenientes de las plantaciones de Loma Bonita, Oaxaca presenten un estado de madurez más avanzado, N° 6, utilizando en estas condiciones a la fruta.

La caracterización del jugo se llevó a cabo mediante los siguientes análisis, efectuando en el caso concreto de la fermentación un conteo de microorganismos así como la determinación de grado alcohólico.

Las determinaciones efectuadas fueron las siguientes:

- 1.-pH: Determinado con un potenciómetro Corning Mod. #7, calibrado a pH 4, dando la lectura directa.
- 2.-Acidez: Obtenido por titulación mediante una solución de NaOH - 0.0909 normal utilizando fenoftaleína como indicador. La acidez se reporta como % de ácido cítrico anhidro, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \times 0.070 \times 100}{\text{g muestra}}$$

donde:

- N - Normalidad de NaOH igual a 0.0909
 0.070 - Miliequivalente del ácido cítrico anhidro.

- 3.-Densidad (ρ): Se determinó por diferencia de peso con respecto-

al agua, utilizando un picnómetro previamente tarado, por medio del método de Gutiérrez (1968). La densidad del jugo se evaluó en base a la siguiente relación.

$$f = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1}$$

en donde:

M_1 = es el peso del picnómetro vacío (g)

M_2 = es el peso del picnómetro más agua (g)

M_3 = es el peso del picnómetro más jugo (g)

4.-Viscosidad (μ): Obtenida mediante un viscosímetro Brookfield, utilizando la aguja N° 1 a 10 y 20 rpm.

5.-Humedad: Por medio de una termobalanza marca Cenco a 60°C.

6.-Sólidos solubles: Evaluados mediante un refractómetro marca Zeiss Opton, reportándose el contenido de sólidos solubles como °Brix.

7.-Azúcares reductores: Fueron cuantificados por el método del ácido 3-5 dinitrosalicílico (DNS), el cual rompe el anillo de la glucosa, en el carbono N° 1, formando un compuesto colorido (31).

8.-Azúcares totales: Al igual que los azúcares reductores se determinó colorimétricamente, utilizando la técnica de la antrona, basada en la hidrólisis de los carbohidratos totales presentes en la muestra por la acción del H_2SO_4 concentrado (31).

9.-Grado alcohólico: Determinado con un alcoholímetro Gay Lusac con escala de 0 a 20, a una temperatura de

29°C.

10.-Análisis Microbiológicos: Se efectuó una cuenta total, en agar nutritivo incubando a 35°C durante 24 horas, así como hongos y levaduras utilizando como medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) con variaciones en las condiciones de incubación siendo para hongos a temperatura ambiente durante 48 horas y para levaduras a 35°C durante 48 horas. En todos los casos se realizaron diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} . (21).

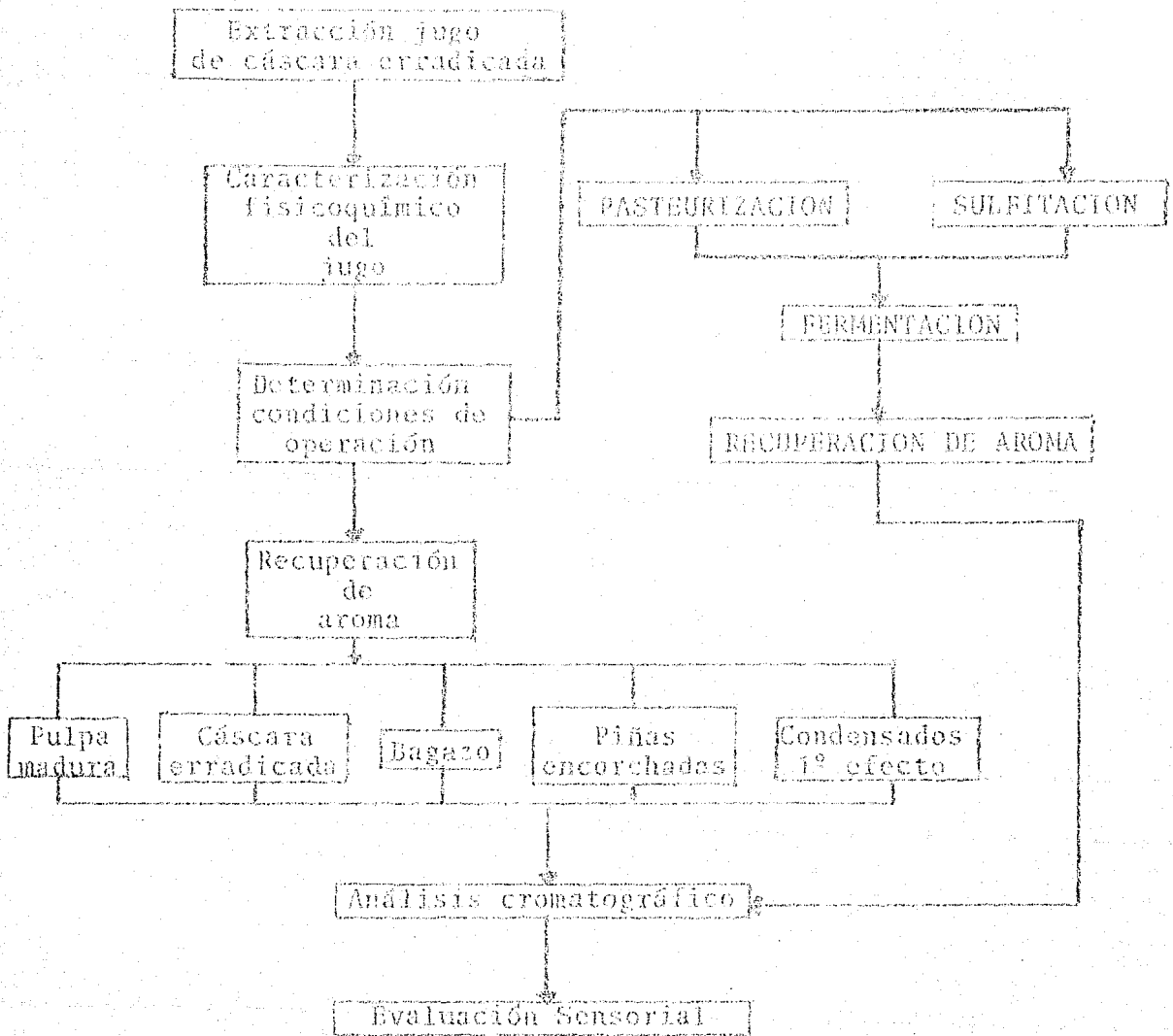
2.2.1 FASE 1. RECUPERACION DE AROMA A NIVEL LABORATORIO

La necesidad de determinar cual es la materia prima más adecuada y analizar las diferentes fuentes para la recuperación de aroma, hizo necesario establecer un estudio a nivel laboratorio en el cual se pudieran obtener resultados que sirvan como base para la recuperación de aroma a nivel planta piloto. Dentro de este estudio se especificó el equipo utilizado para la extracción así como la determinación de las condiciones de operación más adecuadas para efectuarla. A su vez esta fase experimental denominada Fase 1, incluyó la determinación de la influencia de una fermentación sobre el jugo de cáscara erradicada, debido fundamentalmente al estado de madurez N° 1 presente en la misma, no teniendo aún el desarrollo de aroma característico a piña, persiguiendo con la fermentación el desarrollo de componentes aromáticos.

Para cumplir con los objetivos previamente planteados se estableció el diagrama de bloques mostrado en la figura N° 5 en el cual se observa la secuencia de trabajo y que posteriormente se describe con mayor detalle.

Figura N° 5 DIAGRAMA DE BLOQUES

FASE I, RECUPERACION DE AROMA A NIVEL LABORATORIO



2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA RECUPERACIÓN DE AROMA FASE 1, NIVEL LABORATORIO

La extracción del jugo, se realizó como se describe en 2.1.2- al igual que la caracterización de las diferentes fuentes se llevó a cabo como se cita en 2.1.4, efectuando posteriormente la recuperación del aroma mediante un rotavapor, figura N° 6 marca Buchi, operando a vacío (563.5 mm de Hg), el cual consiste en un sistema de rotación activado por un pequeño motor (a) de velocidad variable, un matraz de pera (b) donde es colocado la muestra a evaporar (c), el cual gira sumergido en un baño de agua (d), en donde se puede controlar la temperatura consta también de un refrigerante (e), donde se producen los primeros condensados que se recolectan en un matraz de bola (f) y una salida de agua que va al drenaje (g). Este sistema está conectado a una trampa de vapor (h) enfriada con una mezcla de hielo seco y acetona, la cual tiene una temperatura de -65°C (b), con la finalidad de asegurar la condensación de los componentes volátiles constituyentes del aroma presente en la muestra, en la parte inferior de la trampa, se encuentra un matraz de bola (i) en donde se acumulan los componentes volátiles que van condensando. El equipo consta también de un vacuómetro (j) con el cual se determinó una presión de vacío de 563.5 mm de Hg producida por una bomba de vacío (k).

2.2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE AROMA, FASE 1, A NIVEL LABORATORIO

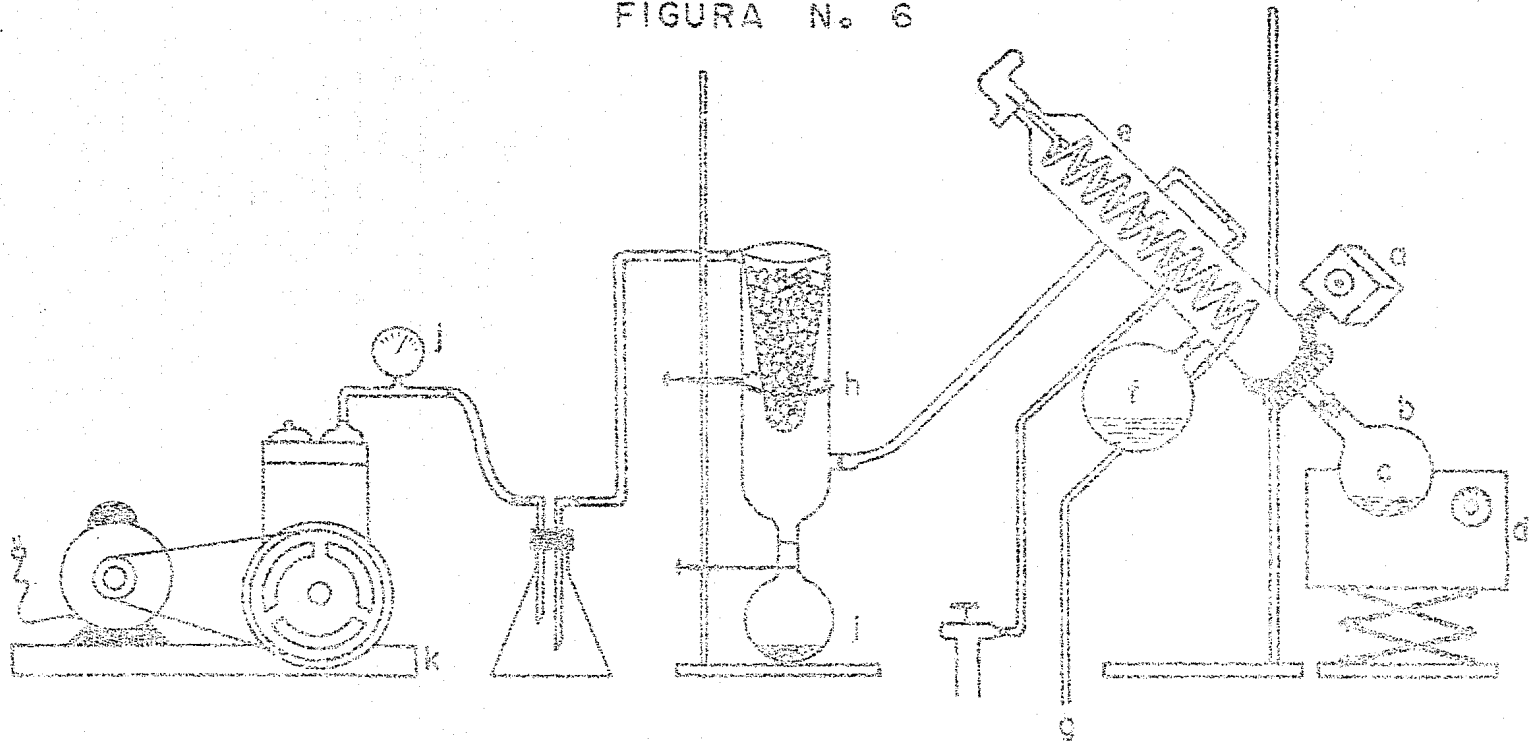
Mediante la utilización del equipo anteriormente descrito, se establecieron las condiciones más adecuadas para la recuperación de aroma en base a los siguientes parámetros, estableciendo una relación entre los mismos utilizando para este propósito jugo de cáscara erradicada.

$$J = R + (V_w + V_a)$$

por lo tanto, $V_w = f(\theta, T^{\circ})$ y

por lo tanto, $V_a = f(V_w)$

FIGURA N. 6



UNAM FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUANTITLAN

PAGE I

EQUIPO DE RECUPERACION DE AROMA A
NIVEL LABORATORIO "ROTAVAPOR"

TESIS PROFESIONAL
SILVIA VIOLETA VELASCO MIRANDA

donde:

- J= Volumen inicial de jugo (ml)
- R= Volumen de jugo concentrado (ml)
- V_w = Volumen de agua evaporada (ml)
- V_a = Volumen de aroma recuperado (ml)
- θ = Tiempo de operación del proceso de recuperación de aroma (minutos)
- T= Temperatura del baño de agua ($^{\circ}\text{C}$)
- f= Función de

Se variaron la temperatura ($^{\circ}\text{T}$) del baño de agua y el tiempo (θ), ya que ambos influyen en la proporción de los componentes volátiles durante la recuperación del aroma, por lo cual en base a estudios anteriormente realizados (6), se variaron las temperaturas en 5°C , tomando 45, 50 y 55°C para este estudio así, como los tiempos de operación para la recuperación del aroma son de 15, 20 y 25 minutos con la finalidad de evitar procesos prolongados que pudieran producir una caramelización en las muestras a evaporar con sus consecuentes cambios no deseados en este caso particular.

Dentro del proceso de recuperación de aroma existen condiciones de operación, que son características propias del funcionamiento del equipo, así como características intrínsecas de la materia-prima, en este caso el jugo de cáscara erradicada, mismos que a continuación se citan.

- 1.-Volumen inicial de jugo a concentrar 150 ml
- 2.-Jugo de cáscara sin erradicar con 11 $^{\circ}$ Brix iniciales
- 3.-Temperatura de trampa de vapor, con mezcla de hielo seco más acetona (-65°C)
- 4.-Presión de vacío 563.5 mm Hg.
- 5.-Velocidad de rotación (8-9), según el control de velocidad de rotación del equipo.

2.2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE AROMA A NIVEL LABORATORIO, FASE I PROVENIENTES DE LA PLANTA DE LOMA BONITA, JAYACA.

Una vez acondicionada la materia prima para la extracción del jugo, tanto en la cáscara erradicada como en piñas encorchadas y pulpa de piña madura, así como determinadas las condiciones de recuperación de aroma, se procedió a la utilización de las fuentes que a continuación se describen.

- 1.- JUCO DE CÁSCARA ERRADICADA. Proveniente de la cáscara que se genera al pasar la fruta por las ginacas y el erradicado, siendo su principal característica la de no tener pulpa adherida a ella y de provenir de fruta con un estado de madurez N° 1.
- 2.- BAGAZO. Se obtiene durante el proceso de la elaboración de jugo de piña pasteurizado, proveniente principalmente del pulper descrito en 1.3.1.

Para la recuperación de aroma del bagazo, fué necesario establecer una relación de 3:1 (agua-bagazo). Esta relación es el resultado de una serie de pruebas en las cuales se trató de evitar la caramelización, consecuencia de una reducida cantidad de agua que es evaporada antes de concluir el tiempo de operación establecido para la recuperación de aroma.

En este caso, se hizo la variación de recuperar el aroma del bagazo tal y como sale del pulper (BSM) y otra muestra con bagazo que se pasó por un molino de cuchillas con la finalidad de reducir el tamaño de las fibras y favorecer aún más la solubilización de los componentes volátiles así como el posible incremento en los mismos, al efectuarse la recuperación del aroma con respecto a la muestra de bagazo sin moler (BSM). Esta muestra de bagazo se denomina bagazo molido (BM).

- 3.- CONDENSADOS DEL PRIMER EFECTO DEL EVAPORADOR. Se hizo el estudio con la finalidad de detectar los componentes volátiles del-

aroma de pila que se generan durante el proceso de concentración del jugo descrito en 1.3.1. y que son arrastrados o los condensados del primer efecto del evaporador perteneciente al equipo de evaporación de la planta.

4.- JUGO DE PIÑAS ENCORCHADAS PROVENIENTE DE PULPA. Como se cita anteriormente en 2.1.1. estas piñas son un desecho de campo, el cual no tiene utilización de tipo industrial, pudiendo ser la recuperación de aroma una alternativa económicamente rentable debido a que su costo está muy por debajo del que tiene la variedad Cayena lisa, pudiendo inclusive establecer su precio con el productor debido a que la fruta no tiene ninguna demanda.

Una vez extraído el jugo, se sometió a la recuperación de aroma con las condiciones previamente establecidas.

5.- JUGO DE PIÑAS ENCORCHADAS PROVENIENTE DE TODA LA FRUTA, CONSIDERANDO PULPA, CORAZON Y CASCARA. Se hizo con la finalidad de aprovechar íntegramente la fruta y establecer mediante una evaluación sensorial, la existencia de diferencias significativas en comparación con el aroma obtenido solo de jugo de pulpa. En ambos casos el estado de madurez de la fruta es el N°6.

6.- JUGO DE PULPA MADURA. Se utilizó para su obtención fruta con un estado de madurez N°5, siendo éste el que presenta características sumamente agradables en cuanto a sabor y aroma, utilizándose como patrón de referencia y comparar las diferentes muestras de aroma obtenido con respecto a este, debido a la riqueza de sus componentes volátiles. En el análisis cromatográfico que se efectuó a las diferentes muestras de aroma obtenido se comparan con respecto al patrón de referencia en base a los tiempos de retención que presentan los diferentes perfiles cromatográficos.

2.2.5. FERMENTACION .

*Entendiendo en este caso específico por fermentación a los-

cambios bioquímicos producidos por el inóculo, *Saccharomyces cerevisiae* variedad *ellipsoidum*, sobre el jugo de cáscara erradicada, durante las primeras fases de la fermentación alcohólica en donde se ven incrementados los componentes volátiles inicialmente presentes, debido a la degradación de carbohidratos, aminoácidos y ácidos grasos entre otros (25), siendo una fermentación aeróbica.

Debido principalmente a que el jugo extraído de la cáscara erradicada es el principal desecho, presentando además un aroma no característico a piña, debido al estado de madurez N° 1, de la fruta del cual proceda, se utilizó este jugo como sustrato para efectuar la fermentación y recuperar el aroma.

Antes de efectuar la fermentación, se hicieron una serie de pruebas para determinar los siguientes parámetros:

- a) Influencia de la sulfitación, entendiéndose por sulfitado la adición de una solución de metabisulfito de potasio ($K_2S_2O_5$) al 10%, creando así un medio selectivo de crecimiento al permitir el desarrollo de solo ciertos microorganismos como son en este caso las levaduras.
- b) Influencia del desarrollo de una concentración de levadura con el sustrato sulfitado.
- c) Influencia de la carga microbiana del sustrato sobre la concentración de levadura.
- d) Desarrollo de la fermentación con carga microbiana propia del sustrato.

Se establecieron también las condiciones para la fermentación en donde el tiempo máximo es de 8 horas, teniendo como referencia para establecer este tiempo, estudios realizados sobre el mismo sustrato, con la finalidad de obtener alcohol (45) .

La temperatura utilizada fue de 27°C para el sustrato así como un pH de 3.6, manejando un volumen de 300 ml. Se tomaron muestras cada dos horas determinando la variación de °Brix, variando

la cantidad de levadura y la concentración de metabisulfito de potasio (sulfitación). Las muestras para este propósito presentaban las siguientes características:

- 1.-Sin sulfitar, sin levadura
- 2.-100 ppm de $K_2S_2O_5$, 0.6 g de levadura/l
- 3.-200 ppm de $K_2S_2O_5$, 0.6 g de levadura/l
- 4.-200 ppm de $K_2S_2O_5$, 1.0 g de levadura/l
- 5.-200 ppm de $K_2S_2O_5$, 0.3 g de levadura/l
- 6.-200 ppm de $K_2S_2O_5$, sin levadura
- 7.-Sin sulfitar, 0.6 g de levadura/l

Una vez determinada la influencia de los parámetros anteriormente citados, en donde todas las muestras sometidas a la Fermentación se efectuaron con un período total de tiempo de 8 horas, se determinó la conveniencia de ampliar el tiempo de la Fermentación hasta 9 horas, en base a un análisis cromatográfico, tomando una muestra inicial para un tiempo cero de fermentación y muestras cada 3 horas, partiendo de dos sustratos diferentes, uno sometido a una pasteurización (72°C, 15 segundos) y una concentración de 0.3-g/ de levadura/l y el otro con 200 ppm de $K_2S_2O_5$, con 1 g de levadura/l. Se realizó además la caracterización del jugo en cada toma de muestra.

Las muestras de aroma recuperado al igual que las de las posibles fuentes ya citadas fueron sometidas a un análisis cromatográfico y evaluación sensorial, por un análisis de varianza (ANOVA), con el modelo bloques al azar.

2.3.1. RECUPERACION DE AROMA A NIVEL PLANTA PILOTO. FASE II. DETERMINACION DEL TIEMPO DE REFLUJO (R_f)

Esta fase comprendió la recuperación de aroma a nivel Planta-Piloto y la determinación del tiempo de reflujo (R_f), más adecuada para la obtención de aroma de pila.

Para este fin se utilizó un evaporador centrífugo modelo CF-1B-2, conectado a una columna de rectificación, operando a presión atmosférica. Estos equipos se caracterizan por emplear superficies cónicas rotatorias, figura N° 7, ejemplificando al modelo CT6, cuya superficie de calentamiento es de 2.4 m^2 (5) .

El Centritherm que se muestra en la figura N° 8, consta de una superficie cónica rotatoria (A), en donde el líquido a evaporar se proyecta por medio de una boquilla, la cual alimenta al líquido . La velocidad de rotación es del orden de 1500 rpm y el área de la sección de evaporación es de 0.0919 m^2 (6) .

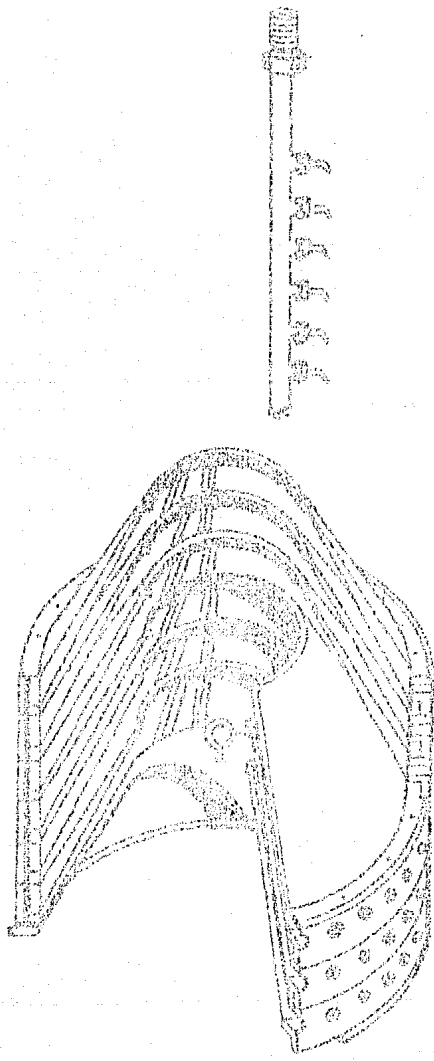
El líquido que va a ser concentrado se suministra al equipo por medio de una bomba de alimentación (B) y el producto es eliminado por la tubería de descarga, por medio de una bomba denominada de "concentrado" (C).

El agua de condensación proveniente del vapor de calentamiento se elimina mediante una bomba de vacío (D). La masa de agua evaporada desprendida durante la concentración es introducida en una columna de rectificación donde se recupera el aroma arrastrado por el vapor que se genera durante el proceso de evaporación del jugo.

La columna de rectificación es una torre de vidrio pyrex de 8.14 cm de diámetro (E), empacada con un material plástico en forma de espiral dispuesto al azar, abarcando una zona de 63 cm, la cual proporciona una superficie interfacial grande entre gas-líquido y aunado al volumen fraccionario vacío "E" que permite el flujo de gas a través de estos intersticios favoreciendo así el contacto entre las dos fases gas-líquido.

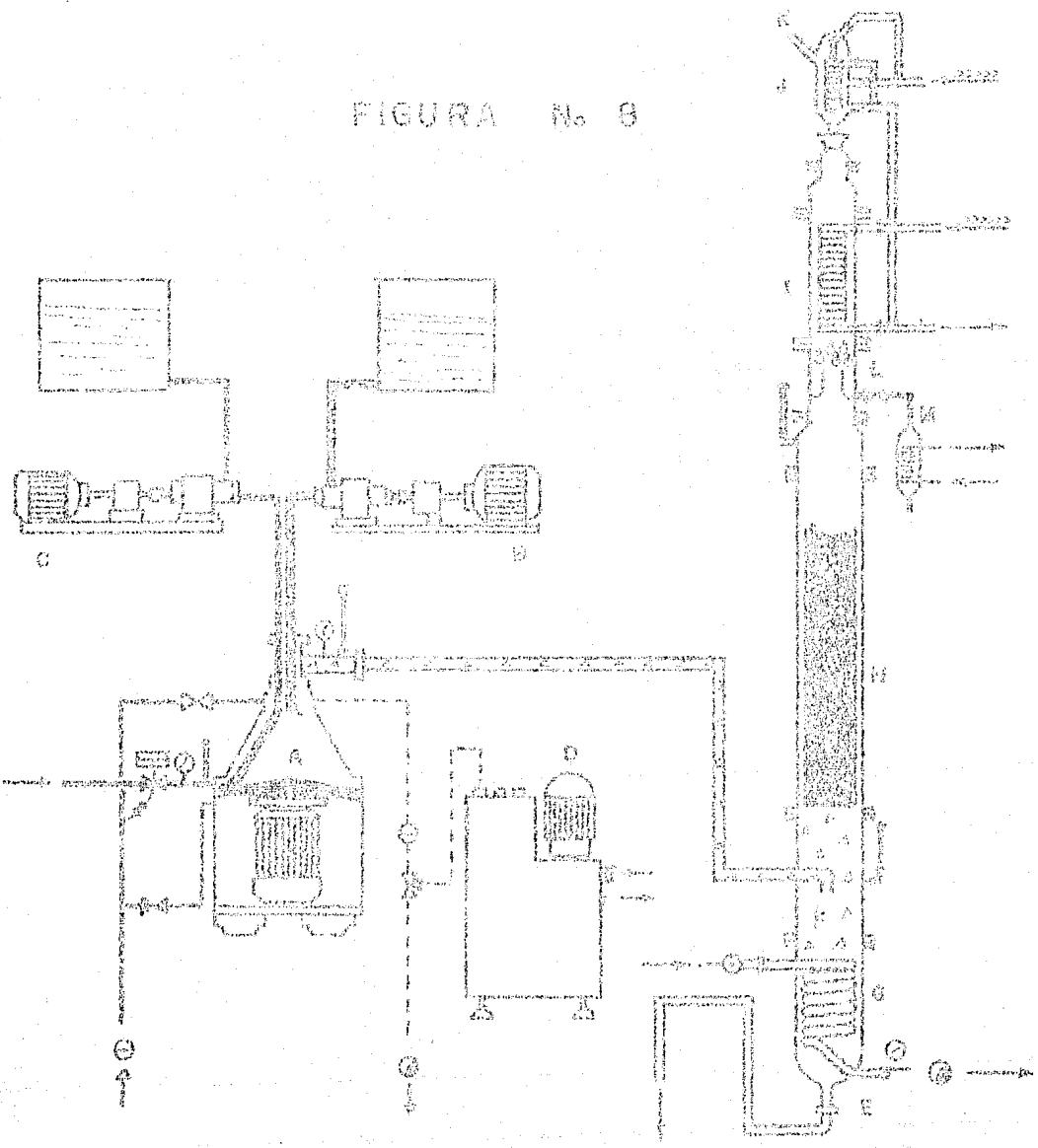
La alimentación (F) consiste en vapores que llevan consigo componentes volátiles, provenientes de la sección de evaporación, los cuales se introducen en la parte inferior de la columna en donde por medio de un serpentín (G) por el que circula vapor de calentamiento se le proporciona la energía necesaria para que sigan ascendiendo a la parte superior de la columna pasando por los inters

FIGURA N. 7



UNAM FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN
SECCION CONICA ROTATORIA DEL
EVAPORADOR. CENTRIFUGA
TESIS PROFESIONAL
SILVIA VIOLETA VELASCO MIRANDA

FIGURA No. 8



- MASA ALIMENTARIA
- ===== PRODUCTO CONCENTRADO
- >>>>> AGUA DE ENRIQUECIMIENTO
- AGUA DE CONDENSACION
- AAAAAA MASA AGUA ENFOJADA PROVENIENTE DEL PRODUCTO
- 000000 AROMA CONCENTRADO

UNAM FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN
 FASE II
 EQUIPO DE RECUPERACION DE AROMA A
 NIVEL PLANTA PILOTO CENTRI-THERM
 TESIS PROFESIONAL
 SILVIA VIOLETA VELASCO MIRANDA

ticios o volumen fraccionario vacío, donde la parte que se condensa forma una película de líquido que cubre la zona empacada (H). Una vez que se ha humedecido todo el empaque, es cuando comienza la rectificación.

La otra fracción de vapor asciende hasta llegar a la parte superior de la columna donde se encuentra un sistema de refrigeración (I, J), este sistema consta de dos refrigerantes por donde circula agua fría. Al final se tiene una salida de gases incondensables (K). Al entrar en contacto los vapores y el sistema de refrigerantes, éstos se condensan y se depositan en el plato (L), que se encuentra bajo los mismos, teniendo una capacidad aproximada de 300 ml. Cuando el condensado llena el plato, se desborda cayendo la primera gota iniciándose así el reflujo, empezando a producir a su vez un enriquecimiento de los componentes volátiles debido a que hay una transferencia de masa y energía en donde el líquido que cae del plato con una cantidad X_V de los componentes volátiles adquiere energía de los componentes menos volátiles γ_{NOV} produciendo así una evaporación de los componentes más volátiles que pasan a través de la columna empacada y llegan nuevamente al plato.

Para sacar el líquido acumulado en el plato se utiliza una válvula de salida de producto, que se identifica con una letra (M).

En vista de que la finalidad de este estudio es la recuperación de aroma, que va a depender de las condiciones del proceso de evaporación, se establecieron en base a estudios anteriormente realizadas sobre el mismo equipo (6), las posibles variables de operación y entre las que podemos citar:

V_A (Velocidad de alimentación)	220 ml/min
P_V (Presión de vapor de calentamiento.)	1.0 kg/cm ² equivalente a 110°C

Por lo que respecta a la masa alimentada (M_A), es de 19.6 l y ésta se estableció en base a la necesidad de operar el equipo durante el tiempo necesario para cubrir un tiempo de reflujo (R_f) -

que abarca un lapso de 15 a 60 minutos.

Se trabajó con jugo de piña madura en estado de madurez N^o 5, debido a la facilidad de manejo en cuanto a la extracción de jugo, se refiere, al necesitar un volumen considerable para efectuar la prueba presentando inicialmente 11°Brix.

Al igual que en la recuperación de aroma a nivel laboratorio se establece la relación entre el volumen de agua evaporada y la fracción de aroma obtenido.

$$M_A = M_{jc} + V_{we}$$

$$y \quad V_{we} = f: (T_A, V_A, P_V, T_C)$$

en donde:

$$V_{we} = (x_w + x_a)$$

$$x_a = f: (V_{we}, R_t)$$

en donde:

M_A = Masa de jugo alimentado

M_{jc} = Masa jugo concentrado

V_{we} = Volumen de agua evaporada

V_A = Velocidad de alimentación

P_V = Presión de vapor de calentamiento

R_t = Tiempo de reflujo

x_w = Fracción de agua

x_a = Fracción de aroma

f = Es función de

T_A = Temperatura de alimentación

T_C = Temperatura de vapor de calentamiento

Una vez establecidas las variables de operación, se determinó

solamente la influencia del tiempo de reflujó (R_t) que, como ya se menciona, es el tiempo en donde empieza a existir realmente un aumento en la concentración de volátiles presales en el producto que se va depositando dentro del plato en la columna de rectificación, los cuales fueron sacados por la válvula de salida de producto, en intervalos de 15 minutos, durante una hora (15, 30, 45 y 60 minutos), teniendo un total de cuatro muestras las cuales fueron sometidas a un análisis cromatográfico.

2.3.2. EVALUACION DEL CALOR TOTAL TRANSFERIDO

La secuencia de cálculo para la evaluación del calor total transferido durante el proceso de evaporación que generó la masa de vapor necesario para efectuar la recuperación de aroma a nivel planta piloto es la siguiente:

a) Evaluación del calor total transferido (Q)

$$Q = M_A C_p \Delta T + E_v \lambda_v \quad \dots \quad 1$$

en donde:

Q = Calor total transferido.....(K cal/h)

M_A = Gasto másico de alimentación.....(Kg/h)

C_p = Capacidad calorífica del líquido.....(K cal/h)

ΔT = Temperatura de evaporación-Temperatura.....(°C)
de alimentación

E_v = Gasto másico de la fracción evaporada.....(Kg/h)

λ_v = Calor latente de evaporación a 92°C.....(K cal/kg)

b) Evaluación del gasto másico del vapor de calentamiento, M_v

$$M_v = \frac{Q}{\lambda_s} \quad \dots \quad 2$$

en donde:

M_v = Gasto másico del vapor de calentamiento.....(Kg/h)

λ_g = Calor latente de condensación a 110°C... (K cal/Eg)

c) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, U.

$$U = \frac{Q}{A \Delta T_{LMTD}}$$

en donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor... Kcal/m²°C k

ΔT_{LMTD} = Diferencia de temperaturas media logarítmica... (°C)

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_Y - T_G) - (T_V - T_G)}{\ln \frac{(T_V - T_G)}{(T_Y - T_G)}}$$

d) Para evaluar el C_p del iugo se consideró la siguiente fórmula - tomando en cuenta el alto contenido de humedad en la muestra.

$$C_p = (P/100) + 0.2 (100 - P)/100 \quad (42)$$

en donde :

P = El porcentaje de humedad presente en la muestra.

2.4.1 ANALISIS CROMATOGRAFICO

Se utilizaron dos tipos de cromatografos de gases, ambos marca Varian correspondientes a los modelos 3 700 y 2 100. El detector utilizado fue de ionización de flama y se acopió a un registrador e integrador CDS-101.

Las condiciones de operación de los equipos fueron las siguientes:

CONDICIONES DE OPERACION	VARIAN 2 100	VARIAN 3 700
Columna	Vidrio	Vidrio, espiral
Soporte	Chromosorb WAW 80/100	Chromosorb WAW 80/100
Fase estacionaria	20% de Carbowax 20 M	20% de Carbowax 20 M
Temperatura del inyector	200°C	200°C
Temperatura del detector	210°C	200°C
Rango de análisis de temperatura	70 - 200°C	70 - 190°C
Programa de temperatura	15°C/min	15°C/min
Gas acarreador	Nitrógeno	Nitrógeno
Flujo de nitrógeno	50 ml/min	50 ml/min
Velocidad de carta	1 cm/min	1 cm/min

El análisis cromatográfico consistió en la cualificación de algunos de los componentes presentes en las muestras analizadas, basado en la comparación de los tiempos de retención (t_R), mismos que son característicos para cada componente, tratando de identificar los picos característicos del aroma de piña al realizar el análisis con la presencia de un patrón de referencia, proveniente del aroma de piña con un estado de madurez N° 5.

Las muestras analizadas fueron las siguientes:

Fase I, nivel laboratorio

- 1.-Aroma de piña madura, con estado de madurez N° 5. (Patrón de referencia). (PM).
- 2.-Aroma de cáscara erradicada, proveniente de fruta con estado de madurez N° 1.
- 3.-Aroma bagazo sin moler (BSM).
- 4.-Aroma bagazo molido (BM).
- 5.-Aroma piñas encorchadas, proveniente de jugo de pulpa, estado de madurez N° 6. (EP).
- 6.-Aroma de piñas encorchadas proveniente de pulpa, corazón y cáscara (piñas enteras) con estado de madurez N° 6. (EE).
- 7.-Aroma obtenido de los condensados del primer efecto del evaporador. (CPE).
- 8.-Aroma obtenido de las muestras sometidas a la fermentación para los tiempos de cero, tres, seis y nueve horas, así como la muestra sometida a la pasteurización considerando un tiempo de seis horas.

Fase II, nivel Planta Piloto

- 9.-Aroma obtenido de la columna de rectificación considerando los tiempos de reflujo (R_t) correspondientes a 15, 30, 45 y 60 minutos.

2.5.1 ANALISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina científica que se aplica para medir, analizar e interpretar reacciones que se generan cuando son percibidas algunas características de los alimentos, por los sentidos de la vista, gusto, tacto, oído y olfato (55). Así mismo, su importancia radica en que no existe un aparato capaz de medir el grado de aceptabilidad de un producto, aunado a que la evaluación sensorial permite adquirir un punto de vista del producto en base a datos analizados estadísticamente (26).

Para las características propias de este estudio en donde se planteó la posibilidad de encontrar la fuente más adecuada para la recuperación de aroma hubo necesidad de seleccionar y entrenar un grupo de gentes que desarrollaran su capacidad olfativa para poder dar una evaluación lo más confiable posible. Con este propósito se estableció un programa de entrenamiento basado en ejercicios que capacitaban a la persona a reconocer el aroma característico a piña, así como la detección del umbral olfativo necesario para establecer las concentraciones de aroma con las cuales se trabajó.

SELECCION. La selección se llevó a cabo entre los panelistas por medio de pruebas de clasificación en donde se tenía que establecer en orden decreciente la intensidad de aroma presente en cada muestra, manejando así en este caso el parámetro de intensidad aromática. De un total de 20 personas que inicialmente se presentaron para colaborar fueron seleccionadas solo 13. El cuestionario utilizado fue el N° 1.

Las muestras evaluadas para este propósito consistían en una solución de agua destilada con aroma artificial, con una concentración de 0.0000g ml/100 ml de agua, siendo ésta la recomendada para la dilución del aroma artificial (19) y otra fue una solución de aguardiente de uva, en agua destilada con 1°GL mínima concentración que pudo ser cuantificada con el alcoholímetro Gay.Lusac y que pudo ser percibida por la mayoría de los panelistas.

La necesidad de capacitar y familiarizar a los panelistas a de-

CUESTIONARIO #1

APLICADO EN LA SELECCION DE JUECES

Nº de cuestionario _____

Prueba de clasificación

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones:

En base a la intensidad de olor, favor de clasificar las muestras que se encuentran codificadas con un número, en orden decreciente (olor a piña).

Intensidad

Primera	_____
Segunda	_____
Tercera	_____
Cuarta	_____

CUESTIONARIO #1

Selección

Pruebas de Clasificación

Nº de cuestionario _____

Prueba de clasificación

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones:

En base a la intensidad de olor, favor de clasificar las muestras que están codificadas con un número en orden decreciente. - - (olor a alcohol).

Intensidad

Primera _____

Segunda _____

Tercera _____

Cuarta _____

teectar alcohol es previniendo que las muestras sometidas a la -- fermentación generaran alcohol, pudiendo este interferir en la - percepción del aroma de piña.

ENTRENAMIENTO . Una vez seleccionados los panelistas se sometieron a un entrenamiento basado en métodos discriminativos, específicamente en pruebas de diferencia mediante la aplicación del cuestionario N°2.

Este tipo de pruebas es denominado de Duo-trio en donde se le proporciona al panelista 3 muestras , de las cuales una se -- consideraba como referencia siendo identificada como tal y al panelista le corresponde identificar de las dos muestras restantes cual es igual a la muestra proporcionada como referencia.

Los datos obtenidos de esta prueba, al igual que en el caso de la selección se analizan estadísticamente por distribución binomial, evaluando las respuestas para cada panelista.

El número de pruebas que se efectúa es de 5, de las cuales 2 se repiten en cuanto a las concentraciones de aroma y alcohol utilizadas. En 4 de ellas se manejan diluciones de aroma artificial y la quinta se realizó con jugo natural de piña.

En el cuadro N°7 se observan las diluciones manejadas en la prueba Duo-trio para el entrenamiento de los panelistas.

Como se puede apreciar en el cuadro N°7, la concentración utilizada de alcohol va de 1 a 2°GL y en el caso del aroma artificial de piña de 0.00002 a 0.0002 ml de aroma/100 ml de agua destilada, utilizando en la última prueba aroma proveniente de jugo natural de piña con un estado de madurez N°5, siendo este el patrón de referencia y teniendo como una medida de concentración en el aroma a los °Brix presentes en las muestras, debido a que el jugo es diluido para agudizar la percepción de los panelistas.

CUESTIONARIO #2

APLICADA DURANTE EL ENTRENAMIENTO DE LOS JUECES

Nº de cuestionario _____

Prueba de preferencia duo-trio

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones:

Usted está recibiendo 3 muestras, de las cuales una está marcada con una "R", siendo la referencia o estandar. De las otras 2 - una es idéntica a "R", compare cada una de ellas por separado, con respecto a la referencia. Si no logra diferenciar bien tome un receso.

Muestra

Piña	<u>624</u>	<u>538</u>	Cuál es igual a "R" _____
Alcohol	<u>216</u>	<u>357</u>	"R" _____

Describa las diferencias en términos cuantitativos

Cuadro N° 7 DILUCIONES MANEJADAS EN LA PRUEBA DUO-TRIO PARA EL ENTRENAMIENTO DE JUECES

Número de prueba	Muestra referencia (a)		Muestra diferente (b)	
	Aroma artificial de piña	Alcohol (°GL)	Aroma artificial de piña	Alcohol (°GL)
1 (c)	0.001 ml/100 ml agua	1.0	0.0002 ml/100 ml agua	1.6
2	0.002 ml/100 ml agua	1.4	0.002 ml/100 ml agua	1.2
3 (c)	0.001 ml/100 ml agua	1.0	0.0002 ml/100 ml agua	1.6
4	0.00002 ml/100 ml agua	1.8	0.0002 ml/100 ml agua	2.0
5	Jugo de piña 1°Brix	1.6	Jugo de piña 0.5°Brix	1.0

(a) Dos muestras proporcionadas

(b) Una muestra proporcionada

(c) Muestras repetidas

Una vez terminado el entrenamiento, se realizó la evaluación sensorial de las diferentes muestras de aroma obtenidas en la Fase 1, nivel laboratorio que se consideraron como posibles fuentes para la recuperación de aroma, referidas ya en 2.2.3. y 2.2.4, eliminado únicamente el aroma obtenido de los condensados del primer efecto del evaporador.

La evaluación sensorial antes citada fué en base a una prueba de preferencia en donde por medio de una escala hedónica, los panelistas calificaban los parámetros de aroma característico a piña e intensidad aromática. Esta prueba se consideró como la evaluación sensorial definitiva de las muestras de aroma obtenidas. El cuestionario que se utilizó en este caso es el N°3 y la escala de calificaciones se muestra en el cuadro N°8.

El análisis estadístico que se utilizó en este caso, es un análisis de varianza (ANOVA), con el modelo de bloques al azar bloqueando con respecto a los jueces y que es descrito con mayor detalle en lo que respecta a su evaluación, al igual que la distribución binomial citada anteriormente.

2.5.2. ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS

Para las pruebas de evaluación sensorial se estableció un análisis estadístico de resultados obtenidos, durante la selección y entrenamiento de jueces, utilizando para esto un análisis binomial con un 95% de intervalo de confianza (γ) y en el caso de las pruebas de preferencia se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para el modelo bloques al azar, bloqueando con respecto a los jueces con un nivel de significancia (α) del 5%. En caso de encontrar diferencias significativas se procedió a utilizar el método de comparaciones múltiples de Tukey.

2.5.2.1. ANALISIS BINOMIAL.

Para la selección y entrenamiento de jueces se consideró una probabilidad de acierto, de las muestras proporcionadas de 80% y

CUESTIONARIO #3

EVALUACION FINAL DE LAS MUESTRAS

Prueba de preferencia

Nombre _____

Fecha _____

Instrucciones:

Usted está recibiendo unas muestras de aroma de piña codificadas con un número; examine cada una de ellas por separado de acuerdo a los siguientes parámetros.

- 1.-Aroma característico a piña
- 2.-Intensidad aromática

y califíquelas de acuerdo a la siguiente escala

<u>Olor característico a piña</u>	917	632	584
Muy característico	_____	_____	_____
Característico	_____	_____	_____
Medianamente característico	_____	_____	_____
Poco característico	_____	_____	_____
No característico	_____	_____	_____
<u>Intensidad</u>			
Muy intenso	_____	_____	_____
Intenso	_____	_____	_____
Medianamente intenso	_____	_____	_____
Poco intenso	_____	_____	_____
Muy poco intenso	_____	_____	_____

Observaciones

Cuadro N° 8 ESCALA DE CALIFICACIONES UTILIZADA EN LA EVALUACION-
SENSORIAL APLICADA EN LA PRUEBA DE PREFERENCIA.

Olor característico a piña	Valor	Intensidad aromática
Muy característico	5	Muy intenso
Característico	4	Intenso
Medianamente característico	3	Medianamente intenso
Poco característico	2	Poco intenso
Muy poco característico	1	Muy poco intenso

20% de probabilidad de error, por lo cual fué necesario efectuar una serie de pruebas como se cito en 2.5.1, para cumplir con las probabilidades de acierto ya referido, estableciendo además un intervalo de confianza (γ) de 95% donde la probabilidad de acierto está determinada por:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} \dots\dots\dots 1$$

en donde:

n = Número de pruebas realizadas

x = Número de aciertos

q = $1 - p$, o sea probabilidad de error

El intervalo de confianza queda determinado por:

$$\left\{ P_1 \leq p \leq P_2 \right\} \dots\dots\dots 2$$

donde P_1 y P_2 se evalúan mediante tablas (34), considerando la relación m/n , donde m es el número de pruebas realizadas o eventos y n el tamaño de la muestra, que en este caso es el número de personas que se sometieron a la selección y posteriormente al entrenamiento. La probabilidad de acierto "p" se calculó mediante la función $f(x)$, en donde la relación $\binom{n}{x}$ se denomina coeficiente binomial y su valor se calcula por tablas (34).

2.5.2.2 ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Para la evaluación sensorial se efectuó sobre las 12 muestras de aroma recuperado a nivel laboratorio; un análisis de varianza correspondiente al modelo bloques al azar, bloqueando con respecto a los jueces. El modelo utilizado para el análisis está basado en la siguiente hipótesis.

$$H_0 = A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = A_6 = A_7 = A_8 = A_9 = A_{10} = A_{11} = A_{12}$$

donde el modelo bloques al azar establece:

$$y_{ij} = \mu + \mu_i + P_j + \epsilon_{ij}$$

en donde :

$i = 1, 2, \dots, 12$ equivalente al número de muestras.

$j = 1, 2, \dots, 13$ equivalente al número de jueces

Y_{ij} = Calificación a la muestra i por el panel j .

μ = Media general

μ_i = Efecto de la muestra i -ésima.

p_j = Efecto del panelista j -ésimo.

E_{ij} = Error asociado a la calificación dada por el panelista j -ésimo a la muestra i -ésima.

Para poder probar la hipótesis H_0 , se utilizó el siguiente cuadro de anova.

ANOVA : MODELO BLOQUES AL AZAR

Fuente de variación (FV)	Grados de Libertad (GL.)	Suma de cuadrados (SM.)	Cuadrado medio (CM.)	F cal culada (EC.)
Debido a muestras (M)	M-1	$\sum_{i=1}^M \frac{Y_i^2}{P} - \frac{Y_{..}^2}{MP}$	S.C.M.	C.M.M.
			G.L.M.	C.M.E.
Debido a panelistas (P)	P-1	$\sum_{j=1}^P \frac{Y_j^2}{M} - \frac{Y_{..}^2}{MP}$	S.C.P.	C.M.P.
			G.L.P.	C.M.E.
Debido al error (E)	(M-1) (P-1)	S.C.TA-S.C.M.- S.C.P.	S.C.E. G.L.E.	
Total ajustado per la media (TA)	MP-1	$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P \frac{Y_{ij}^2}{MP} - \frac{Y_{..}^2}{MP}$		

La hipótesis H_0 , puede ser aceptada o rechazada de acuerdo al siguiente criterio :

$$F.C. > F (1 - \alpha) \\ (M-1 , G.L.E.)$$

Si mediante la determinación del análisis de varianza (ANOVA) se encuentran diferencias significativas entre las muestras, se realiza una evaluación estadística correspondiente al método de comparaciones múltiples de Tukey, para poder detectar las muestras que son diferentes y determinar así la preferencia de los panelistas por las muestras evaluadas.

El modelo utilizado para este análisis es el que a continuación se describe.

$$DMSH = q (1 - \alpha) \\ (M, G.L.E.) \sqrt{\frac{C.M.E.}{P}}$$

en donde :

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

$q (1 - \alpha)$
 $(M, G.L.E.)$ = Valor de tablas de " Rangos estudiantizados "

C.M.E. = Cuadrado medio debido al error

P = Debido a panelistas

α = Nivel de significancia (en este caso α es del 5%)

Hipótesis a probar , $H_0 : \mu_1 = \mu_2$.

Criterio de rechazo de H_0 , $| Y_1 - \bar{Y}_1 | > DMSH$

2.5.3. CONDICIONES OPERATIVAS PARA LA EVALUACION SENSORIAL.

Las muestras utilizadas fueron proporcionadas a los jueces en recipientes de vidrio con tapón hermético(matraz aforado de 200 ml) para evitar la pérdida de aroma y codificadas con un número de tres dígitos seleccionados de tablas de números aleatorios (33) , para evitar que el código influyera de alguna manera en la evaluación proporcionada por cada panelista.

Las pruebas se realizaron en un lugar aislado, con la principal característica de ser un área ventilada para evitar la existencia de olores extraños que interfirieran en las pruebas (cubículos de evaluación sensorial) .

3. RESULTADOS

3.1.1. EXTRACCIÓN DEL JUGO .

Debido a las características de fibrosidad y dureza de la cáscara erradicada, principal producto de desecho, así como las piñas encorchadas, se utilizó un extractor rotatorio con una potencia de 1/4 HP suficiente para desgarrar la cáscara y extraer el jugo el cual contiene partículas gruesas y una gran cantidad de sólidos en suspensión (26% de sólidos totales determinados experimentalmente).

El principal inconveniente de la cantidad de sólidos presentes, es la heterogeneidad en el tamaño de partículas en suspensión por lo cual se plantearon dos alternativas para obtener un tamaño homogéneo y facilitar el proceso de recuperación de aroma. La primera fue un refinado en un finisher marca Alling - Lander modelo 312-B-924 pasando el jugo por dos mallas. Primero una malla de 1.50 mm para eliminar el bagazo y partículas gruesas de la cáscara y posteriormente se pasa por una malla de 0.50 mm obteniendo un jugo homogéneo debido al tamaño de partículas en suspensión con una cantidad de sólidos totales de 12%.

La segunda alternativa fue un filtrado a vacío, por medio de un embudo Butchner siendo un proceso sumamente lento y teniendo el inconveniente de obtener un producto clarificado, lo cual no es conveniente ya que esas pequeñas porciones de sólidos que se eliminan, son necesarias para efectuar una correcta recuperación de aroma debido a que poseen una cierta cantidad de componentes volátiles que se pierden mediante este proceso de separación.

Debido a los inconvenientes planteados para la filtración a

vacio, se procedió a la utilización del refinado, presentando el jugo obtenido por este método un mayor porcentaje de sólidos totales 12%, contra 9% obtenido por el proceso de filtración a vacío, así como la presencia de pequeñas partículas de cáscara convenientes para el proceso de recuperación de aroma debido, a que parte del aroma queda en ellas.

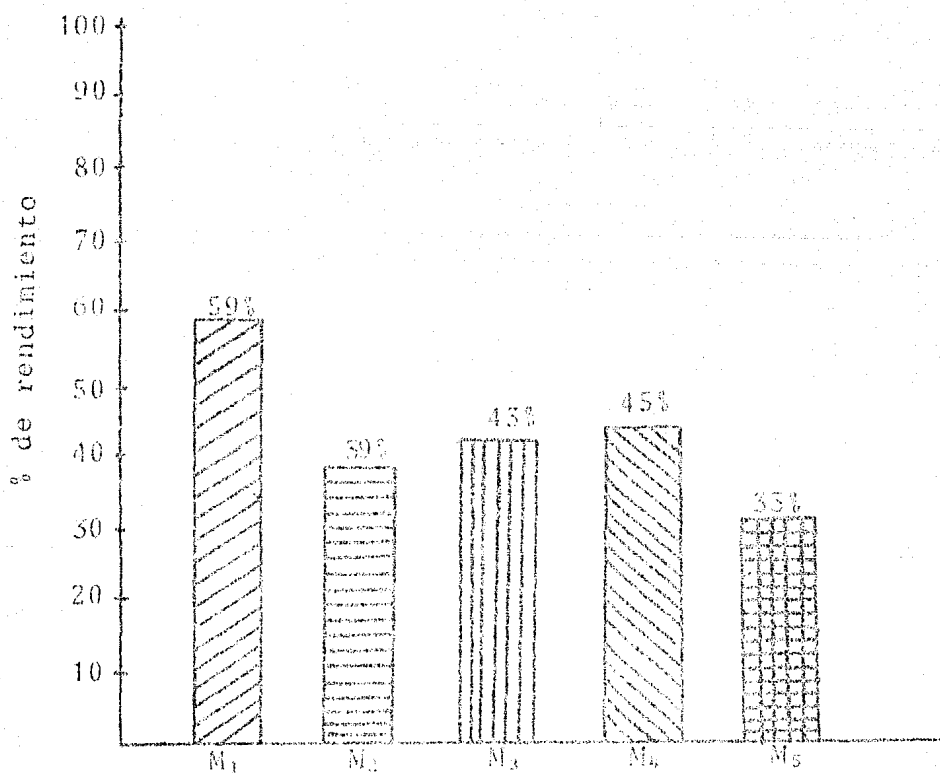
3.1.2. RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LA EXTRACCIÓN DEL JUGO.






Los rendimientos obtenidos en la extracción del jugo de las diferentes fuentes utilizadas para la recuperación de aroma se encuentran graficados en la figura N° 9. Para cáscara erradicada se obtiene un rendimiento del 39% de jugo ya refinado, pudiéndose considerar elevado en comparación con el 59% obtenido a partir de pulpa madura.

En comparación con el rendimiento reportado bibliográficamente (45) , para el jugo de cáscara erradicada se obtuvo un incremento del 6% (33 a 39%) mediante el extractor rotatorio, mejorando así la eficiencia de extracción que en caso de manejar grandes volúmenes de cáscara erradicada, 200 a 250 Ton/día (37), resulta un incremento considerable.

Para piñas encorchadas el rendimiento promedio es de 44%, siendo mayor que el jugo de cáscara erradicada, debido a que este jugo proviene de la pulpa, corazón y cáscara.

Figura N° 9 RENDIMIENTOS OBTENIDOS DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE DIFERENTES MATERIAS PRIMAS.



- M₁  Jugo de piña madura (N° 5) pulpa, corazón y pulpa adherida a la cáscara.
- M₂  Jugo de cáscara erradicada.
- M₃  Jugo piñas encorchadas, pulpa.
- M₄  Jugo piñas encorchadas, enteras (pulpa, corazón y cáscara).
- M₅  Jugo cáscara erradicada, reportado bibliográficamente.
- Fuente: (Romero Solis, 1981).

3.1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Una vez determinadas las condiciones para la extracción del jugo, así como los rendimientos obtenidos, se procedió a su caracterización. Los resultados se observan en el cuadro N° 9 donde se infiere lo siguiente.

Las primeras dos columnas, presentan las diferencias entre los jugos de piña madura y piña verde, donde los parámetros evaluados reflejan las características del estado de madurez del cual proceden. Los °Brix aumentan en un 16% durante la maduración, (de 10.5 a 12.5) y la acidez disminuye en un 17% (de piña verde a piña madura), observando un incremento de 28% en el contenido de azúcares totales (9.5 a 11.9) y un 21% (4.3 a 5.5), en azúcares reductores. Para la viscosidad, la diferencia en 0.5 cp entre jugos de piña madura y verde, se debe a que durante la maduración se producen cambios bioquímicos, como son la degradación de carbohidratos entre estos almidón y protopectinas, generándose compuestos de bajo peso molecular.

A su vez, el jugo obtenido a partir de cáscara erradicada presenta un pH elevado en comparación con los resultados obtenidos para las demás muestras analizadas, así como una acidez baja (9.041). En cuanto al contenido de azúcares totales, el jugo de cáscara erradicada contiene un 50% menos con respecto a los presentes en el jugo de piña madura.

Para las piñas encorchadas de la variedad Cayena lisa, se analizaron presentando un estado de madurez N°6 por lo cual los °Brix se ven incrementados en un 15% (12.5 a 14.8) con respecto

Cuadro N°9

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LOS JUGOS OBTENIDOS

PARAMETRO EVALUADO	JUGO, PV	JUGO, PM	JUGO, CE	JUGO, EP	JUGO, EE	RB
°Brix	10.5	12.5	6.0	14.8	14.6	12.0(37)
pH	3.4	3.6	4.1	3.7	3.7	3 a 4(36)
Acidez (% de ácido citrico)	0.76	0.56	0.40	0.95	0.97	0.60(36)
% de humedad	89.0	88.0	88.0	82.2	82.1	89.0(37)
Azúcares totales (g / 100g)	9.5	11.9	5.9	14.1	13.8	--
Azúcares reductores (g / 100g)	4.5	5.3	3.9	6.3	6.2	--
ρ (g / cm) a 20°C	1.054	1.058	1.021	1.059	1.068	1.046(36)
η (cp) a 20°C Ahuja N°1, 20 rpm.	13.0	12.5	7.5	**	**	--

PM ... piña madura, estado de madurez N°5

PV ... piña verde, estado de madurez N°1

CE ... cáscara erradicada

EP ... piñas encorchadas pulpa

EE ... piñas encorchadas enteras

** ... no se determino

RB ... referencia bibliografica

a piña madura con un estado de madurez N°5, existiendo un incremento de 40% en la acidez con respecto a piña madura, de 0.561% a 0.955% en piñas encorchadas.

Los incrementos anteriormente citados, se pueden explicar en base a la disminución del contenido de humedad consecuencia del estado de madurez N°6 y el encorchado que presenta la fruta, por lo cual se produce una concentración de componentes solubles, como son los azúcares y ácidos.

Entre el jugo obtenido de piña encorchada a partir de pulpa y el que se generó a partir de toda la fruta (cáscara, corazón y pulpa), no existen diferencias notables por lo cual se puede utilizar integralmente como materia prima para la recuperación de aroma.

En base a los resultados anteriormente expuestos, los jugos obtenidos a partir de cáscara erradicada, así como de piñas encorchadas, son posibles fuentes para la recuperación de aroma, ya que sus propiedades físicas y químicas no presentaron diferencias que pudieran propiciar problemas durante el proceso de recuperación de aroma, presentando características aromáticas propias, motivo principal de este estudio.

El estado de madurez de la fruta, N°1 del cual procede la cáscara erradicada, es un factor de suma importancia en cuanto a la calidad del aroma obtenido ya que en este estado la fruta aún no ha alcanzado su plenitud aromática.

Por lo que respecta al jugo de cáscara erradicada y piñas encorchadas se comprobó su utilidad como posible fuente de recuperación de aroma en el proceso de obtención de aroma que posteriormente se discute.

3.2.1. FASE I , NIVEL LABORATORIO , CONDICIONES DE OPERACION UTILIZADAS PARA LA RECUPERACION DE AROMA.

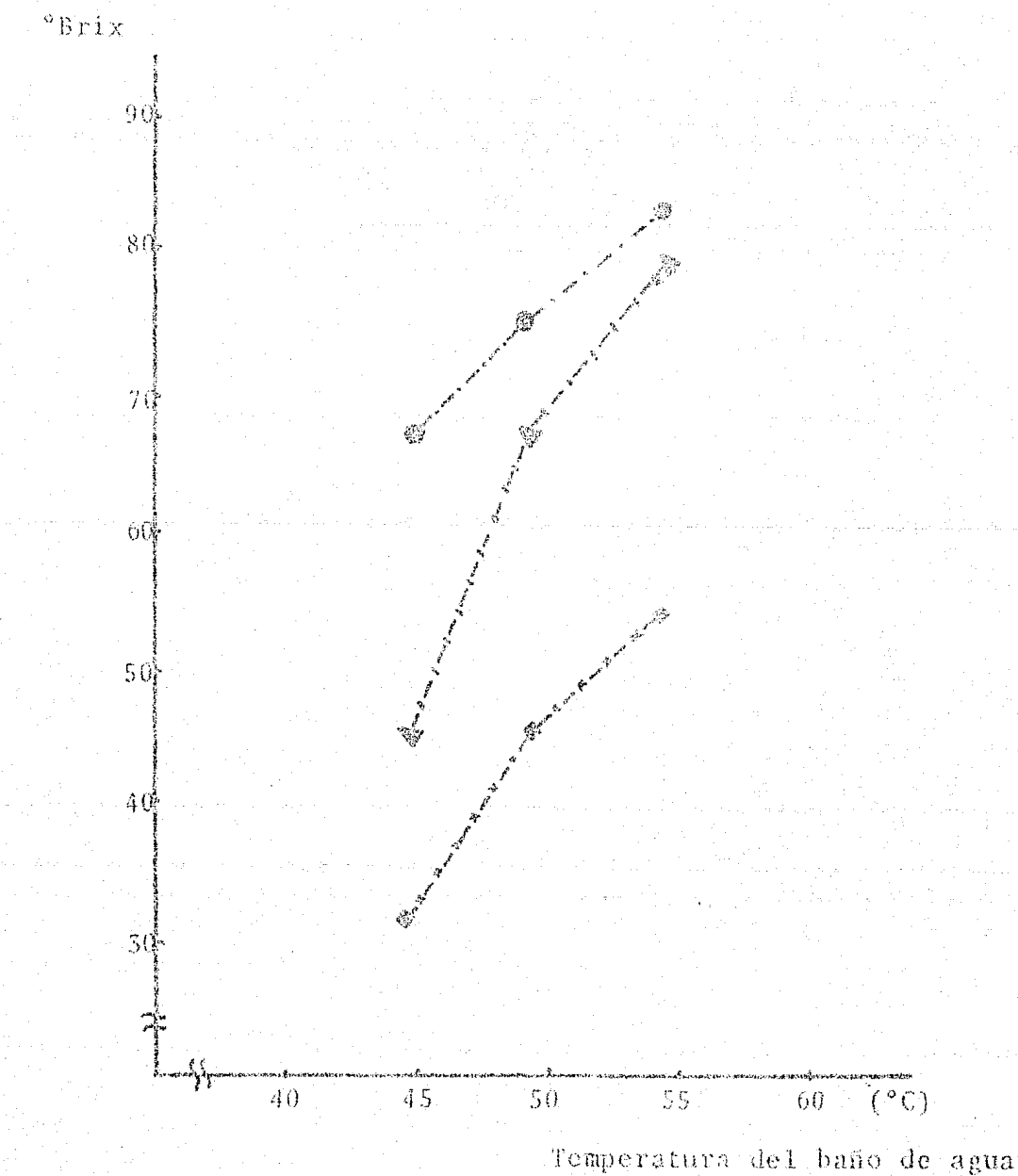
Para evaluar las condiciones de operación mas adecuadas para la recuperación de aroma a nivel laboratorio, se utilizó jugo de cáscara erradicada con un volumen inicial de 150 ml manteniendo constantes en el rotavapor la velocidad de rotación, temperatura de trampa de vapor con mezcla de hielo seco mas acetona y una presión de vacío correspondiente a 563.5 mm de Hg. La concentración de sólidos solubles en el jugo es de 11 °Brix.

Considerando un tiempo constante de operación de 15 minutos y variando la temperatura del baño de agua, se puede observar, en la figura N° 10 , que conforme se incrementa la temperatura, la concentración de sólidos solubles aumenta hasta llegar a un máximo de 54 °Brix, para una temperatura de baño de agua de 55°C.

Para los tiempos de 20 y 25 minutos el comportamiento es similar, consecuencia de que al incrementarse el calor aplicado para favorecer la evaporación de volátiles, se crea una relación directamente proporcional entre la temperatura del baño de agua y la cantidad de agua evaporada en el jugo . Esta relación es favorable mientras no se manejen tiempos largos de operación en el equipo así como temperaturas elevadas en el baño de agua, más de 55°C, debido a que se favorece la caramelización de carbohidratos caracterizada por un cambio de color en el concentrado, así como en su aroma, siendo este muy ácido y diferente al olor que inicialmente tiene el jugo antes de someterlo al proceso de evaporación.

Se estableció una relación de fracción de aroma obtenido (x_a), en función del volumen total de agua evaporada (V_w), considerando constante como se menciona el volumen inicial de jugo de

Figura N° 10 DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE RECUPERACION DE AROMA A NIVEL LABORATORIO EN UN ROTAVAPOR.

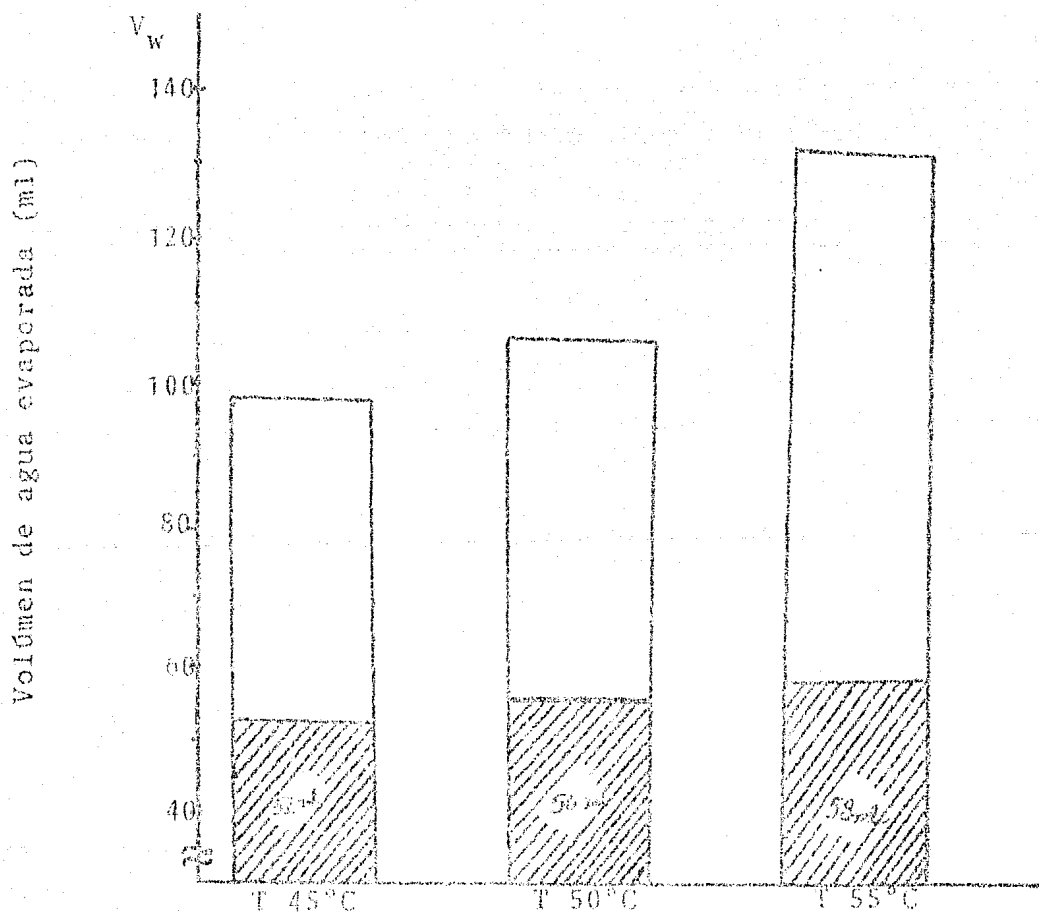


cáscara enriadicada de 150 ml.

Considerando nuevamente un tiempo de operación de 15 minutos en el rotavapor, se puede observar en la figura N° 11 que conforme se incrementa la temperatura del baño de agua, se incrementa el volumen de agua evaporada, pero la fracción de aroma (x_a) disminuye con respecto a este, teniendo un volumen de agua evaporada (V_w) de 97, 107 y 126 ml para las temperaturas de 45, 50 y 55°C respectivamente donde se tiene una fracción de aroma (x_a) de 0.536 para 45°C, 0.525 para 50°C y 0.486 para una temperatura de baño de agua de 55°C, esto implica que la suma de la fracción de aroma (x_a) y la fracción de agua evaporada (x_w), es el 100% de la cantidad que corresponde al volumen de agua evaporada representada por (V_w).

La figura N° 12, muestra la relación anteriormente citada, pero con un tiempo de operación de 20 minutos donde la tendencia es similar, a la que presenta un tiempo de operación de 15 minutos, ya que conforme se incrementa el volumen de agua evaporada el volumen de aroma (V_a) se incrementa, pero la fracción de aroma (x_a) con respecto al volumen total de agua evaporada disminuye. Se observó un incremento en los °Brix finales, con respecto al tiempo de 15 minutos mostrando la influencia de la temperatura y el tiempo, durante la evaporación y consecuentemente la recuperación de aroma. En este caso se tuvo un volumen de agua evaporada (V_w) de 121, 130 y 148 ml para las temperaturas de 45, 50 y 55°C respectivamente. Del volumen de agua evaporada antes citado 66, 70 y 72 ml son los volúmenes de aroma recuperados para cada prueba correspondiente a 0.545 de (V_w) para una temperatura de

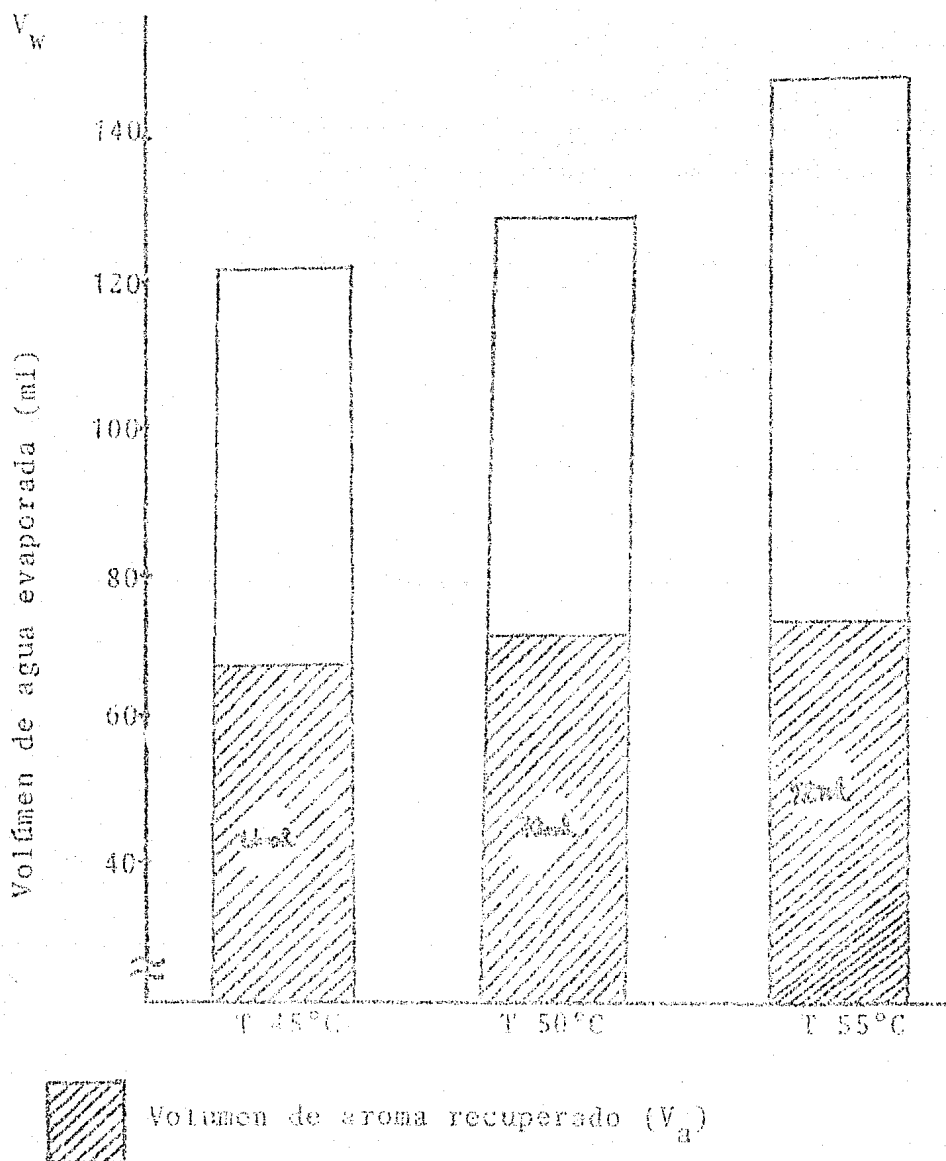
Figura N° 11 RELACION DE LA FRACCION DE AROMA OBTENIDO (x_a) EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA EVAPORADA (V_w), PARA UN TIEMPO DE OPERACION DE 15 MINUTOS.



Volumen de aroma recuperado (V_a)

$V_a = 52 \text{ ml}$	$V_w = 97 \text{ ml} \therefore x_a$ corresponde a 0.536 de V_w
$V_a = 56 \text{ ml}$	$V_w = 107 \text{ ml} \therefore x_a$ corresponde a 0.523 de V_w
$V_a = 72 \text{ ml}$	$V_w = 126 \text{ ml} \therefore x_a$ corresponde a 0.486 de V_w

Figura N° 12 RELACION DE LA FRACCION DE AROMA OBTENIDO (x_a) EN FUNCION DEL VOLUMEN DE AGUA EVAPORADA (V_w), PARA UN TIEMPO DE OPERACION DE 20 MINUTOS.



$V_a = 66$ ml y $V_w = 121$ ml : x_a corresponde a 0.545 de V_w

$V_a = 70$ ml y $V_w = 130$ ml : x_a corresponde a 0.538 de V_w

$V_a = 72$ ml y $V_w = 148$ ml : x_a corresponde a 0.486 de V_w

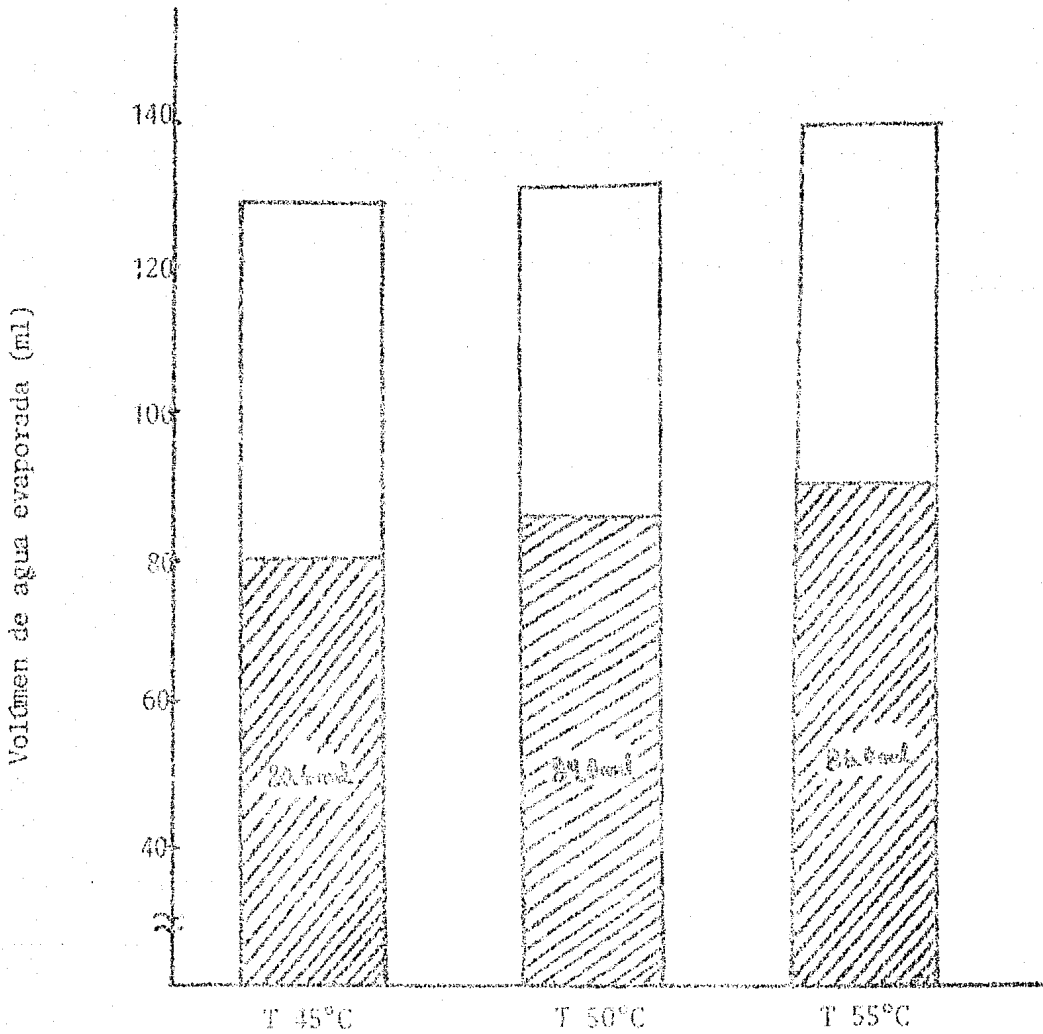
45 °C, 0.538 de (V_w) para una temperatura de 50°C y 0.486 de (V_w) para la temperatura de 55°C. Mediante esta apreciación se observa directamente la proporción en la cual se encuentra presente el aroma teniendo así, una idea mas clara sobre las condiciones de operación a las que se debe trabajar, para obtener la mayor fracción de aroma.

En el caso concreto de un tiempo de operación de 25 minutos la figura N° 13 muestra que para las temperaturas de 45 y 50 °C - presentan las mayores fracciones de aroma (x_a) , siendo de 0.607 y 0.631 respectivamente, con relación al volumen de agua evaporada. Estas fracciones de aroma corresponden a un volumen de aroma (V_a) de 86.6 para 45 °C y 84 ml para la temperatura del baño de agua de 50 °C.

Analizando los resultados obtenidos para el proceso de recuperación de aroma con una temperatura de 55°C, en la misma figura N° 13, se tiene una fracción de aroma de 0.625 del volumen de agua evaporada (V_w) , siendo este de 138 ml, la fracción de aroma corresponde a un volumen de aroma (V_a) de 86 ml, siendo este, volumen de aroma el mayor obtenido de las condiciones de operación analizadas, pero con el inconveniente de que se presenta una caramelización en el jugo, lo cual no es conveniente debido a que genera cambios en el aroma que se esta recuperando.

Del análisis de datos anteriormente expuestos, son dos las posibles condiciones de operación mas adecuadas para la recuperación de aroma, ambas correspondientes a un tiempo de operación de 25 minutos y temperaturas del baño de agua de 45 y 50 °C, considerando que presentan las mayores fracciones de aroma obtenido,-

Figura N° 15 RELACION DE LA FRACCION DE AROMA OBTENIDO (x_a), EN -
 FUNCION DEL VOLUMEN DE AGUA EVAPORADA (V_w), PARA UN-
 TIEMPO DE OPERACION DE 25 MINUTOS.



Volumen de aroma recuperado (V_a)

$$V_a = 80.6 \text{ ml} \text{ y } V_w = 132.6 \text{ ml} \quad x_a \text{ corresponde a } 0.607 \text{ de } V_w$$

$$V_a = 84.0 \text{ ml} \text{ y } V_w = 133.0 \text{ ml} \quad x_a \text{ corresponde a } 0.631 \text{ de } V_w$$

$$V_a = 86.0 \text{ ml} \text{ y } V_w = 138.0 \text{ ml} \quad x_a \text{ corresponde a } 0.620 \text{ de } V_w$$

conveniente para obtener una mayor eficiencia de evaporación en el proceso, con respecto a la mayor cantidad de aroma obtenido.

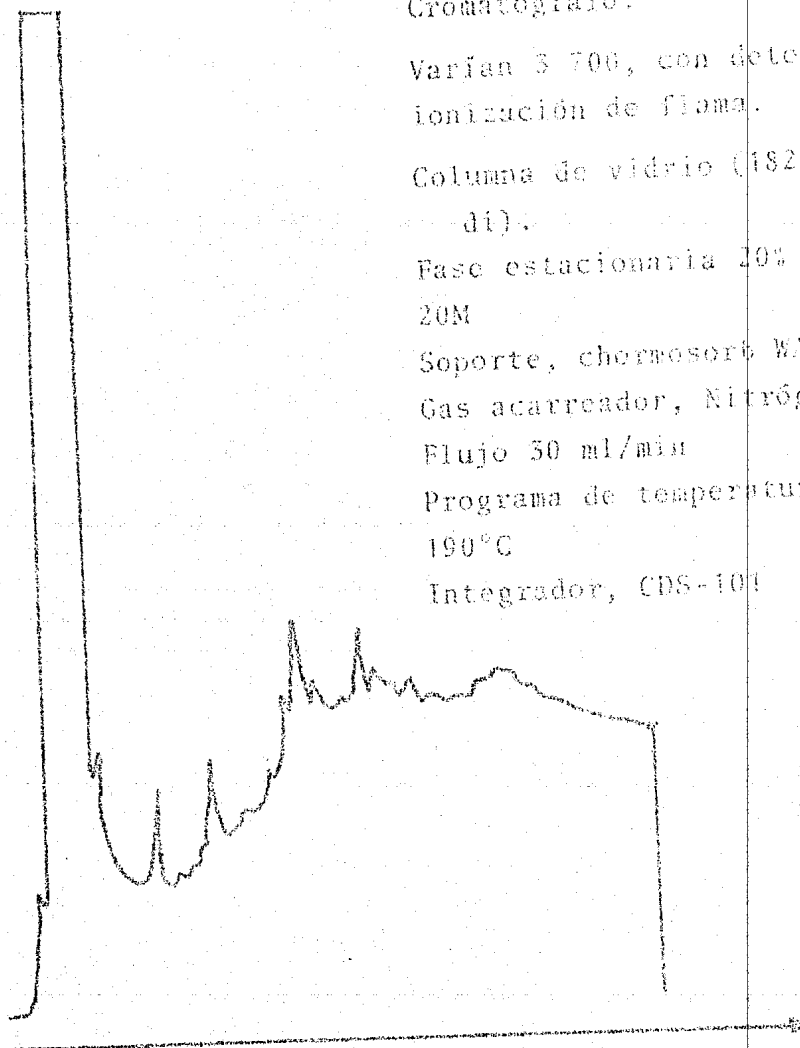
La decisión final sobre la selección de una de las condiciones de operación, se tomo en base a un análisis cromatográfico efectuado en las dos muestras de aroma recuperado, basado en las diferencias en el % de area de cada pico, así como en los diferentes tiempos de retención (t_R) de cada componente que en conjunto forman un perfil cromatográfico propio. Los cromatogramas corresponden a las figuras N° 14 y 15.

Los resultados se presentan en el cuadro N° 10, donde se aprecian 25 componentes diferentes para el aroma obtenido con un tiempo de operación de 25 minutos y una temperatura de baño de agua de 50°C, siendo 22 componentes los que se registraron para el mismo tiempo y una temperatura de 45°C.

Del número total de componentes registrados para cada una de las muestras de aroma 11 están presentes en ambos aromas, mostrando este resumen de datos en el cuadro N° 11, donde el % de area que es una medida de la concentración en que se encuentra presente cada componente, siempre es mayor para la temperatura de 50°C. En base a esto se consideró que la muestra de aroma recuperado con un tiempo de operación de 25 minutos y una temperatura del baño de agua de 50 °C, proporcionó el perfil cromatográfico constituido por el mayor número de componentes, que es de 25, así como la proporción en que se encuentran presentes, reflejada en los resultados obtenidos del % de area, aunado a la mayor fracción de aroma recuperado siendo esta de 0.651 con respecto al volumen de agua evaporada (V_w). Para el análisis cromatográfico se consideró una diferencia en el tiempo de retención (t_R) de

Figura N° 14 CROMATOGRAMA CORRESPONDIENTE AL AROMA OBTENIDO, CON UN TIEMPO DE OPERACION DE 25 MINUTOS Y 45°C DE TEMPERATURA DE BAÑO DE AGUA

g de Area



Cromatografo:

Varian 3 700, con detector de ionización de flama.

Columna de vidrio (182.88cmx0.635cm di).

Fase estacionaria 10% carbowax 20M

Soporte, chermosorb WAW 80/100

Gas acarreador, Nitrogeno

Flujo 30 ml/min

Programa de temperatura: 70 a 190°C

Integrador, CDS-100

Tiempo de retención (minutos)

Figura N° 15. CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA QUE MUESTRA UN MEJOR PERFIL AROMÁTICO, CORRESPONDIENTE A UN TIEMPO DE OPERACION DE 25 MINUTOS Y 50°C DE TEMPERATURA DE BANO DE AGUA

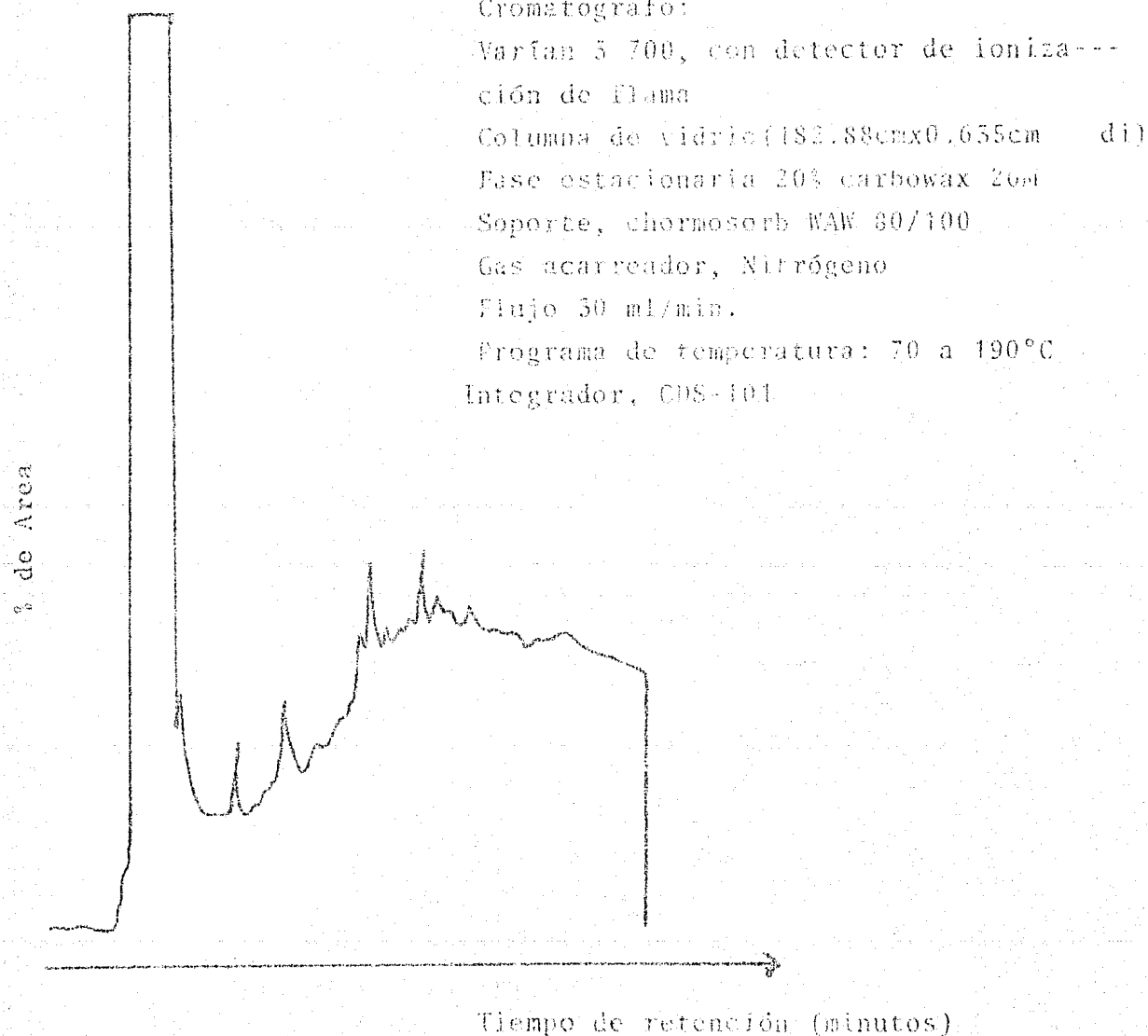


Diagrama N°10 CROMATOGRAFIA PARA LA DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE RECUPERACION DE AROMA EN EL ROTAVAPOR, FASE I. NIVEL LABORATORIO

N° de pico	25 minutos y 45°C		25 minutos y 50°C	
	t _R	% de area	t _R	% de area
1	0.49	0.003	0.95	0.002
2	2.02	0.287	0.49	0.002
3	2.25	73.407	2.04	0.260
4	3.11	0.922	2.20	48.822
5	3.46	0.995	3.11	10.624
6	4.25	0.243	3.47	1.582
7	4.76	0.682	4.17	0.296
8	5.22	0.278	4.58	0.679
9	5.76	0.432	4.77	0.571
10	5.98	0.824	5.26	0.540
11	6.83	0.615	5.47	0.292
12	7.55	0.871	5.78	0.554
13	7.92	0.764	6.01	1.332
14	8.16	0.991	6.85	1.183
15	8.54	1.062	7.91	2.932
16	9.26	0.845	8.18	2.065
17	9.58	1.042	8.58	0.977
18	9.98	1.366	8.74	0.872
19	10.72	1.154	9.57	4.145
20	11.28	0.623	9.99	1.211
21	12.86	4.227	10.18	1.592
22	15.60	0.064	10.74	2.839
23			11.41	4.31
24			12.85	2.917
25			13.57	9.468

t_R tiempo de retención, minutos .
 N° de pico, equivalente a N° de componentes presentes en el perfil cromatográfico de cada muestra.

Cuadro N° 11 COMPUESTOS COMUNES EN AMBAS MUESTRAS , EN BASE A LA CROMATOGRAFIA EFECTUADA EN EL AROMA.

Componente común	25 minutos y 45°C		25 minutos y 50°C	
	t_R minutos	% de A	t_R minutos	% de A
A	0.49	0.005	0.49	0.002
B	2.02	0.287	2.04	0.260
C	3.11	0.922	3.11	10.624
D	5.46	0.985	3.47	1.582
E	6.83	0.615	6.85	1.183
F	7.92	0.764	7.91	2.932
G	8.16	0.991	8.18	2.065
H	9.58	1.042	9.57	4.145
I	9.98	1.366	9.99	1.211
J	10.72	1.154	10.74	2.839
K	12.86	4.227	12.85	2.917

t_R tiempo de retención % de A % de area

A,B, ...K las letras mayusculas sirven para identificar a los componentes comunes, en ambas muestras. correspondientes a un determinado tiempo de retención.

0.02 minutos, misma que posteriormente se justifica.

3.3.1. RECUPERACION DE AROMA DE LOS DESECHOS DE LA PLANTA DE LOMA BONITA OAXACA, FASE I. NIVEL LABORATORIO.

Una vez establecidas las condiciones de operación para efectuar la recuperación de aroma a nivel laboratorio, correspondientes a un tiempo de operación de 25 minutos y una temperatura del baño de agua de 50°C, mediante la utilización del rotavapor, se procedió a obtener el aroma de las siguientes fuentes :

- 1.- Jugo de cáscara erradicada.
- 2.- Jugo de piñas encorchadas (pulpa), con un estado de madurez N° 6 .
- 3.- Jugo piñas encorchadas enteras (pulpa, corazón y cáscara) con un estado de madurez N°6.
- 4.- Bagazo del pulper 3:1 (agua -bagazo) , sin moler.
- 5.- Bagazo del pulper 3:1 (agua -bagazo) , molido .Con la finalidad de disminuir el tamaño de las fibras y favorecer la solubilidad de los componentes volátiles presentes en el bagazo, estableciendo la relación de agua antes citada para evitar la caramelización de carbohidratos .
- 6.- Condensados del primer efecto del evaporador.
- 7.- Jugo de piña de pulpa madura, con un estado de madurez N°5, se utilizó como patrón de referencia.

Las muestras de aroma obtenido a partir de las fuentes antes citadas, se sometieron a un análisis cromatográfico, donde cada tiempo de retención reportado (t_R), corresponde a un componente específico siendo el % de área (% A) el equivalente a la concentración, en la cual el componente se encuentra presente.

Con la finalidad de localizar en el cromatograma los componentes que se encuentran en las muestras y que esten reportados en el patrón de referencia que es el que contiene el perfil aromático de la piña, se procedió a identificar con una letra mayúscula a los componentes que presentaban los mismos tiempos de retención, estableciendo que a tiempos de retención iguales corresponden a componentes iguales.

En el cuadro N°12 se puede observar los resultados obtenidos del análisis cromatográfico efectuado a las diferentes muestras de aroma en donde el mayor número de componentes reportados corresponde al aroma obtenido de piñas encorchadas enteras, pudiendo justificar esto principalmente por dos motivos :


- 1.- El estado de madurez N°6 es uno mayor, al que presenta la fruta utilizada como patrón de referencia, siendo un estado de madurez en el cual se generan cambios en la fruta al pasar a la senescencia.
- 2.- Se utilizó la cáscara, la cual le confiere características aromáticas de la misma, que en conjunto con los componentes aromáticos de la pulpa forman un perfil cromatográfico diferente al obtenido solo de pulpa.

Cabe hacer mención que se utilizó este estado de madurez, ya que las piñas encorchadas se cosechan cuando presentan un estado de madurez N°5. (7) .

El menor número de componentes, correspondió a la muestra de los condensados del primer efecto del evaporador, teniendo la característica de estar en concentraciones pequeñas a excepción de el componente con un tiempo de retención (t_R) de 0.95 minutos el cual presentó un 98.56% de area, el aroma obtenido de esta fuente

Cuadro N.º 12 CROMATOGRAFIA PARA LAS DIFERENTES FUENTES DE RECUPERACION DE AROMA . FASE I NIVEL LABORATORIO

No PICO	PM		GE		EP		EE		BSM		BM		CPE	
	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A
1	0.17	0.02	0.27	0.13	0.16	0.07	0.16	0.09	0.17	0.75	0.02	0.10	0.15	0.06
2	0.75	1.16	0.19	0.39	0.25	2.32	0.35	0.05	0.25	2.09	0.15	0.30	0.25	0.11
3			0.28	2.54	0.32	17.54	0.37	0.05	0.38	4.24	0.20	0.70	0.59	0.25
4	1.55	12.04	0.71	7.30	0.31	0.39	0.70	0.33			0.05	0.47		
5	2.27	0.04	0.37	1.02					1.39	0.07	0.34	1.76	1.57	0.130
6	2.53	11.75			1.32	0.33	1.97	0.02	1.82	12.01			1.79	0.22
7	2.33	2.54	1.05	2.43	0.18	0.11	1.52	0.04	2.60	0.22	1.52	2.51	2.10	0.105
8	4.22	0.77	2.53	0.51	0.37	0.32	2.73	1.13	2.29	0.04	1.54	1.56	3.23	0.205
9	4.87	0.05	3.25	0.37	7.50	0.06	0.39	0.33	3.41	0.05	2.63	12.05	4.12	0.20
10	9.01	0.77	3.03	0.26	6.87	0.23	2.75	1.13	4.44	0.05	3.23	0.37	9.42	0.05
11	8.33	1.30	2.72	0.33	0.79	0.04	2.77	0.15	3.70	0.15	3.24	0.07	10.31	0.057
12	8.47	0.05	4.13	0.25	9.05	0.50	2.05	0.05	3.20	0.14	3.30	0.09		
13	9.06	2.52	0.52	0.11	9.40	0.13	3.24	0.05	3.77	0.06	2.76	0.04		
14	7.13	0.05	6.31	0.34	6.53	0.20	3.34	0.05	7.04	0.55	3.30	0.55		
15	7.34	1.51	7.07	0.22			3.75	0.03	7.37	0.45	3.76	0.21		
16	7.59	1.51	7.29	0.52			4.05	0.07	7.65	0.47	3.05	1.42		
17	7.97	3.65	7.57	0.92			4.21	3.50	7.91	2.72	6.47	2.59		
18	6.55	1.55	9.0	0.53			4.35	0.03	9.25	1.22	5.20	1.57		
19	6.77	3.31	10.14	1.25			5.29	0.03	8.72	1.05	8.11	1.52		
20	0.14	0.03	10.03	0.32			5.54	0.04	9.55	2.52	9.23	1.55		
21	10.16	2.30					6.35	2.22	10.02	0.75	9.52	2.37		
22	10.03	2.55					6.45	2.35	10.33	0.65	9.71	0.08		
23	11.07	3.03					7.11	0.65			10.50	3.56		
24	11.33	3.40					7.32	0.52			11.55	0.02		
25	11.74	0.44					7.50	2.15			12.50	0.39		
26							7.95	1.52			15.50	4.43		
27							8.35	0.74						
28							8.77	3.54						
29							9.49	0.51						

t_R ... TIEMPO DE RETENCION , MINUTOS % A ... % DE AREA
 PM ... PINA MADURA E.E ... ENCORCHADAS ENTERAS
 GE ... CASCARA ERRADICADA BSM ... BAGAZO SIN MOLER
 CPE ... CONDENSADO DEL PRIMER EFECTO DEL EVAPORADOR BM ... BAGAZO MOLIDO
 COMPONENTE PRESENTE EN MAYOR PROPORCION

te, sensorialmente no es percibido, debido a que los componentes que lo constituyen no logran reunir en conjunto características similares al utilizado como patrón de referencia, el cual si presenta una fuerte intensidad aromática así como el olor característico a piña.

Para efectuar el análisis de datos, obtenidos cromatográficamente, entre las diferentes muestras de aroma, se consideraron los patrones de referencia utilizados, partiendo de la base de que ambos presentan los mismos componentes volátiles, por lo tanto los tiempos de retención deben ser los mismos, sin embargo los cuadros 12 y 17 presentan las diferencias en los tiempos de retención, en los patrones de referencia obtenidos del aroma de piña madura. Esto se debe al error instrumental como serían diferencias en el flujo del gas acarreador o ensuciamiento de la columna, así como el error humano.

Para corregir las posibles desviaciones en los resultados obtenidos del análisis cromatográfico, se determinó la desviación estandar " S " de los datos reportados para las dos muestras de aroma utilizadas como patrones de referencia (cuadros N°12 y 17) considerando los siguientes datos.

MUESTRAS UTILIZADAS COMO PATRON DE REFERENCIA, AROMA DE PIÑA MADURA.

Cuadro N°12 (t_R)	Cuadro N°17 (t_R)	Diferencias en los Tiempos de retención(t_R)
1.16	1.15	0.01
4.51	4.57	0.06
6.43	6.47	0.04

Cuadro N°12 (t_R)	Cuadro N°17 (t_R)	Diferencias en los Tiempos de retención (t_R)
6.98	6.90	0.08
7.26	7.18	0.08
7.93	7.97	0.04

t_R Tiempo de retención, minutos .

En primera instancia, se determinó la media de la diferencia entre los valores obtenidos de las dos muestras de aroma, correspondiéndole un valor de $\bar{X} = 0.051$ para finalmente calcular la desviación estandar, " S " de la cual se obtiene el valor $S = \pm 0.024$, por lo cual el rango utilizado para el análisis de datos es de ± 0.02 minutos pudiendo de esta manera englobar las diferencias que se obtienen en los resultados de la cromatografía efectuada en las diferentes muestras de aroma, consecuencia del error instrumental y humano.

Por lo que respecta al componente que se encontró en mayor proporción, en el cuadro N°12, se observa que para el aroma de piña madura correspondiente al númeroado con el pico N°3, presentó un tiempo de retención de 1.15 minutos y un 22.92% de area. En cáscara erradicada se tiene el componente identificado con un tiempo de retención de 1.18 minutos con un 58.5% de area, que comparado con el patrón pudiera ser el mismo, aunque si se es estricto y considerando el rango de desviación en los datos, para afirmarlo seria necesario una identificación de componentes, para ver si efectivamente ambos son iguales.

Para piñas encoqueadas, tanto en el aroma de pulpa como en el obtenido de toda la fruta, el componente que se encontró en

mayor proporción es el que corresponde a 1.00 y 0.99 minutos de tiempo de retención, con un 75.78 y 60.64% de área respectivamente, estando en mayor proporción en el aroma de jugo de piña encorchada proveniente de pulpa.

Para bagazo molido, el componente que se encontró en mayor proporción coincide con el que está presente en el patrón de referencia presentando además un mayor porcentaje en el % de área - siendo de 31.75 con un tiempo de retención de 1.16 minutos.

Las muestras de bagazo sin moler y condensados del primer efecto del evaporador no muestran semejanzas, en el componente que se encuentra en mayor proporción, ni con respecto al patrón de referencia, ni entre las mismas muestras analizadas siendo de 0.88 minutos con un 56.38 % de área para bagazo sin moler y 0.95 minutos y 98.56% de área para los condensados del primer efecto del evaporador. Esta observación en cuanto a la mayor proporción en que se encuentran presentes los componentes es importante, si se considera que el aroma depende en gran medida de la cantidad en que se encuentra presente dichos componentes.

El cuadro N°13 nos muestra los componentes comunes al patrón de referencia en las muestras analizadas, basando la selección de los mismos en los tiempos de retención.

Considerando lo anteriormente dicho, se cuenta con cuatro componentes que están presentes en las muestras analizadas A, B, C y D, siendo el aroma de cáscara erradicada y de bagazo sin moler - los que presentan 3 y 2 componentes respectivamente idénticos al patrón de referencia. Esto hace suponer que aunque los perfiles aromáticos de las muestras no sean idénticos debido a que su fuente de extracción es diferente, nos da la pauta para la extracción.

y aislamiento de un componente específico, que podría utilizarse para la obtención de aroma de piña a partir de una fuente natural.

Si se considera al componente A, cuadro N°13, correspondiente a un tiempo de retención de 0.15 - 0.17, considerando el rango de \pm 0.02 minutos, se observa que se encuentra en las siete muestras analizadas como posibles fuentes para la recuperación de aroma, estando en menor concentración en la muestra de aroma correspondiente a los condensados del primer efecto del evaporador con un 0.06% de área.

El que el componente A este presente en todas las muestras, permite suponer que es característico de la piña estando presente tanto en la pulpa como en la cáscara y corazón.

Los componentes B y D correspondientes a los tiempos de retención de 0.73 y 10.16 minutos respectivamente, están presentes tanto en el patrón de referencia como en la cáscara erradicada.

En el caso del componente C, con un tiempo de retención de 7.38 minutos, se encuentra en la muestra de bagazo sin moler así como en el patrón de referencia.

Los cromatogramas obtenidos de las muestras analizadas se observan en las figuras N° 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22.

Para los cromatogramas se hace la aclaración, que muchas veces no se aprecian en su totalidad todos los picos, pero los datos de % de área, tiempos de retención y número de pico son sensibles al registrador e integrador CDS-101, reportados en los cuadros de datos citados anteriormente.

Para corroborar cuál de estas muestras es la que presentó una mayor similitud con el aroma de piña utilizado como patrón se sometieron a una evaluación sensorial que en breve se discute.

Figura N° 16 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE PIÑA MADURA, EN UN ROTAVAPOR, (PATRON DE REFERENCIA).

Cromatógrafo:

Varían 2-100, con detector de ionización de flama.

Columna de vidrio

Fase estacionaria 20% carbowax 20M

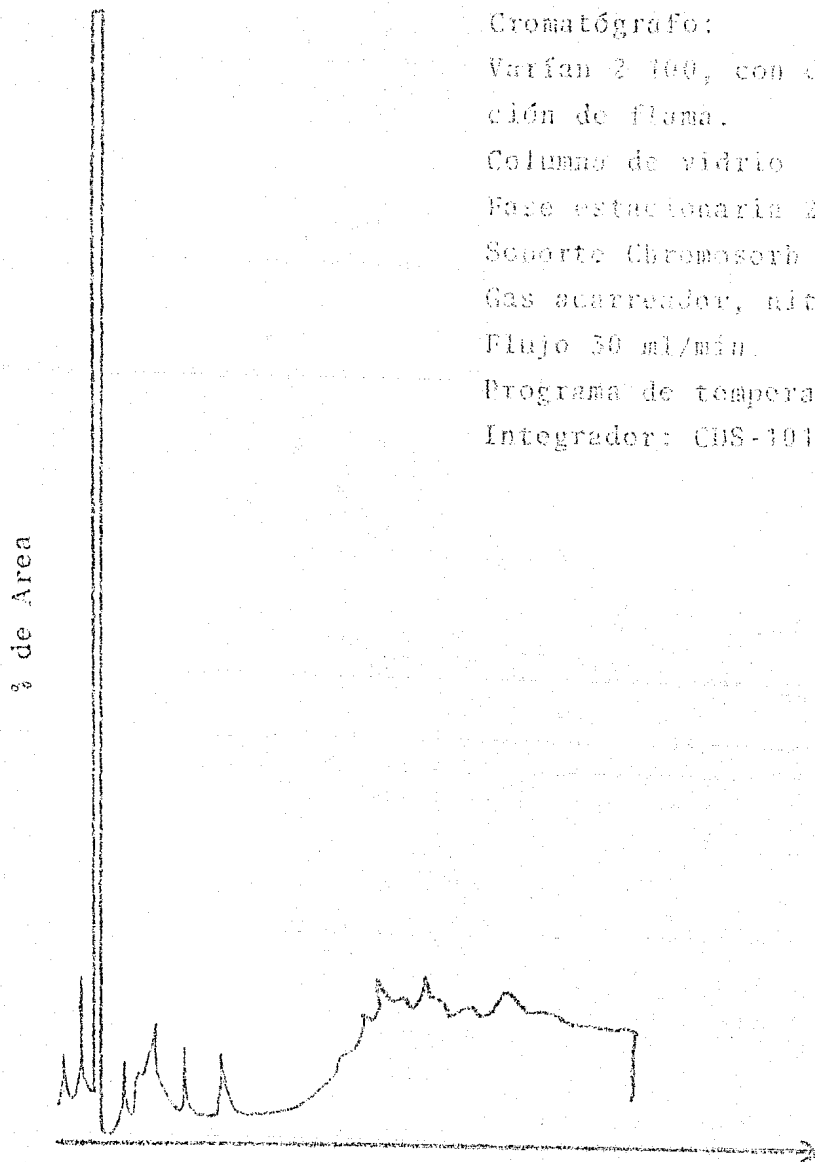
Soporte Chromosorb KAW 80/100

Gas arrastrador, nitrógeno

Flujo 30 ml/min.

Programa de temperatura: 70 a 200°C

Integrador: CBS-101



Tiempo de retención (minutos).

Figura N^o 17 COMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE CASCARA ERRADICA-
DA EN UN ROTAVAPOR.

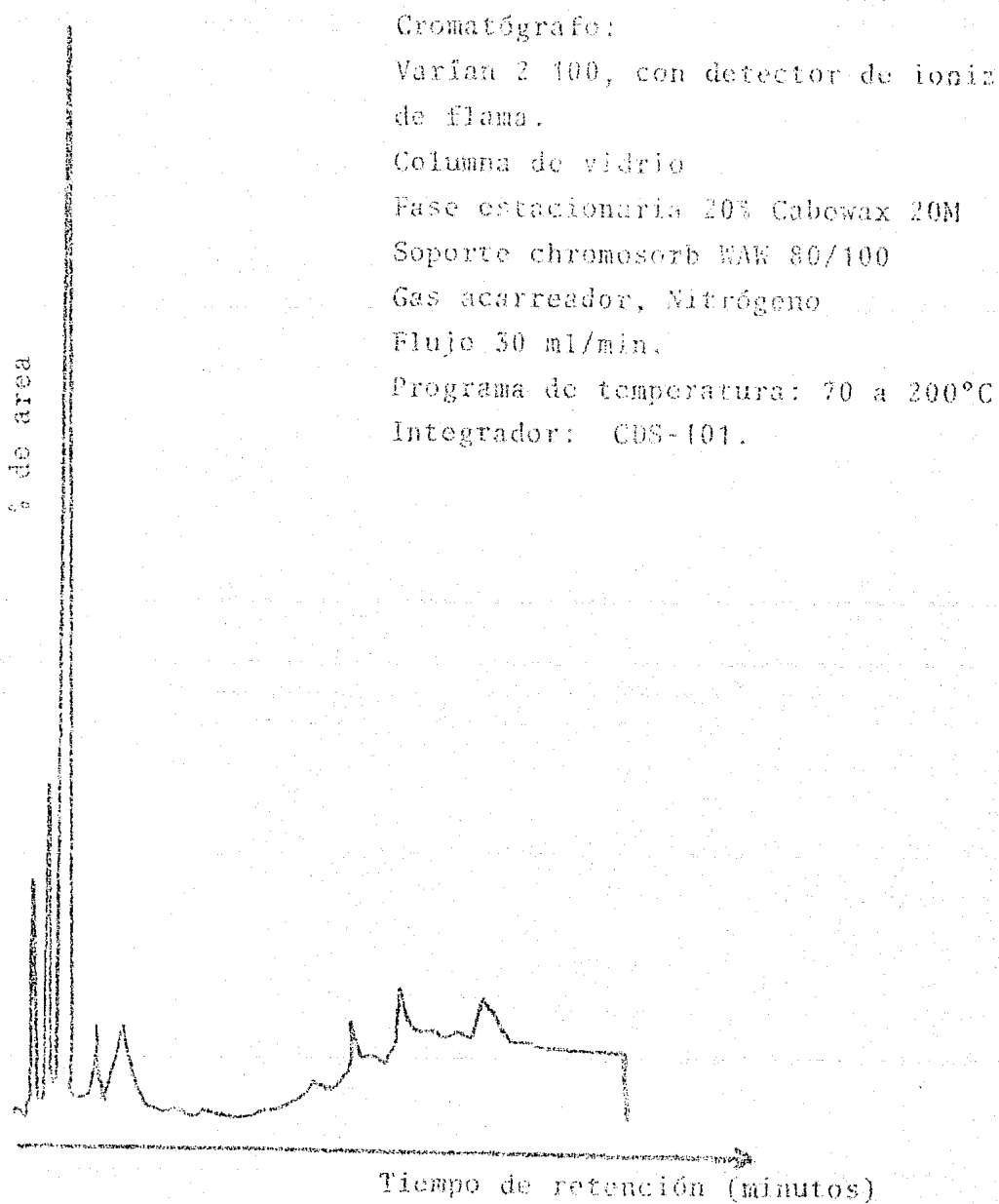


Figura N° 18 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE PINAS ENCORCHADAS
ENTERAS EN UN ROTAVAPOR

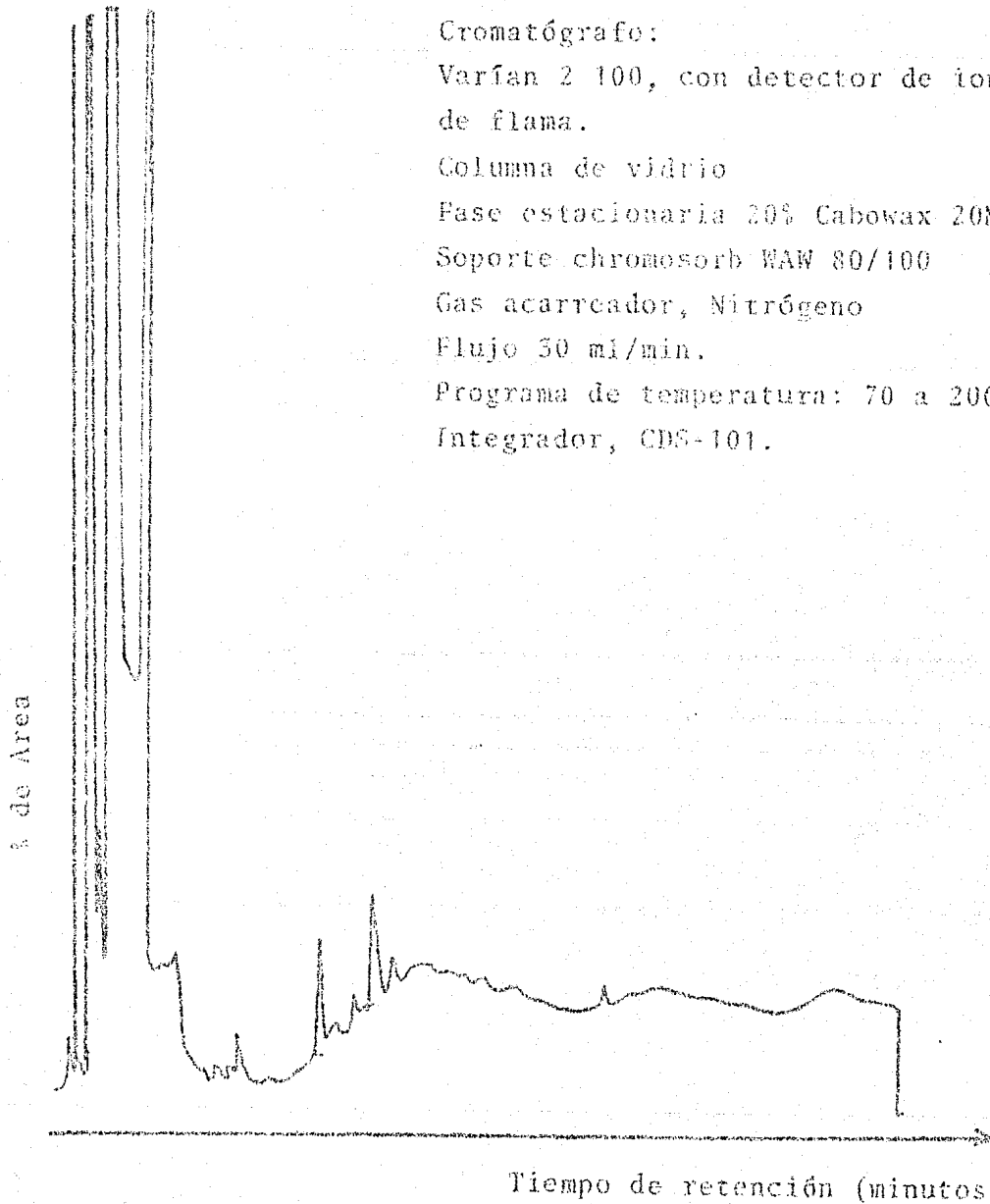
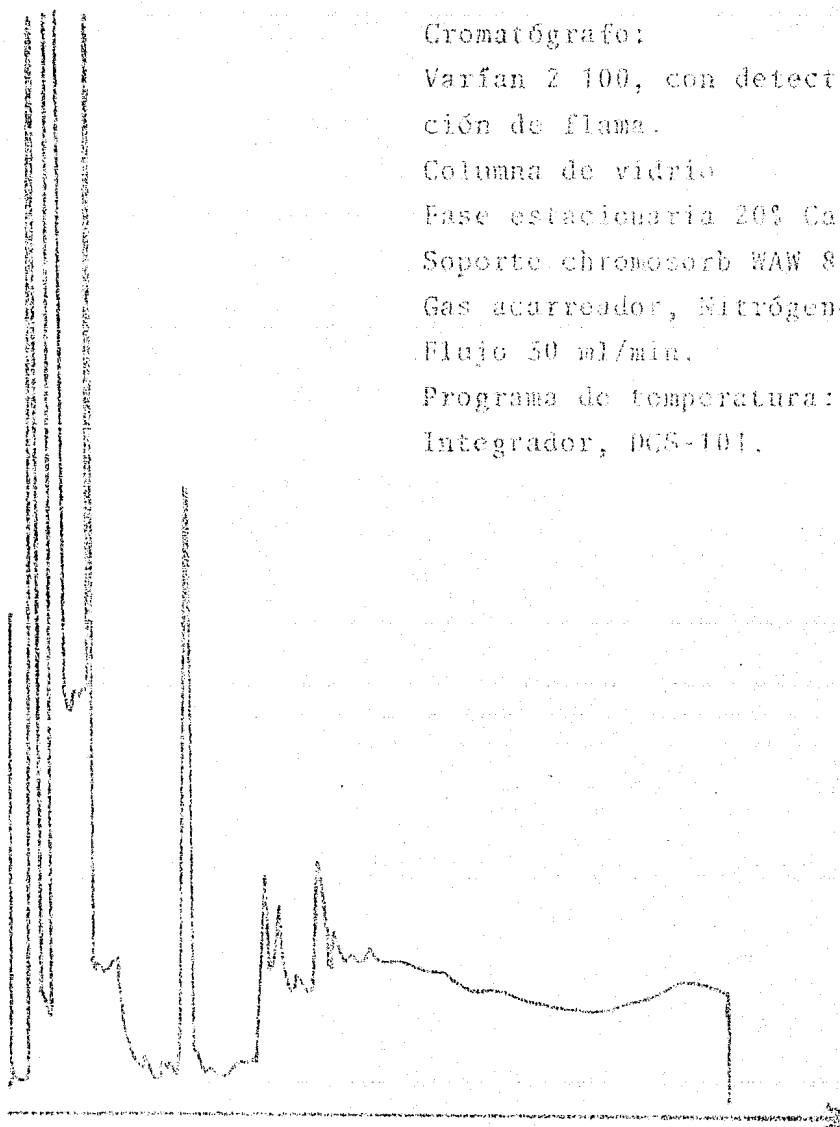


Figura N° 19 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE LA PULPA DE PIÑAS ENCORCLADAS, EN UN ROTAVAPOR.

Area



Cromatógrafo:

Varian 2 100, con detector de ionización de flama.

Columna de vidrio

Fase estacionaria 20% Cabowax 20M

Soporte chromosorb WAW 80/100

Gas acarreador, Nitrógeno

Flujo 50 ml/min.

Programa de temperatura: 70 a 200°C

Integrador, DCS-101.

Tiempo de retención (minutos)

Figura N^o 20 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE BAGAZO SIN MOLER-
EN UN ROTAVAPOR.

Cromatógrafo:

Varian 2 100, con detector de ioniza-
ción de flama.

Columna de vidrio (182.88cm x 0.635cm di)

Fase estacionaria 20% de Carbowax 20M

Soporte chromosorb WAW 80/100

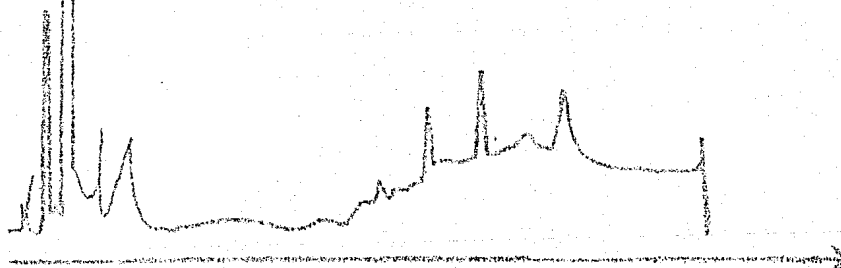
Gas acarreador, Nitrógeno

Flujo 30 ml/min

Programa de temperatura 70 a 200°C

Integrador, CDS-101

% de Area



Tiempo de retención (minutos)

Figura N° 21 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE BAGAZO MOLIDO EN UN ROTAVAPOR.

Cromatógrafo:

Varian 2100, con detector de ionización de flama

Columna de vidrio (182.88cm x 0.635cm di)

Fase estacionaria 20% de carbowax 20M

Soporte chromosorb WAW 80/100

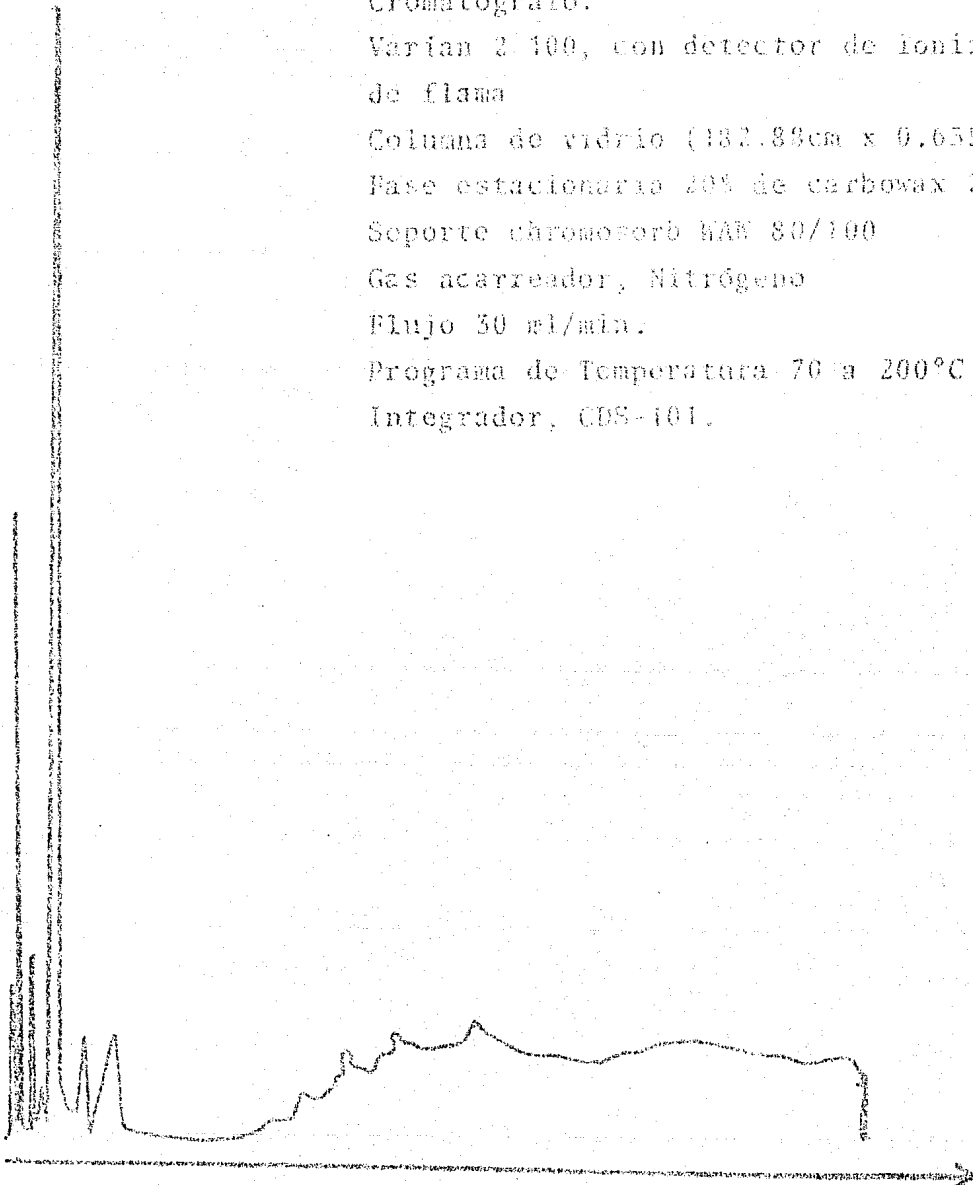
Gas acarreador, Nitrógeno

Flujo 30 ml/min.

Programa de Temperatura 70 a 200°C

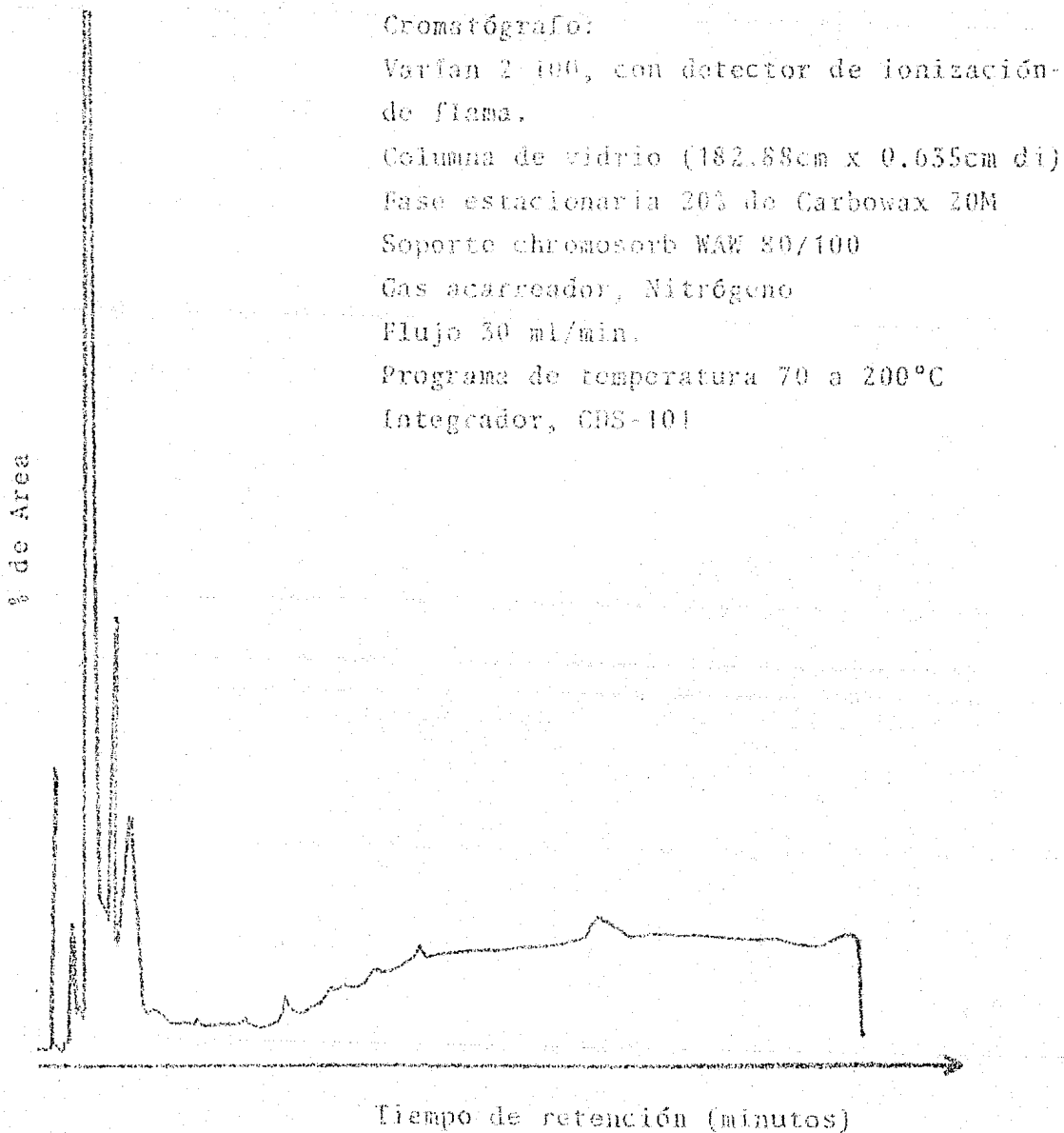
Integrador, CDS-101.

% de Area



Tiempo de retención (minutos)

Figura N° 22 CROMATOGRAMA OBTENIDO DEL AROMA DE LOS CONDENSADOS - DEL PRIMER EFECTO, EN UN ROTAVAPOR.



5.3.2. FERMENTACION.

Para poder efectuar la fermentación, que generara un incremento en la cantidad de componentes volátiles presentes en el aroma obtenido a partir de jugo de cáscara erradicada fué necesario en en primera instancia, conocer la influencia de los parámetros citados en 2.2.5. para realizar la fermentación en las condiciones más adecuadas, tanto en lo que respecta a las características propias del jugo como son pH y contenido de azúcares principalmente, así como la concentración de Saccharomyces cerevisiae variedad ellipsoideus necesaria de agregar, para favorecer la degradación de carbohidratos, en un sustrato previamente sulfitado por la adición de $K_2S_2O_5$ creando con esto un medio selectivo para el desarrollo de la levadura así como la inhibición de la carga microbiana propia del jugo.

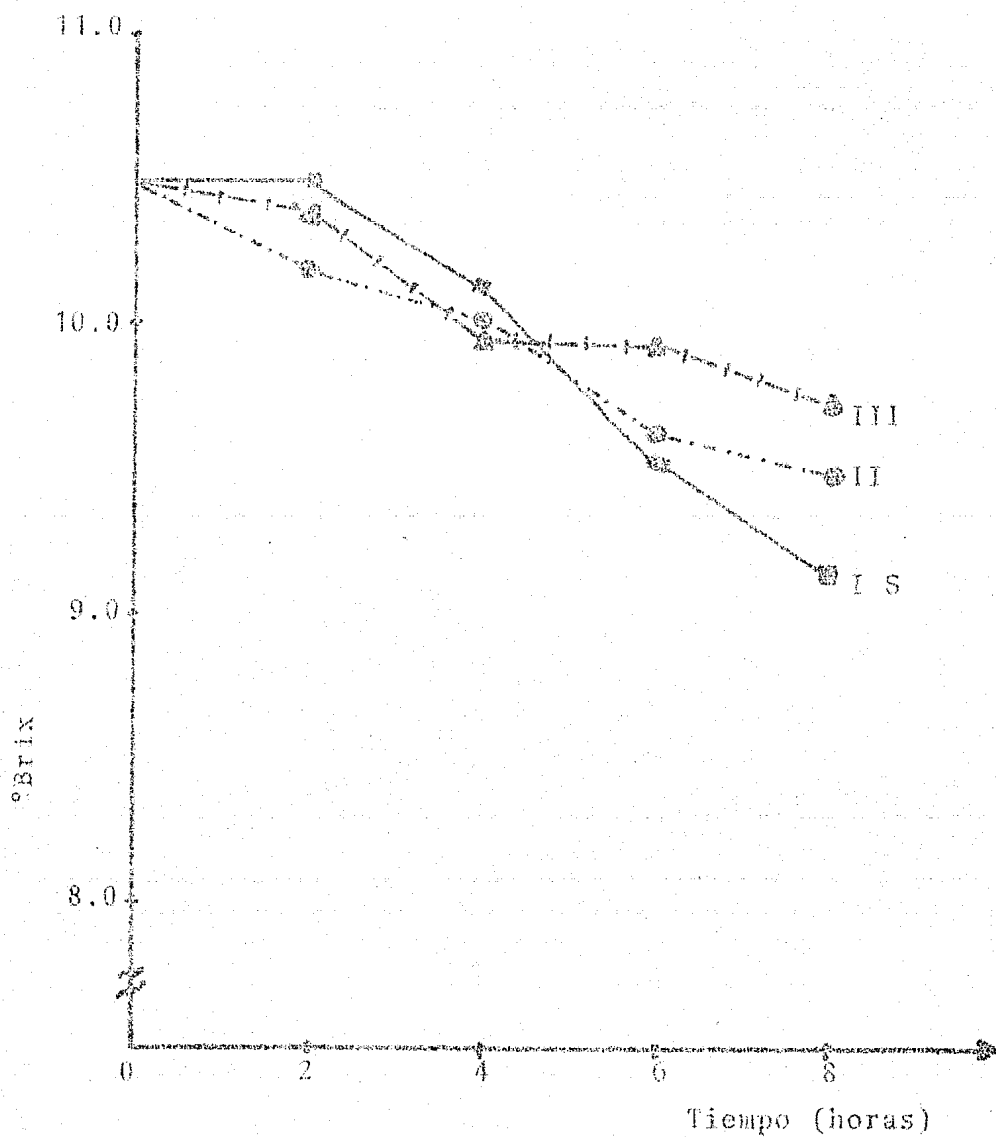
Para la determinación de la influencia de la sulfitación se probaron dos concentraciones de $K_2S_2O_5$ en un mismo sustrato, jugo de cáscara erradicada, conteniendo 10.5 °Brix inicialmente y un pH de 3.6.

Las concentraciones utilizadas son 200 ppm y 100ppm de $K_2S_2O_5$ mediante la adición de una solución de metabisulfito de potasio al 10%.

Se utilizó además un testigo, sin sulfitar, el cual al igual que las otras dos muestras se le agregó 0.6 g de levadura /l .

Los resultados obtenidos se muestran en la figura N°23 en donde se observa la influencia directa de la sulfitación en la fermentación actuando como un inhibidor en el crecimiento de los microorganismos al presentar para 200 ppm, al cabo de 8 horas de fermentación un valor de 9.5°Brix, mientras que para 100 ppm se -

Figura N° 25 INFLUENCIA DE LA SULFITACION, EN LA FERMENTACION - - DEL JUGO DE CASCARA ERRADICADA 10.5°BRIX INICIALES.



I S - Sustrato sin sulfitar con 0.6 g/l de levadura

II - Sustrato sulfitado 100 p.p.m. con 0.6 g/l de levadura

III - Sustrato sulfitado 200 p.p.m. con 0.6 g/l de levadura

tienen 8.5°Brix y en el caso del sustrato que no se sulfita o tes
tigo, se tienen 8.0°Brix .

Los resultados obtenidos para el sustrato no sulfitado mues-
tran que hay una degradación de carbohidratos, producida tanto -
por la levadura Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus co-
mo por la carga microbiana propia del jugo , que no garantiza -
que los azúcares sigan la fermentación alcohólica pudiendo produ-
cirse compuestos no deseables reflejados en el aroma desagradable
que tuvo al final de la prueba esta muestra.

La muestra sulfitada en 100 ppm, presentó el efecto de la -
influencia inhibidora de la carga microbiana presente en el jugo-
de cáscara erradicada, siendo más marcado este efecto con la sul-
fitación en 200 ppm debido a que esta muestra reporta la menor de-
gradación de azúcares pudiendo establecer en este caso, que debido
a la selectividad creada en el sustrato favorece solo el creci-
miento de la levadura inoculada aunque en alguna medida también -
el crecimiento de esta es inhibido , por lo cual la sulfitación -
tiene una influencia directa sobre la carga microbiana presente -
en el jugo de cáscara erradicada como serían hongos, levaduras y-
bacterias, al inhibir su crecimiento, necesario para favorecer la
fermentación alcohólica y producir el efecto deseado en el sustra-
to, al inducir la formación de compuestos volátiles durante las -
primeras etapas de la fermentación.

Para determinar la influencia de la concentración de levadu-
ra se utilizó un sustrato sulfitado en 200 ppm, porque es el me-
dio que mayor seguridad proporciona en cuanto al efecto de inhibi
ción en la carga microbiana presente en el jugo de cáscara erradi
cada , aunque también en alguna medida inhibe el crecimiento de-

la levadura Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus .

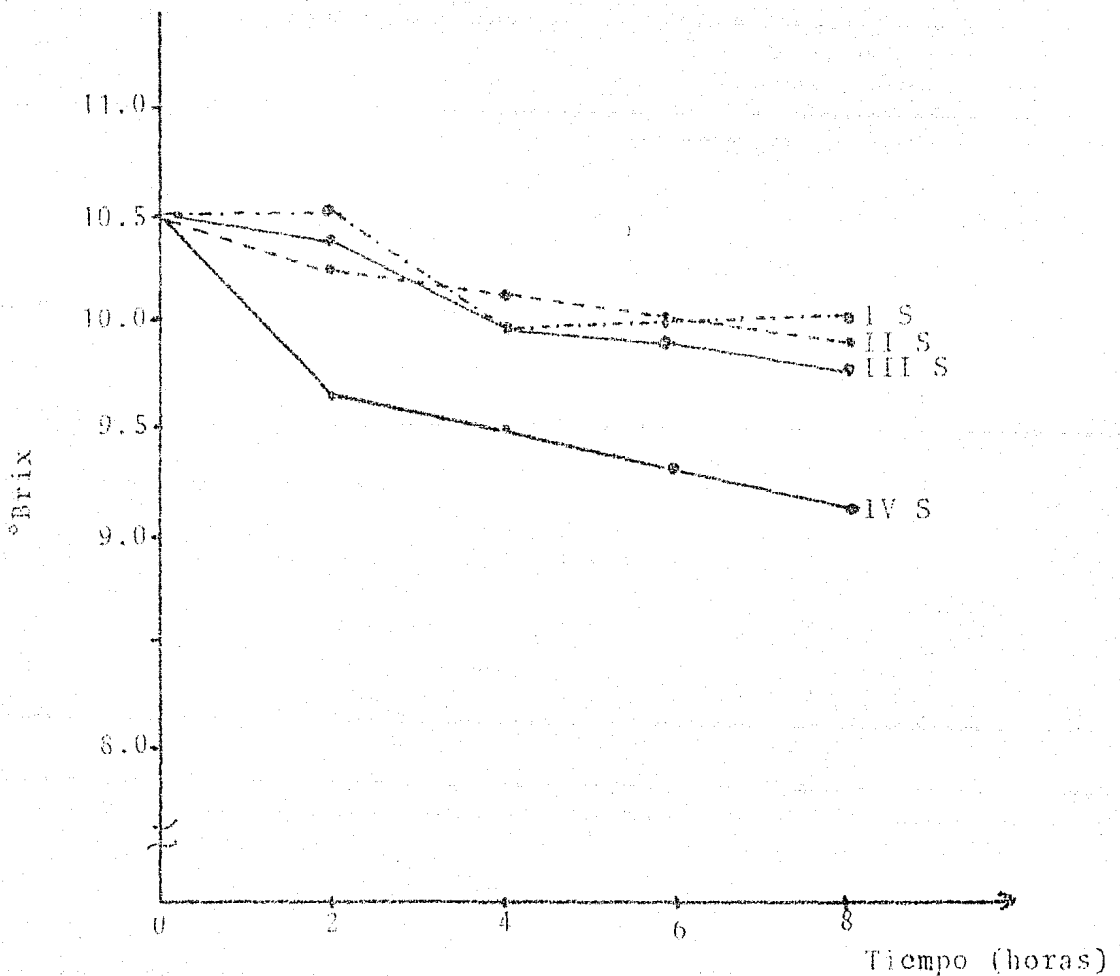
Con la finalidad de lograr este objetivo se utilizaron tres concentraciones diferentes 0.3, 0.6 y 1 g de levadura / l, así como un testigo al cual no se le adicionó levadura.

Los resultados obtenidos se muestran en la figura N°24, en donde para 1 g de Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus/l se obtiene el mayor consumo de azúcares llegando de 10.5 a 9.6°Brix después de 2 horas de fermentación, mientras que en el testigo para el mismo tiempo, no hay degradación . Con esto se comprueba el efecto inhibitorio sobre la carga microbiana del jugo de cáscara erradicada con la adición de $K_2S_2O_5$ en 200 ppm y su selectividad al permitir el desarrollo de la Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus .

Al cabo de las 8 horas de fermentación, la muestra utilizada como testigo presentó una degradación de azúcares reflejada en 10.5° Brix contra 9.2 °brix obtenidos en el sustrato al cual se le adiciona levadura en 1 g/l. Para 0.3 y 0.6 g de levadura/l, considerando el consumo final de azúcares, al cabo de 8 horas no existe una diferencia notoria siendo de 9.9 y 9.8 °Brix respectivamente, por lo cual utilizando la levadura en bajas concentraciones y una sulfitación de 200 ppm de $K_2S_2O_5$, no se produce una degradación de azúcares que pueda considerarse importante y generar los cambios que generan la formación de compuestos volátiles.

En base al análisis de los resultados anteriormente expuestos, se utilizó un jugo sulfitado en 200 ppm de $K_2S_2O_5$ y una concentración de 1 g de levadura/l debido a que bajo estas condiciones se logra inhibir la carga microbiana propia del jugo de cáscara erradicada y una mayor degradación de los azúcares presentes

Figura N° 24 RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE LEVADURA SOBRE LA FERMENTACION, UTILIZANDO JUGO DE CASCARA ERRADICADA, CON UNA SULFITACION DE 200 p.p.m.



--- IS Sulfitado 200ppm sin levadura

- · - II S Sulfitado 200ppm con 0.5 g de levadura/l

— III S Sulfitado 200ppm con 0.6g de levadura/l

— IV S Sulfitado 200ppm con 1.0 g de levadura/l

en el sustrato con la consecuente formación de volátiles debido a la acción directa de la levadura con la concentración antes citada.

Durante las 8 horas de la prueba, no hubo formación de alcohol en ninguna de las muestras, asegurando así que la fermentación abarca solo las primeras etapas de la misma, siendo el comportamiento bioquímico mostrado muy similar al que se suscita durante la maduración de la fruta, al presentar tanto la fermentación como la maduración a la glucólisis como una ruta común de degradación de carbohidratos llegando ambas hasta la formación de ácido pirúvico, en la maduración este entra al ciclo de Krebs donde se lleva a cabo la oxidación final de la materia orgánica a -- bioxido de carbono y agua, en cambio en la fermentación, proceso anaeróbico, el ácido pirúvico pasa a acetaldehído y después a etanol .

Realizando el análisis cromatográfico sobre el aroma obtenido de estas muestras, se comprobó que durante el periodo de 2 a 4 horas de fermentación se generan cambios notables en la cantidad de volátiles, por lo cual se decidió tomar muestras para efectuar la fermentación cada 3 horas.

La experimentación antes realizada, sirvió para establecer las condiciones operativas para la fermentación definitiva en donde se cubren cuatro aspectos principalmente:

- Un conteo microbiológico para determinar la carga microbiana inicial en el jugo de cáscara erradicada.
- Análisis físicoquímicos durante el proceso fermentativo (pH, azúcares reductores, azúcares totales, °Brix, acidez y grado alcohólico).

- Análisis cromatográficos y una evaluación sensorial para determinar la calidad organoléptica del aroma obtenido.

Los resultados de las pruebas microbiológicas se reportan en el cuadro N°14, realizadas sobre jugo de cáscara erradicada recién extraído, de donde se puede observar una elevada contaminación, tanto de hongos y levaduras como de la cuenta total efectuada, misma que es inhibida con la sulfitación en 200 ppm de $K_2S_2O_5$.

El pH inicial del jugo de cáscara erradicada, proveniente de la fruta con estado de madurez N°1 fué de 4.0, con 6 °Brix iniciales, inoculando con 1 g de levadura/l y sulfitado con 200 ppm.

Para poder efectuar las tomas de muestra cada 3 horas, se parte de un volumen inicial de jugo de cáscara erradicada de 2000 ml tomando, para cada muestra 350 ml de los cuales 150 ml se utilizan para recuperar el aroma y con el volumen restante se determinaron los análisis necesarios como son azúcares, grado alcohólico, acidez y pH.

Las condiciones iniciales del jugo de cáscara erradicada, en cuanto a pH y °Brix cambian conforme avanza la fermentación presentando los resultados obtenidos en el cuadro N°15, donde se puede afirmar que la fermentación no llega a la formación de alcohol.

Por lo que respecta a los azúcares totales de 5.35 g/100 ml llega al cabo de 9 horas hasta 2.67 g/100 ml, representando un consumo de aproximadamente el 50% de los azúcares presentes inicialmente. El pH se mantuvo constante debido a que el incremento en la acidez es mínimo variando un 0.207 % (de 0.401 a 0.608, después de 9 horas).

Paralela a esta prueba se ensayo en una muestra de jugo, la cual en vez de sulfitarse se pasteuriza (72°C durante 15 segundos)

Cuadro N°14 CARGA MICROBIANA INICIAL DEL JUGO DE CASCARA
ERRADICADA

CUENTA TOTAL (1)	2 000 col/ ml
HONGOS Y LEVADURAS (2)	1 600 col/ ml

(1) Cuenta de bacterias mesofilas aerobias en placas de agar nutritivo incubadas 24 horas a 35 °C

(2) Hongos y Levaduras, en placas de agar papa dextrosa (PDA), incubadas 48 horas a temperatura ambiente.

Cuadro N°15 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA FERMENTACION, PARA LA RECUPERACION DE AROMA A PARTIR DE JUGO DE CASCARA ERRADICADA.

Condiciones en las cuales se efectuó la fermentación.

Sustrato : jugo de cáscara erradicada, 6 °Brix .

pH ; 4.0

Temperatura fermentación 27°C.

Metabisulfito de potasio ($K_2S_2O_5$) 200 ppm.

Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus 1g/l.

Tiempo 9 horas (duración de la fermentación)

Tiempo, horas	°Brix	Azúcares * Totales	Azúcares* Reductores	pH	Acidez**	°Alcoholico
0	6.0	5.35	3.98	4.0	0.4015	-
3	5.5	4.37	2.73	4.0	0.5311	-
6	3.5	2.87	1.96	4.0	0.5488	-
9	3.0	2.67	1.04	4.0	0.6088	-

* Azúcares reductores y totales en g / 100 ml.

** Acidez en % de ácido cítrico .

utilizando 0.3 g de levadura /l. Con la pasteurización se persigue el lograr una disminución en la carga microbiana del jugo de cáscara erradicada, utilizando una menor concentración de levadura al ser este tratamiento térmico mas drástico que la sulfitación .

En el cuadro N°16 se presentan las características del jugo pasteurizado a las 6 horas de haber comenzado la fermentación,--siendo la degradación de azúcares totales de 5.35 a 4.45 g/100ml al cabo de 6 horas,siendo menor el consumo de azúcares que el que se presentó en el caso del sustrato que se sulfito consecuencia de una menor cantidad de levadura inoculada al sustrato.

Las muestras de aroma recuperado(con las condiciones de operación de temperatura del baño de agua de 50°C y un tiempo de 25 minutos), tanto del sustrato sulfitado como el que es sometido a la pasteurización, se sometieron a un análisis cromatográfico obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro N°17, --donde se tiene un patrón de referencia a partir del aroma de jugo de piña madura con un estado de madurez N°5, presentando su perfil cromatográfico un total de 30 componentes, de los cuales el componente con un tiempo de retención de 1.79 minutos, es el que se encontró en mayor proporción 80.02% de area, representando esto una medida de la concentración en que se encuentra presente.

En el caso de las demás muestras analizadas, al igual que el patrón de referencia, el componente que se encontró en mayor proporción es el que corresponde al mismo tiempo de retención que el que presentó el patrón de referencia 1.79 minutos, considerando claro esta el rango de análisis para la desviación de datos de ± 0.02 minutos.

Cuadro N°16 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA FERMENTACION PARA LA RECUPERACION DE AROMA A PARTIR DE JUGO DE CASCARA ERRADICADA PASTEURIZADO.

Condiciones en las que se efectuó la fermentación.

Sustrato : jugo de cáscara erradicada pasteurizado, 6 °Brix.

pH : 4.0

Temperatura fermentación 27°C.

Pasteurización 72°C , 15 segundos .

Saccharomyces cereviceae variedad ellipsoideus 0.3 g/l

Tiempo, horas	°Brix	Azúcares * Totales	Azúcares * Reductores	pH	Acidez**	°Alcoholico
0	6.0	5.35	3.98	4.0	0.4015	-
3	x	x	x	x	x	x
6	5.5	4.45	2.05	4.0	0.4982	-
9	x	x	x	x	x	x

* Azúcares totales y reductores en g / 100 ml .

** Acidez en % de ácido cítrico .

x No se determinó .

Cuadro No. 17

CROMATOGRAFIA EFECTUADA PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA DEL TIEMPO DE FERMENTACION SOBRE LA FORMACION DE COMPONENTES VOLATILES EN JUGO DE CASCARA ERRADICADA.

No. PICO	PR		0 HORAS		3 HORAS		6 HORAS		9 HORAS		6 HORAS PST	
	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A
1	1.14	0.331	6.57	1.418	9.38	0.713	6.41	0.0004	3.99	0.008	6.38	0.071
2	1.49	1.214	1.14	2.067	3.57	0.082	6.57	0.007	6.23	0.14	6.25	0.127
3	2.07	0.037	1.14	0.037	1.15	0.158	6.01	0.118	1.16	0.02	1.15	0.125
4	2.97	0.282	3.03	0.018	1.42	0.010	1.15	0.033	1.42	0.034	1.42	0.012
5	3.05	0.051	3.22	0.015	1.75	0.002	1.42	0.013	2.82	0.005	1.77	0.007
6	3.22	0.010	3.31	0.201	2.80	0.072	1.75	0.002	2.73	0.071	2.63	0.036
7	3.10	0.021	3.72	0.312	2.87	0.508	2.81	0.075	3.03	0.124	3.25	0.072
8	3.57	0.185	3.12	0.150	2.89	0.103	3.08	0.113	2.50	0.216	4.23	0.154
9	4.31	0.072	3.01	0.282	2.64	0.0003	2.31	0.288	2.34	0.281	3.13	0.005
10	4.31	0.021	3.12	0.072	4.10	0.258	4.74	0.008	4.77	0.003	5.34	0.141
11	5.15	0.138	3.25	0.102	1.72	0.001	3.05	0.001	5.17	0.004	6.77	0.015
12	5.23	0.014	5.76	0.071	3.12	0.011	3.41	0.281	5.43	0.201	7.08	0.056
13	6.07	0.057	7.95	1.523	5.39	0.052	5.28	0.005	5.29	0.0002	6.23	0.398
14	6.17	0.023	7.19	0.882	6.08	0.007	6.41	0.026	6.79	0.021	6.21	0.286
15	6.43	0.007	7.95	0.981	6.41	0.002	5.78	0.024	1.03	0.012	6.43	0.433
16	6.75	0.008	8.24	0.733	6.72	0.028	6.97	0.0002	7.28	0.028	7.97	0.292
17	6.06	0.135	8.61	0.552	6.97	0.042	7.63	0.107	8.00	0.014	9.68	1.056
18	7.76	0.251	8.91	0.031	7.97	0.273	7.97	0.113	8.23	0.076	9.92	0.502
19	7.53	1.423	8.12	7.853	8.24	0.255	8.23	0.165	5.64	0.114	10.56	0.429
20	7.93	0.957	9.55	10.465	8.01	0.141	8.03	0.225	8.97	0.063	10.53	0.249
21	8.15	1.443	9.92	7.253	8.03	0.103	8.99	0.125	9.14	0.071	11.23	0.492
22	8.58	2.161	10.53	5.939	9.14	0.222	9.67	0.016	9.55	0.193	11.84	0.291
23	8.82	3.028	11.20	5.153	9.95	0.423	9.9	0.209	9.93	0.028	12.21	0.111
24	9.15	1.308			2.52	0.243	10.53	3.131	10.17	0.026		
25	9.34	0.042			10.72	0.073	10.94	3.159	11.23	0.492		
26	9.47	0.726			11.17	0.023	11.27	0.237	11.74	0.173		
27	9.73	2.160			11.72	0.327	11.74	0.433	12.23	0.073		
28	10.53	2.124			12.16	0.039	12.23	1.207	12.23	0.211		
29	11.19	0.655			12.92	0.032	12.92	0.17	13.23	0.042		
30	11.81	0.563					13.77	0.184	13.92	0.010		
31							14.57	0.103				
32							15.03	0.024				

% A % DE AREA

PR PATRON DE REFERENCIA

t_R TIEMPO DE RETENCION, MINUTOS

PST MUESTRA PASTEURIZADA

[] COMPONENTE PRESENTE EN MAYOR PROPORCION

Presentó incluso una mayor concentración, a excepción de la muestra correspondiente a cero horas de fermentación, reflejado en el % de área. Para mayor facilidad en su localización en el cuadro N°17 aparecen los datos sombreados.

Este componente incrementa además su concentración, conforme avanza el tiempo de fermentación.

Con respecto al número total de componentes, equivalente al número de picos registrados en el análisis cromatográfico de cada muestra de aroma, estos se incrementan considerando las muestras sulfitadas siendo de 23, 29 y 32 componentes para los tiempos de cero, 3 y 6 horas de fermentación respectivamente reduciéndose el número de componentes para un tiempo de 9 horas.

En el caso de la muestra pasteurizada a las 6 horas presentó un total de 23 componentes, igual en número a la muestra de cero horas de fermentación.

En cuanto a la proporción en que se encuentran presentes los componentes, no se observó un patrón de comportamiento en lo que respecta al incremento o disminución de los mismos, ya que mientras unos componentes aumentan, otros disminuyen, basando este análisis en el % de área reportado para cada componente.

En el cuadro N°18, se obtiene un resumen de datos donde se realizó una comparación de los componentes presentes en las muestras de aroma obtenidas durante el proceso de fermentación, las cuales se analizaron con respecto al patrón de referencia con la finalidad de determinar en cual de ellas se encuentra la mayor cantidad de componentes que sean características del aroma de piña utilizado como patrón de referencia, estableciendo que la muestra de

Cuadro No.18 COMPONENTES COMUNES AL PATRON DE REFERENCIA PRESENTES EN LAS MUESTRAS SOMETIDAS A LA FERMENTACION.

COMPONENTE	PR		0 HORAS		3 HORAS		6 HORAS		9 HORAS		6 HORAS Pat	
	Tr	%A	Tr	%A	Tr	%A	Tr	%A	Tr	%A	Tr	%A
A	1.18	0.531	1.14	2.987	1.18	0.156	1.18	0.085	1.18	0.88	1.18	0.128
B	1.48	1.214			1.48	0.018	1.48	0.018	1.48	0.034		
C	1.78	80.027	1.78	81.808	1.78	95.45	1.78	98.888	1.80	97.808	1.77	88.447
D	2.87	0.262			2.87	0.008						
E	3.06	0.081			3.06	0.103			3.06	0.118	3.05	0.078
F	3.22	0.080	3.22	0.216								
G	4.31	0.078	4.31	0.281	4.30	0.268	4.32	0.248				
H	5.15	0.159							5.17	0.004	5.15	0.008
I	5.38	0.314			5.38	0.032						
J	5.17	0.023	5.19	0.072								
K	5.43	0.007			5.41	0.008	5.41	0.008				
L	5.78	0.008	5.78	0.071	5.78	0.028	5.76	0.024			5.77	0.018
M	6.06	0.158	6.06	1.528	6.97	0.040	6.97	0.038				
N	7.98	0.887	7.98	3.981	7.98	0.270						
O	8.19	1.448									8.21	0.288
P	8.18	1.308			8.14	0.222			8.18	0.071		
Q	10.58	2.154	10.83	6.958			10.58	0.281				
R	11.18	0.698	11.20	5.198	11.17	0.333						

PR. PATRON DE REFERENCIA.

Tr. TIEMPO DE RETENCION, MINUTOS.

Pat. MUESTRA PASTEURIZADA.

%A % DE AREA

aroma con un tiempo de fermentación de 3 horas, presentó 13 compo-
nentes comunes al patrón de referencia, por lo cual para este tiem-
po, la fermentación favorece la mayor formación de componentes vo-
latiles correspondientes a las letras A, B, C, D, E, G, I, K, L, M, N, P y R
identificados con su tiempo de retención (t_R) específico para
cada componente.

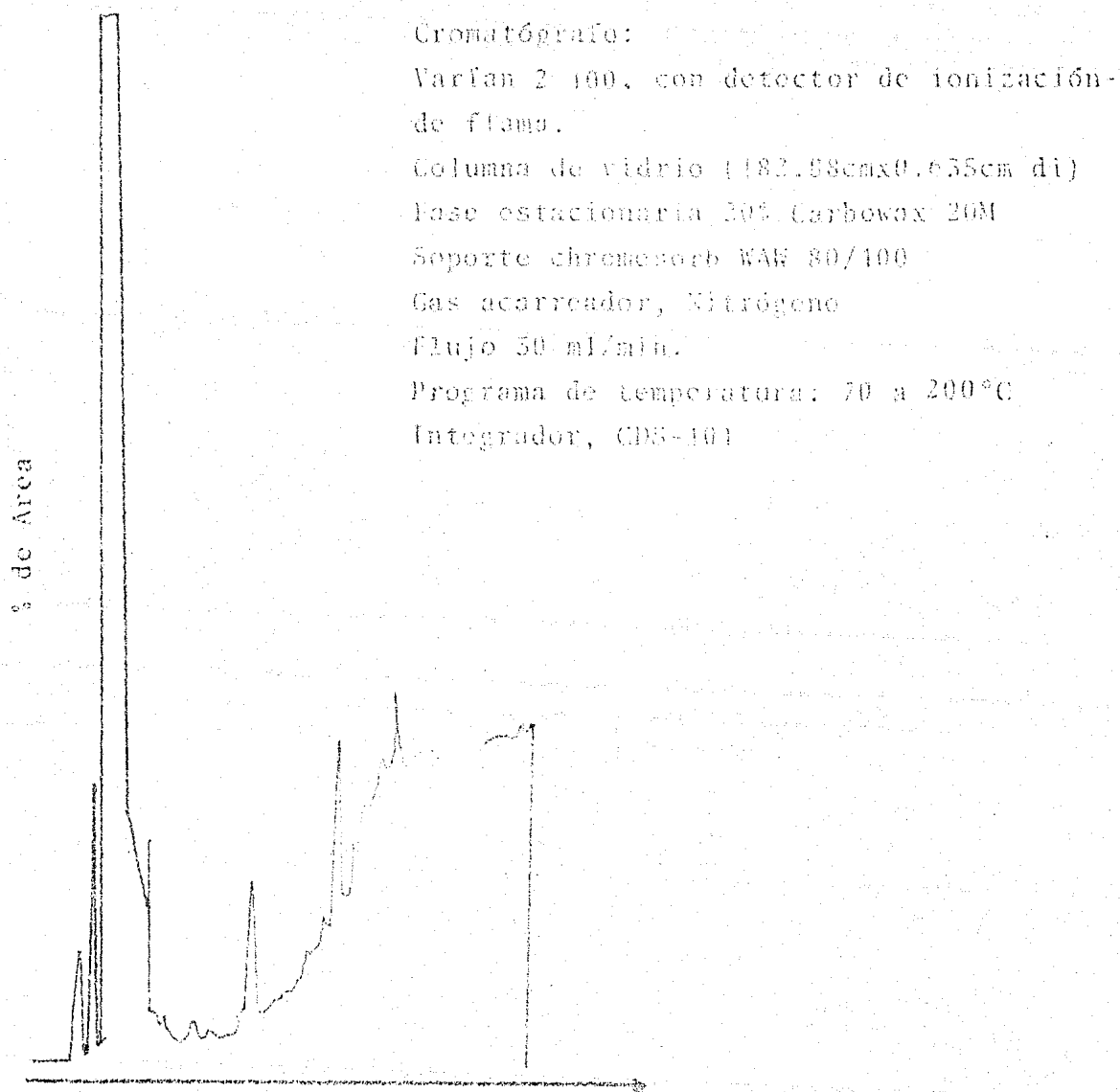
Para 6 horas de fermentación considerando la muestra sulfi-
tada, se tiene el mayor número de componentes formados, pero de-
los 52 que constituyen el perfil cromatográfico, solo 9 son igua-
les al patrón de referencia correspondientes a las letras A, B, C, -
E, G, K, L, M, y Q. En el caso de 9 horas, considerando nuevamente la
muestra que se sulfita, definitivamente presentó la menor relación
que se puede establecer entre la formación de componentes duran-
te la fermentación y los componentes comunes a el patrón de refe-
rencia, presentando solo a los identificados con las letras A, B, C,
H y P.

Para el sustrato que se pasteuriza, para 6 horas de fermen-
tación, con respecto a la muestra que se sulfita considerando el-
mismo tiempo se tuvo una menor formación de componentes volátiles
por lo cual la pasteurización, provoca pérdida en los componen-
volátiles y aunque la fermentación incremente el número de los mis-
mos es en proporción directa a los que inicialmente estaban pre-
sentes.

Es importante hacer notar, que entre las mismas muestras de
aroma provenientes de cáscara erradicada, existen componentes que
son comunes entre ellas, basada esta observación en la similitud
de los tiempos de retención (t_R) reportados.

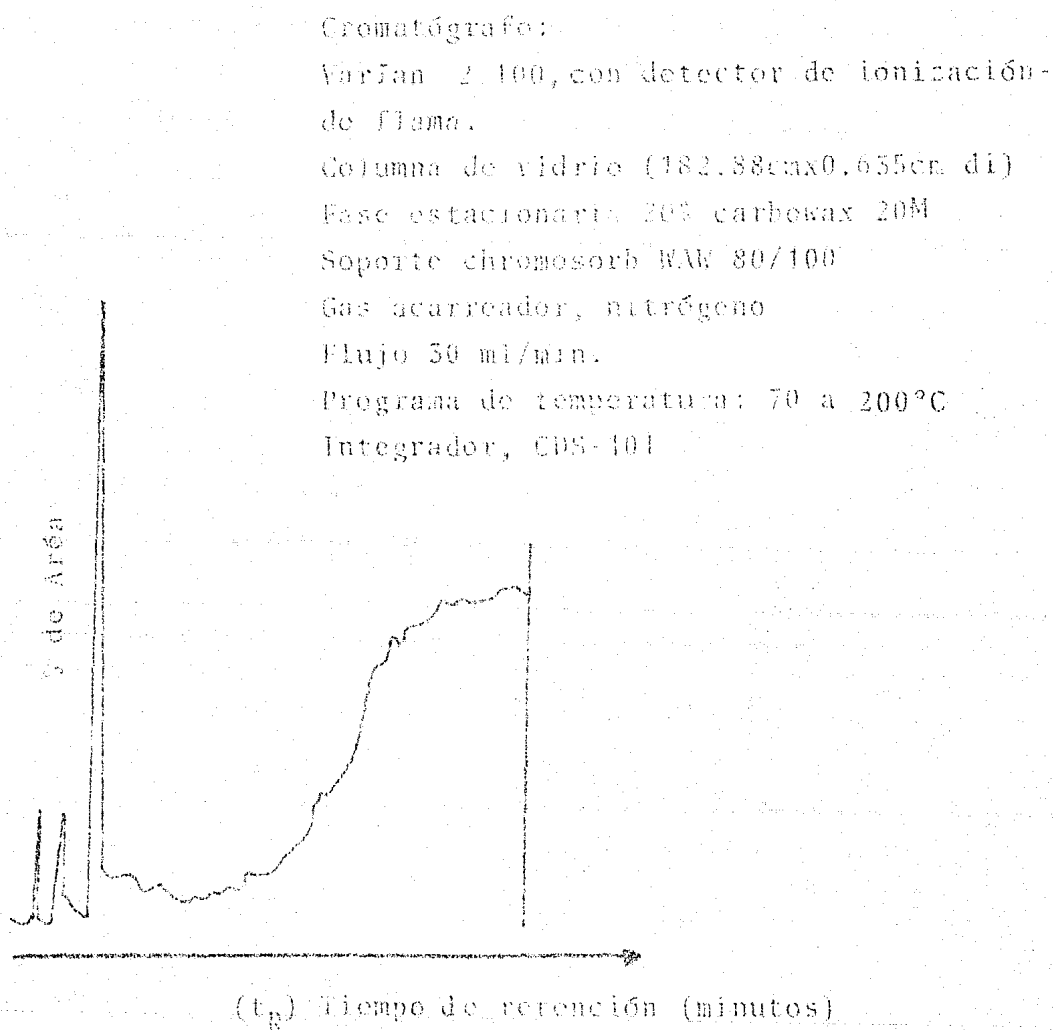
Los cromatogramas obtenidos para las muestras sometidas - al proceso de fermentación, así como su patrón de referencia se - localizan en las figuras N° 25,26,27,28,29 y 30 .

Figura N° 25 CROMATOGRAMA UTILIZADO COMO PATRON DE REFERENCIA OBTENIDO DE AROMA DE PISA MADURA (N° 3).



(t_R) Tiempo de retención (minutos)

Figura N° 26 CROMATOGRAMA FERMENTACION, CERO HORAS



Cromatógrafo:

Varian 2,100, con detector de ionización-de flama.

Columna de vidrio (182.88cmx0.635cm di)

Fase estacionaria 20% Carbowax 20M

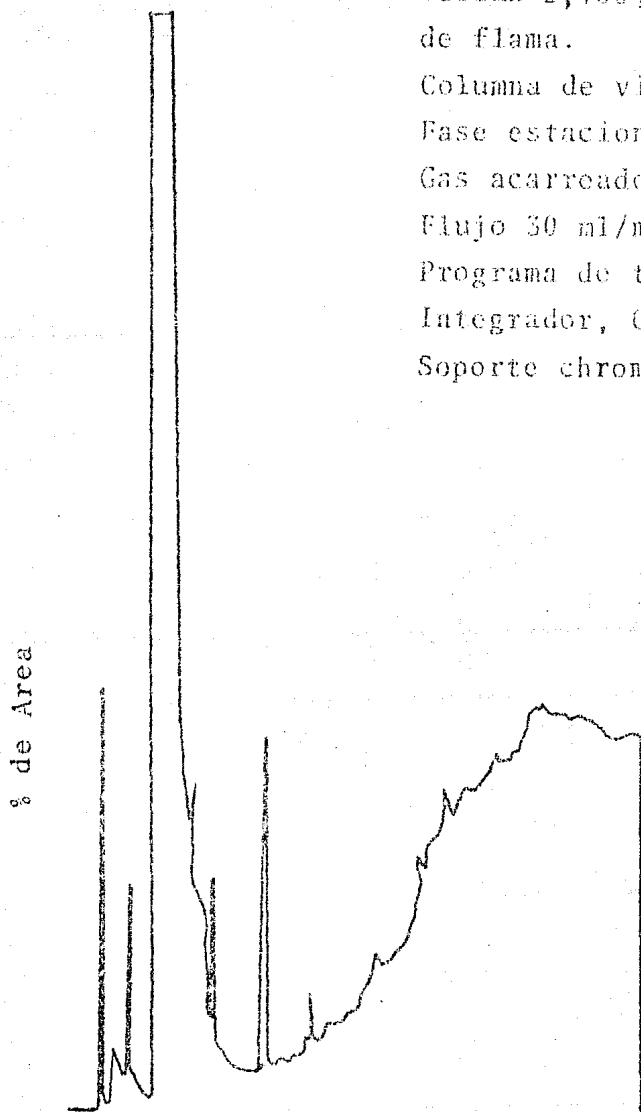
Gas acarreador, nitrógeno

Flujo 30 ml/min.

Programa de temperatura: 70 a 200°C

Integrador, CDS-101.

Soporte chromosorb WAW 80/100



(t_R) Tiempo de retención (minutos)

Figura N° 25 CROMATOGRAMA FERMENTACION, 6 HORAS.

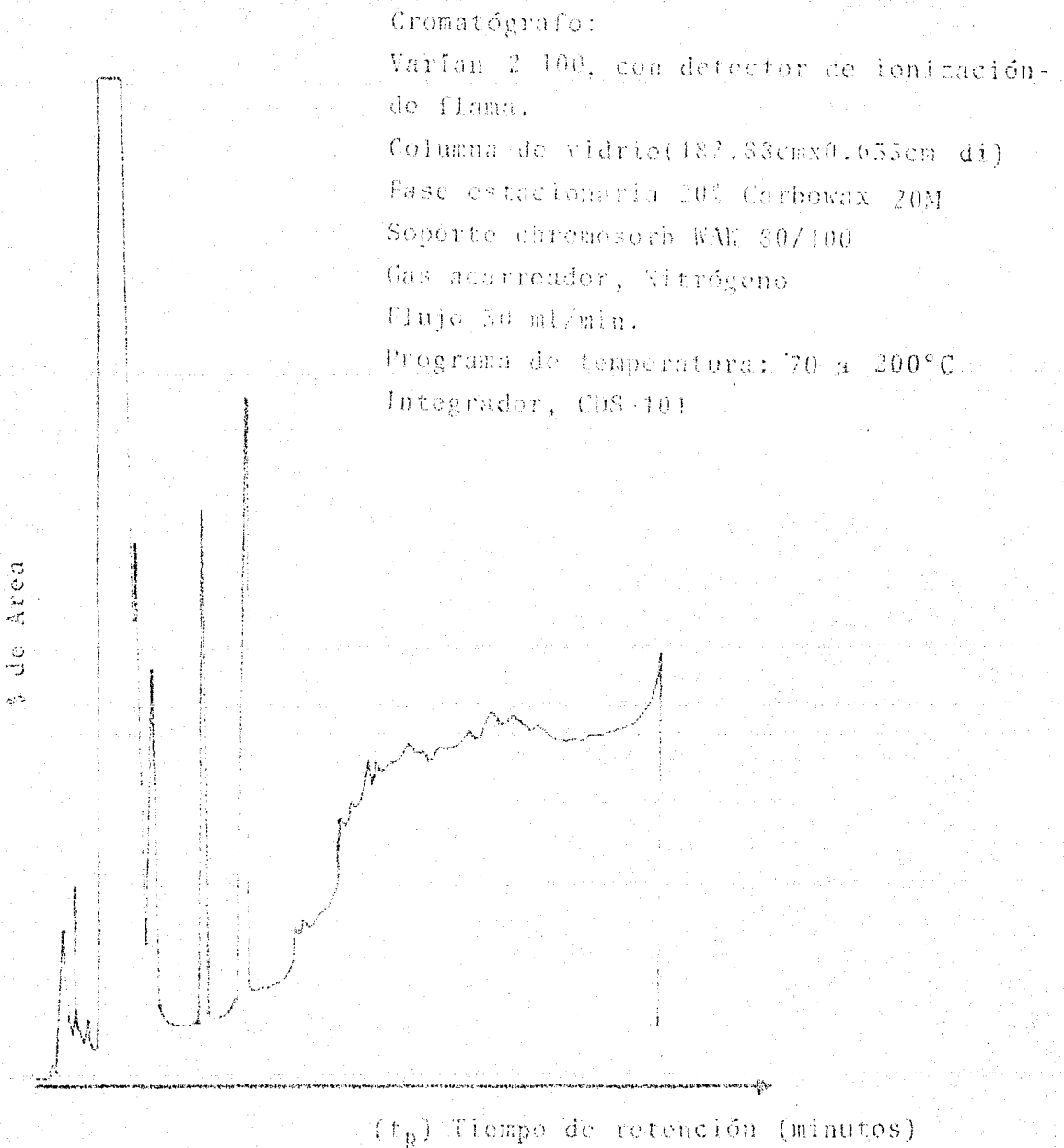


Figura N° 29 CROMATOGRAMA FERMENTACION, 9 HORAS.

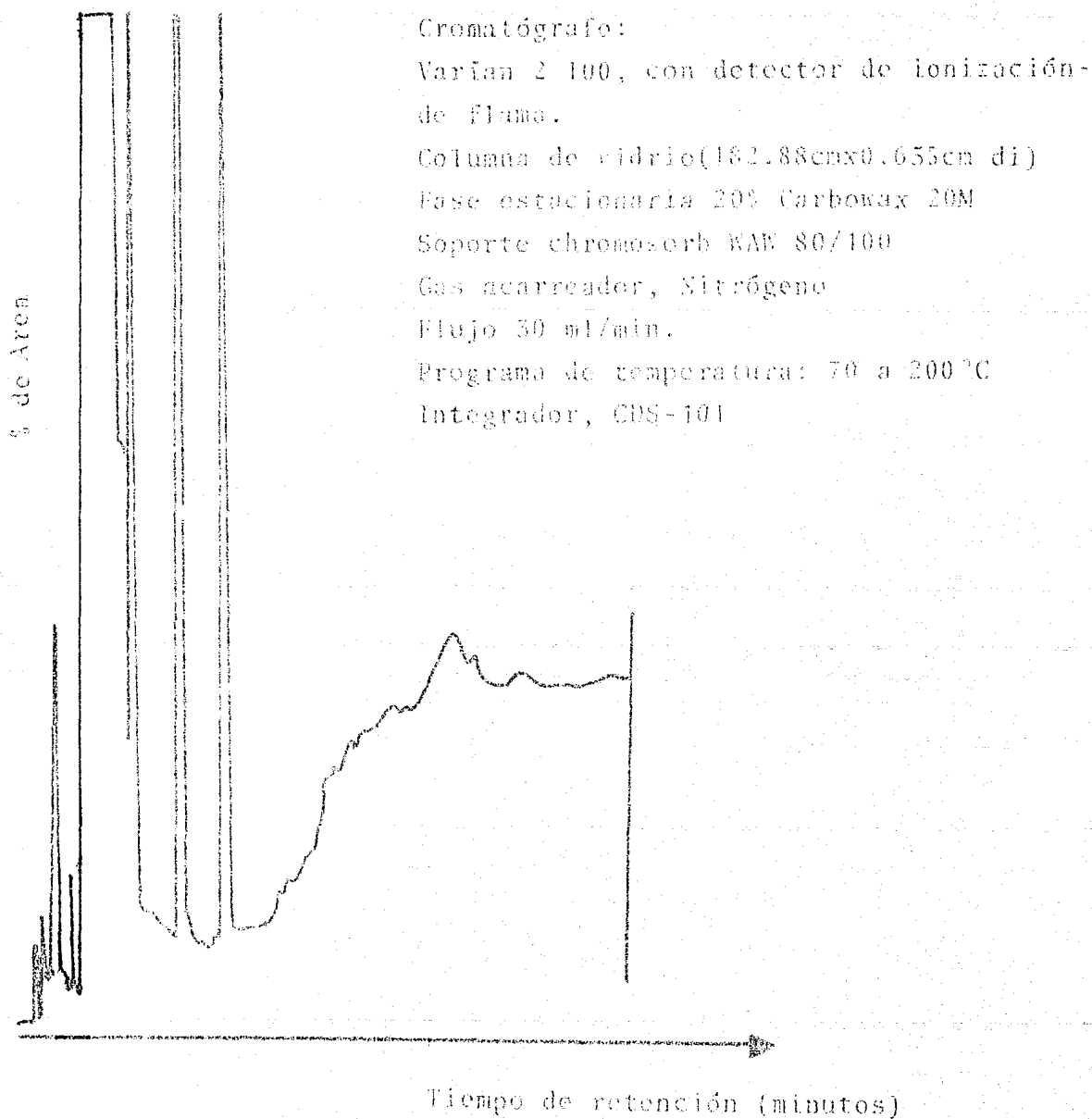
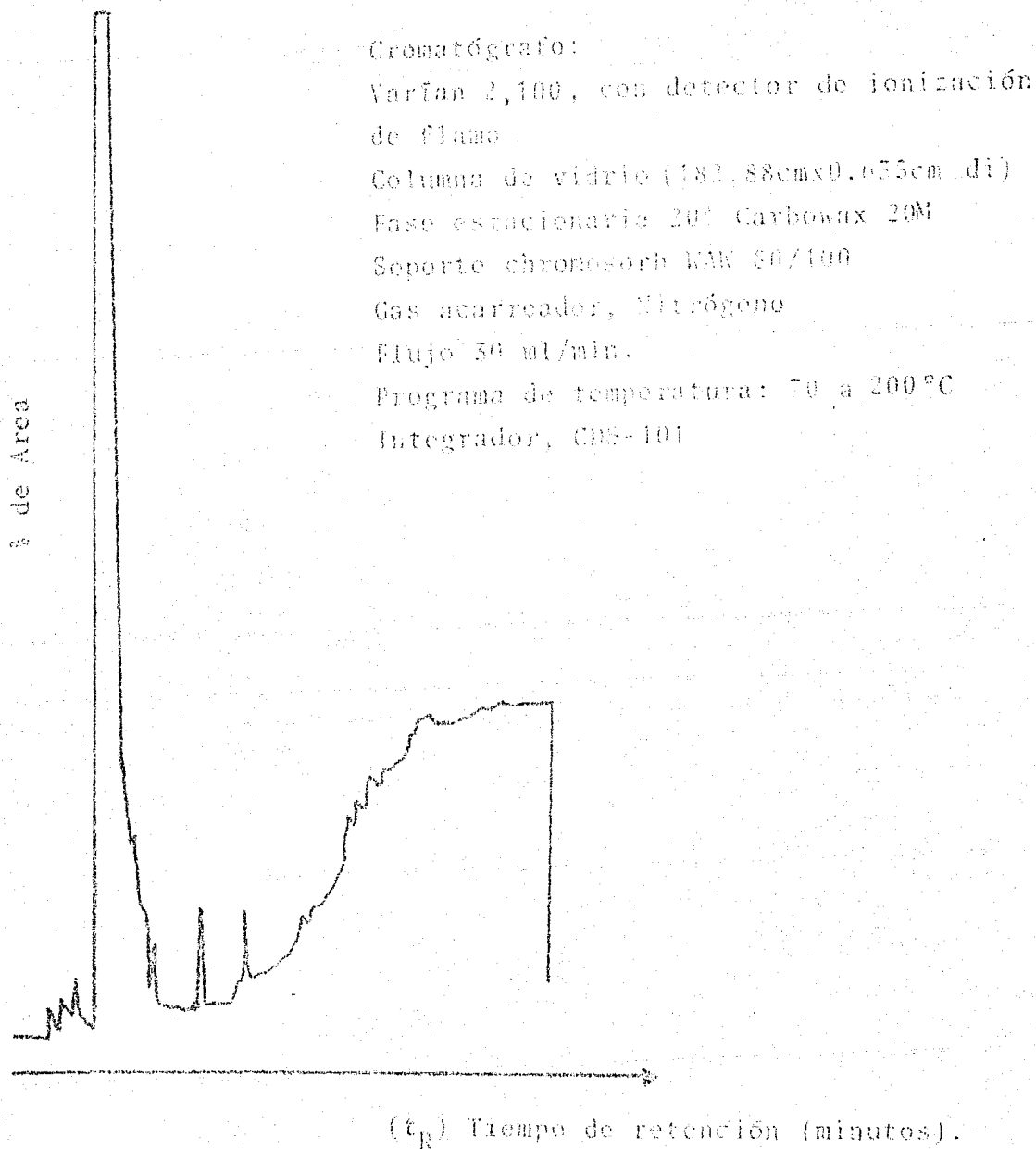


Figura N° 30. CROMATOGRAMA 6 HORAS DE FERMENTACION, MUESTRA PASTEURIZADA.



3.4.1. EVALUACION SENSORIAL . SELECCION DE JUECES.

Para la evaluación sensorial fué necesario contar con un grupo de personal que tuvieran cierta familiaridad con las muestras de aroma analizadas.

Por esta razón fué necesario un entrenamiento de jueces, como se cita en 2.5.1. , previo a una selección. Esta selección consiste en pruebas de clasificación evaluadas estadísticamente por un análisis binomial, con un 80% de probabilidad de acierto y considerando un intervalo de confianza (γ^2) del 95% . En base a esto se realizaron 5 pruebas de las cuales las personas seleccionadas para jueces solo podían fallar en una ocasión, evaluando la probabilidad mediante la función :

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

Para la evaluación del intervalo de confianza (γ) del 95% y poderlo evaluar de tablas reportadas bibliográficamente (34), se considero el tamaño de la muestra que en este caso son 20 personas que se sometieron a la selección, $n=20$ y el número de eventos realizados o sea el número de pruebas aplicadas que corresponde a 5, por lo tanto se considero $m=5$. Los valores de m y n son necesarios para poder encontrar en las tablas los intervalos de confianza necesarios , en los cuales debe de quedar la probabilidad y que son los siguientes .

$$\left\{ 0.08^* \leq P \leq 0.49^* \right\}$$

* Se evalúan por medio de tablas para determinar intervalos de con

fianza mediante la relación m/n (34) .

Los intervalos de confianza determinados, implican que para que una persona sea seleccionada y participe en el entrenamiento debe cumplir con el requisito de que su probabilidad de acierto P , evaluada por $f(x)$, quede implícita dentro del intervalo de confianza (γ) del 95%, considerando la probabilidad de acierto del 80%.

Una vez evaluada la probabilidad para cada una de las 20 personas, se tiene que para 4 aciertos, $f(x)$ es igual a 0.4096 y para 5 aciertos $f(x)$ es igual a 0.3277.

$\{ 0.08 \leq 0.4096 \leq 0.49 \}$, cumplen el requisito 12 personas de 20.

$\{ 0.08 \leq 0.3277 \leq 0.49 \}$, cumple el requisito una persona de 20.

Total de personas que cumplen el requisito para poder participar en el entrenamiento 13, de las 20 que inicialmente se sometieron a la selección, para poder dar una evaluación sensorial definitiva.

3.4.2. EVALUACION SENSORIAL. ENTRENAMIENTO DE JUECES .

Una vez realizada la selección, se estableció un plan de entrenamiento de jueces con la finalidad de que pudieran caracterizar el aroma de piña en dos de sus parámetros mas importantes como son la intensidad aromática y el aroma característico a piña.

Para lograr este fin, el entrenamiento de los jueces se basó en métodos discriminativos mediante la utilización de pruebas Duo-Trio, utilizando para las muestras proporcionadas solucio

nes de aroma artificial de piña con concentraciones previamente establecidas y basadas en el umbral perceptivo de los panelistas.

En este caso se estableció la probabilidad de acierto del 80% con un intervalo de confianza (\checkmark) del 95%, utilizando un análisis estadístico binomial. Para cumplir con la probabilidad de acierto ya referida, es necesario que de las 5 pruebas aplicadas, las personas seleccionadas para el entrenamiento, fallaran solo en una ocasión, evaluando la probabilidad mediante la función $f(x)$.

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

Que ya se cita con anterioridad para la selección y evaluando de igual manera los intervalos de confianza (\checkmark) del 95%, que en el caso de la selección.

Para un intervalo de confianza (\checkmark) del 95% y una probabilidad de acierto del 80%, se tiene un tamaño de muestra de 13, por lo tanto $n=13$ y el número de eventos realizados corresponde a 5 - por lo tanto se considera $m=5$. Con la relación m/n se evalúan los intervalos de confianza mediante la utilización de tablas (34) - quedando:

$$\{0.25^* \leq p \leq 1^*\}$$

* evaluados por tablas (34).

Evaluando la probabilidad por medio de $f(x)$ se tiene:

$f(x)$ es igual a 0.4096 para el aroma característico a piña.

$f(x)$ es igual a 0.4096 para el aroma característico a alcohol.

considerando nuevamente los intervalos de confianza.

$\{ 0.25 \leq 0.4096 \leq 1 \}$, para el aroma característico a piña

$\{ 0.25 \leq 0.4096 \leq 1 \}$, para aroma característico a alcohol

por lo cual se termina el entrenamiento, ya que la probabilidad de acierto evaluada queda implícita dentro de los rangos establecidos por los intervalos de confianza antes citados.

Los 13 panelistas seleccionados, cumplen con el requisito - fallando solo en una ocasión, ya sea para el aroma característico a piña o el aroma característico a alcohol, cumpliendo así con la probabilidad de acierto en la evaluación proporcionada por cada uno de ellos para las muestras de aroma que se les proporciona, con lo cual se puede tener una mayor confiabilidad en la evaluación definitiva, de las muestras de aroma que se obtuvieron en el desarrollo de este estudio.

3.4.3. EVALUACION SENSORIAL DEFINITIVA DEL AROMA OBTENIDO EN LA FASE I. NIVEL LABORATORIO.

Los resultados de la prueba de evaluación sensorial definitiva de las diferentes muestras de aroma recuperadas a nivel laboratorio obtenidas a partir de los desechos del proceso de industrialización de la piña, así como el patrón de referencia utilizado, proveniente del aroma de jugo de piña madura con un estado de madurez N°5, se evaluaron estadísticamente mediante el análisis de varianza correspondiente al modelo de bloques al azar, bloqueando con respecto a los jueces. La metodología utilizada se cita-

en 2.5.3.

En este caso se evalúan dos parámetros, principalmente la intensidad aromática de las muestras obtenidas, así como el aroma característico a piña, los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado (ANOVA) se presentan en el cuadro N°19, de donde se utilizó un criterio de rechazo a un nivel de significancia (α) del 5%, obteniendo un valor F de tablas de:

$$F^{95}(12, 132) = 1.87, \text{ para aroma característico a piña}$$

$$F^{95}(12, 132) = 1.91, \text{ para intensidad aromática}$$

Al existir diferencias significativas entre las muestras analizadas mediante la utilización del criterio de rechazo a la hipótesis a comprobar H_0 donde $A_1=A_2=A_3 \dots A_{12}$ donde:

$$F_c > F \begin{matrix} (1-\alpha) \\ (M-1, G.L.E.) \end{matrix}$$

se procedió a la aplicación del método de comparaciones múltiples de Tukey reportando los resultados en el cuadro N°20.

En este cuadro, se indica por medio de una línea continua, cuales de las muestras no presentan diferencias significativas, considerando la diferencia mínima significativa honesta (DMSH);

En base a lo anteriormente citado y con respecto al patrón de referencia utilizado, la muestra N°5 correspondiente a bagazo sin moler, obtiene la mayor preferencia por los jueces tanto en el parámetro correspondiente al aroma característico a piña, como para intensidad aromática, apoyando la respuesta de los jueces en el

Cuadro N° 19 RESULTADOS DEL ANOVA PARA LOS PARAMETROS EVALUADOS
EN LAS DIFERENTES MUESTRAS

ANOVA, DEL AROMA CARACTERISTICO A PIÑA.

FUENTE DE VARIACION (F.V.)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO DE MEDIAS (C.M.)	F, CAL CULADA (F.C.)
Tratamientos 12 (muestras)	11	54.128	4.921	6.11*
Bloques 13 (jueces)	12	32.09	2.674	3.32*
Error	132	196.372	0.806	
Total ajustado	155	192.59		

$F (0.95, 11, 132) = 1.87$ * $F.C. > F$; se rechaza H_0 a un α del 5%.

ANOVA, DE LA INTENSIDAD AROMATICA.

FUENTE DE VARIACION (F.V.)	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO DE MEDIAS (C.M.)	F, CAL CULADA (F.C.)
Tratamientos 12 (muestras)	11	29.744	1.886	2.32*
Bloques 13 (jueces)	12	13.974	1.165	1.43*
Error	132	107.256	0.813	
Total ajustado	155	141.974		

$F (0.95, 11, 132) = 1.91$ * $F.C. > F$; se rechaza H_0 a un α del 5%

Tanto en intensidad aromatica, como en aroma caracteristico a piña se rechaza H_0 , debido a que la F de tablas es menor que la F, calculada. Este implica que las muestras analizadas presentan diferencias significativas entre ellas en un nivel de significancia del 5%.

Cuadro N° 20 CALIFICACIONES PROMEDIO DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE AROMA, PROPORCIONADAS POR LOS JUECES EN LA EVALUACION DE CADA PARAMETRO.

PARAMETRO	DMSH	CALIFICACIONES PROMEDIO DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE AROMA										
		(4)	(5)	(7)	(1)	(2)	(6)	(10)	(12)	(3)	(9)	(8)
Aroma característico a piña	1.17	3.76	3.30	2.69	2.53	2.46	2.58	2.25	2.15	2.15	2.07	1.46
Intensidad aromática	1.14	3.38	3.15	2.92	2.84	2.09	2.53	2.53	2.63	2.46	2.38	1.92

Para el cálculo de DMSH: $\alpha 5\%$; $q(0.95, 12, 132) = 4.56$, para intensidad aromática

$$DMSH = \left(\frac{1-\alpha}{M.G.L.E.} \right) \sqrt{\frac{C.M.E}{p}} \quad q(0.95, 12, 132) = 4.71, \text{ para aroma característico a piña.}$$

- N° de muestras :
- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1.- cáscara erradicada | 7.- 0, horas fermentación. |
| 2.- piñas encorchadas | 8.- 3, horas de fermentación. |
| 3.- piñas encorchadas enteras | 9.- 6, horas de fermentación. |
| 4.- piña madura, patrón de referencia | 10.- 9, horas de fermentación. |
| 5.- bagazo sin moler | 11.- 6, horas de fermentación, pasteurizada |
| 6.- bagazo molido | 12.- piña verde, estado de madurez N° 1 |

La línea continua indica las medias cuya diferencia no es significativa.

análisis cromatográfico efectuado, donde para esta muestra de aroma se obtienen los mejores resultados al presentar el mayor número de componentes comunes, con respecto al patrón de referencia utilizado.

La muestra que menor aceptación presenta en el parámetro de aroma característico a piña es la de 3 horas de fermentación, sin embargo cromatográficamente se estableció, que su perfil muestra el mayor número de componentes comunes a el patrón de referencia- siendo posible utilizar esta muestra como una alternativa para el aislamiento de algunos de los componentes que constituyen el aroma natural de piña, generados durante la fermentación, pudiendo así producir un aroma proveniente de una fuente natural.

La muestra de cero horas de fermentación, no presentó una diferencia significativa con respecto al patrón de referencia, considerando el parámetro aroma característico a piña y los resultados del análisis cromatográfico efectuado a esta muestra indican que 10 componentes (A, C, F, G, J, L, M, N, Q y R) de un total de 23 registrados para este perfil cromatográfico son comunes al patrón- utilizado como referencia, esto implica que la posible relación entre el número total de componentes equivalente al número de picos registrados y los que son comunes al patrón de referencia es mayor que la que se presentó para 3 horas de fermentación, por lo cual se puede justificar la preferencia de los panelistas.

A excepción del aroma obtenido de la muestra de cero horas de fermentación y la de bagazo sin moler, todas las demás presentan diferencias significativas con respecto al patrón de referencia considerando el parámetro aroma característico a piña.

Por lo que respecta a la intensidad aromática, con excepción de la muestra obtenida a partir de jugo de piña con estado de madurez N°1 (piña verde), ninguna presentó diferencia significativa con respecto al patrón de referencia.

En cuanto a las piñas encorchadas, el aroma obtenido del jugo de piñas encorchadas enteras considerando a la fruta íntegramente pulpa corazón y cáscara , tiene mayor aceptación que la que presenta la muestra de aroma obtenida solo de pulpo al evaluar los jueces el parámetro de intensidad aromática no presentando diferencias significativas con respecto al patrón, esto aunado a que el parámetro aroma característico a piña no presentó diferencia significativa con el aroma obtenido solo de la pulpa de piñas encorchadas por lo cual se ve la conveniencia de utilizar las piñas encorchadas enteras para la recuperación de aroma aprovechando así a la fruta íntegramente , con el apoyo definitivo del análisis cromatográfico en donde el perfil aromático muestra mejores características en cuanto a riqueza de componentes.

La fermentación es difícil de evaluar sensorialmente debido a la dificultad de poder percibir los cambios aromáticos ocurridos durante la misma, existiendo diferencias entre los resultados obtenidos cromatográficamente y la evaluación sensorial dada por los jueces, en donde la muestra de aroma obtenida después de 3 horas de fermentación es la que respecto al patrón de referencia -- presenta el mayor número de componentes comunes, lo cual se puede explicar estableciendo que para que dos muestras tengan exactamente el mismo aroma es necesario que presenten el mismo perfil cromatográfico y que no solo la similitud de un determinado número de componentes le puede conferir propiedades aromáticas similares.

3.5.1 RECUPERACION DE AROMA A NIVEL PLANTA PILOTO, FASE II. DE TERMINACION DEL TIEMPO DE REFLUJO.

En base a bibliografía previamente consultada (6), las condiciones de operación para el evaporador Centri-Therm fueron las siguientes.

M_A ... masa alimentada	19,6 litros de jugo de piña con un estado de madurez N°5.
T_A ... temperatura de alimentación	22°C.
V_A ... velocidad de alimentación	220 ml/min.
P_v ... presión de vapor de calentamiento	4.0 Kg / cm ² equivalente a 110°C.
R_t ... tiempo de reflujo	15, 30, 45 y 60 minutos.

Se procedió a la determinación del tiempo de reflujo (R_t), mas adecuado para obtener la mayor concentración de aroma bajo las condiciones de operación anteriormente citadas, teniendo como variable el tiempo de reflujo (R_t).

La determinación de la variación en el contenido de volátiles del aroma obtenido se realizó mediante un análisis cromatográfico donde se evaluó el perfil aromático de cada muestra estudiada. Se consideraron los tiempos de reflujo de 15, 30, 45 y 60 minutos.

Los tiempos de retención (t_R) obtenidos en cada cromatograma así como el número de componentes se observan en el cuadro N° 21, donde conforme va aumentando el tiempo de reflujo (R_t), se-


Cuadro No. 21

TIEMPO DE RETENCION (t_R) Y % DE AREA REGISTRADOS PARA LAS MUESTRAS DE VARIACION EN EL TIEMPO DE REFLUJO (R_f)

No. PICO	TIEMPO REFLUJO 15 MINUTOS		TIEMPO REFLUJO 30 MINUTOS		TIEMPO REFLUJO 45 MINUTOS		TIEMPO REFLUJO 60 MINUTOS	
	t_R	% A	t_R	% A	t_R	% A	t_R	% A
1	0.04	0.0001	0.06	0.000	0.04	0.0001	0.04	0.0004
2	0.51	0.0007	0.80	0.0012	0.37	0.0004	0.50	0.0005
3	0.70	0.0013	1.71	0.1340	0.62	0.0001	0.74	0.0005
4	1.06	1.013	1.35	1.732	0.74	0.0007	0.85	0.0001
5	1.17	0.339	2.15	0.363	0.97	0.0001	1.52	0.058
6	3.09	0.066	3.07	0.397	1.57	0.222	1.88	0.209
7	3.43	0.0211	3.43	0.049	1.94	2.344	1.97	2.484
8	4.16	0.001	4.12	0.017	2.17	95.967	2.22	95.967
9	4.83	0.0007	4.52	0.0001	3.06	0.363	3.10	0.348
10	4.75	0.116	4.74	0.248	3.42	0.073	3.46	0.091
11	5.10	0.002	5.08	0.003	4.12	0.002	4.16	0.003
12	5.94	0.043	5.92	0.037	4.73	0.352	4.78	0.427
13	6.58	0.010	6.56	0.003	5.05	0.010	3.13	0.011
14	7.54	0.312	6.84	0.002	5.92	0.033	5.53	0.001
15	7.93	0.611	7.51	0.025	6.57	0.001	5.96	0.039
16	8.54	0.250	7.90	0.043	6.84	0.0006	5.61	0.001
17	9.16	0.095	8.51	0.210	7.20	0.002	5.96	0.001
18	9.53	0.147	9.15	0.052	7.52	0.011	7.24	0.003
19	9.93	0.104	8.52	0.125	7.62	0.034	7.56	0.012
20	10.62	0.137	9.90	0.142	8.12	0.036	7.89	0.033
21	11.13	0.129	10.52	0.037	8.26	0.026	3.16	0.041
22	11.77	0.1470	11.15	0.063	8.49	0.133	8.32	0.025
23	12.70	0.111	11.74	0.076	9.12	0.034	9.53	0.154
24	13.27	0.448	12.67	0.046	9.49	0.108	9.18	0.0552
25			13.31	0.514	9.99	0.117	9.53	0.1418
26			13.90	0.083	10.60	0.051	3.95	0.077
27			17.55	0.008	11.14	0.027	10.64	0.101
28					11.73	0.014	11.20	0.079
29					12.66	0.004	11.79	0.072
30					13.30	0.010	12.72	0.100
31					13.92	0.003	13.72	0.044
32					15.44	0.0001	14.00	0.039
FIG.								

 t_R TIEMPO DE RETENCION, MINUTOS

% A % DE AREA

 COMPONENTE PRESENTE EN MAYOR PROPORCION

se incrementa el número de componentes volátiles variando 24 - para un tiempo de reflujo de 15 minutos, 27 para 30 minutos y 32 para los tiempos de reflujo (R_f) de 45 y 60 minutos. Estos dos últimos a pesar de tener la misma cantidad de componentes no -- presentan los mismos tiempos de retención (t_R), esto hace que su perfil cromatográfico sea diferente.

En cuanto a percepción sensorial, de las cuatro muestras se consideró que la correspondiente a un tiempo de reflujo de 60 minutos, presentó la mayor intensidad aromática en cuanto al aroma de pija se refiere, por lo cual el perfil cromatográfico que presentó esta muestra refleja la combinación de componentes tanto en número como en concentración que permite tener un producto de mejor intensidad aromática con respecto a los tiempos de reflujo previamente establecidos.

Por lo que respecta al componente que se encontró en mayor proporción, es en este caso, el que corresponde a un tiempo de retención de 2.17 minutos estando presente en las muestras de 15, 30 y 45 minutos de tiempo de reflujo (R_f). Para la muestra de 60 minutos el componente que se encontró en mayor proporción es el que corresponde a un tiempo de retención (t_R) de 2.22 minutos con un 95.197 % de área, el cual con respecto a las otras tres muestras analizadas es diferente en cuanto a composición química se refiere es decir, no corresponde al mismo componente debido a la diferencia en los tiempos de retención obtenidos.

Se realizó un análisis de componentes comunes a las muestras teniendo como punto de comparación el aroma obtenido a los

15 minutos de reflujo, por ser el que presentó menor variación de componentes volátiles debido al corto tiempo de reflujo. Lo anteriormente dicho se aprecia en el cuadro N°22, donde al igual -- que en otras ocasiones se identifica con una letra mayúscula a -- los componentes comunes, en base al análisis de los tiempos de -- retención con una variación de ± 0.02 minutos. En este cuadro -- conforme avanza el tiempo de reflujo, disminuye la proporción en -- la cual se encuentran presentes los componentes que constituyen -- el perfil cromatográfico, por lo cual se justifica el incremento -- en el número de componentes debido a que se forman a partir de -- los que inicialmente estaban presentes, no teniendo un patrón de -- comportamiento en cuanto a la disminución o incremento en la -- concentración de los mismos reflejado esto, en los datos de % de -- área, ya que mientras algunos componentes incrementan su concen -- tración otros la disminuyen. Esto se justifica debido a que du -- rante el proceso de concentración, suceden cambios químicos en -- la estructura de los componentes volátiles formando nuevós com -- puestos, con la característica de ser muy similares al que lo ori -- gino. Esto se puede considerar desde dos puntos de vista: prime -- ro, existe un incremento en el número de componentes volátiles y -- segundo, la variación en los tiempos de retención no es muy drás -- tica

Existe un grupo de componentes que aparecen durante todo el proceso de reflujo, estos se identifican con las letras B, C, G, y K presentando los tiempos de retención (t_R) 0.04, 0.51, 1.96 y 4.14 minutos respectivamente. Esto se puede explicar mediante -- la estabilidad química de estos componentes al proceso de recti --

Cuadro No. 22

COMPONENTES COMUNES IDENTIFICADOS EN LAS MUESTRAS DE AROMA DE PIRA CON RESPECTO A UN TIEMPO DE REFLUJO DE 15 MINUTOS

COMPONENTE	Rt 15 MINUTOS		Rt 30 MINUTOS		Rt 45 MINUTOS		Rt 50 MINUTOS	
	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A	t _R	% A
A	0.04	0.0001	0.06	0.0001	0.04	0.0001	0.04	0.0004
B	0.51	0.0007	0.05	0.0012	0.51	0.0004	0.50	0.0005
C	1.96	1.015	1.95	1.739	1.94	2.344	1.97	2.484
D	2.17	96.534	2.18	95.348	2.17	95.967		
E	3.09	0.466	3.07	0.397	3.06	0.353		
F	3.43	0.0211	3.43	0.042	3.43	0.073		
G	4.14	0.011	4.12	0.017	4.12	0.002	4.16	0.003
H	4.53	0.0007	4.52	0.0001				
I	4.75	0.116	4.74	0.0248	4.75	0.368		
J	5.10	0.002	5.08	0.005				
K	5.94	0.045	5.92	0.032	5.92	0.033	5.95	0.039
L	6.58	0.019	6.56	0.003	6.57	0.001		
LL	7.54	0.618			7.52	0.011		
M	9.18	0.055					9.18	0.065
N	9.53	0.147	9.52	0.12			9.53	0.1418
N̄	9.93	0.184					9.93	
O	10.52	0.137	10.52	0.087			10.54	0.101
P	11.18	0.129						
Q	11.77	0.1470					11.78	0.072
R	12.70	0.111					12.42	0.100

Rt TIEMPO DE REFLUJO

t_R TIEMPO DE RETENCION

%A % DE AREA

ficación en la columna, para la recuperación de aroma.

En este caso, la conveniencia de utilizar el jugo de piña, para el estudio de la variación del aroma con respecto a los tiempos de reflujo (R_t) se debe a la facilidad de extracción del jugo al manejar un volumen de 20 litros para efectuar la prueba.

Los cromatogramas obtenidos en este estudio correspondientes a los tiempos de reflujo de 15, 30, 45 y 60 minutos se presentan en las figuras N° 31, 32, 33 y 34 respectivamente.

3.5.2. CALCULO DEL CALOR TOTAL TRANSFERIDO DURANTE EL PROCESO DE EVAPORACION.

Se realizó el calculo de la transferencia de calor en base a la secuencia referido en 2.3.2. obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro N° 33, utilizando en este caso como ya se menciona, jugo de piña madura con estado de madures N° 5.

Previo al calculo térmico se evaluaron las siguientes variables.

C_p	del jugo de piña con 89% de humedad	.....	0.9121 Kcal/K	(43).
λ_v	92 °C	.....	544.08 Kcal/K	(32).
λ_s	110 °C	.....	552.65 Kcal/K	(32).
ΔT_{MLTD}		.....	44.11 °C	

El proceso de concentración efectuado para la recuperación de aroma en la columna de rectificación, se efectuó a presión atmosférica y los resultados obtenidos del calor total transferido, durante el proceso de evaporación del jugo, así como del coe

Figura N° 31. CROMATOGRAMA PARA UN TIEMPO DE REFLUJO DE 15 MINUTOS OBTENIDO DE AROMA DE FLSA MADURA, A NIVEL PLANTA PILOTO.

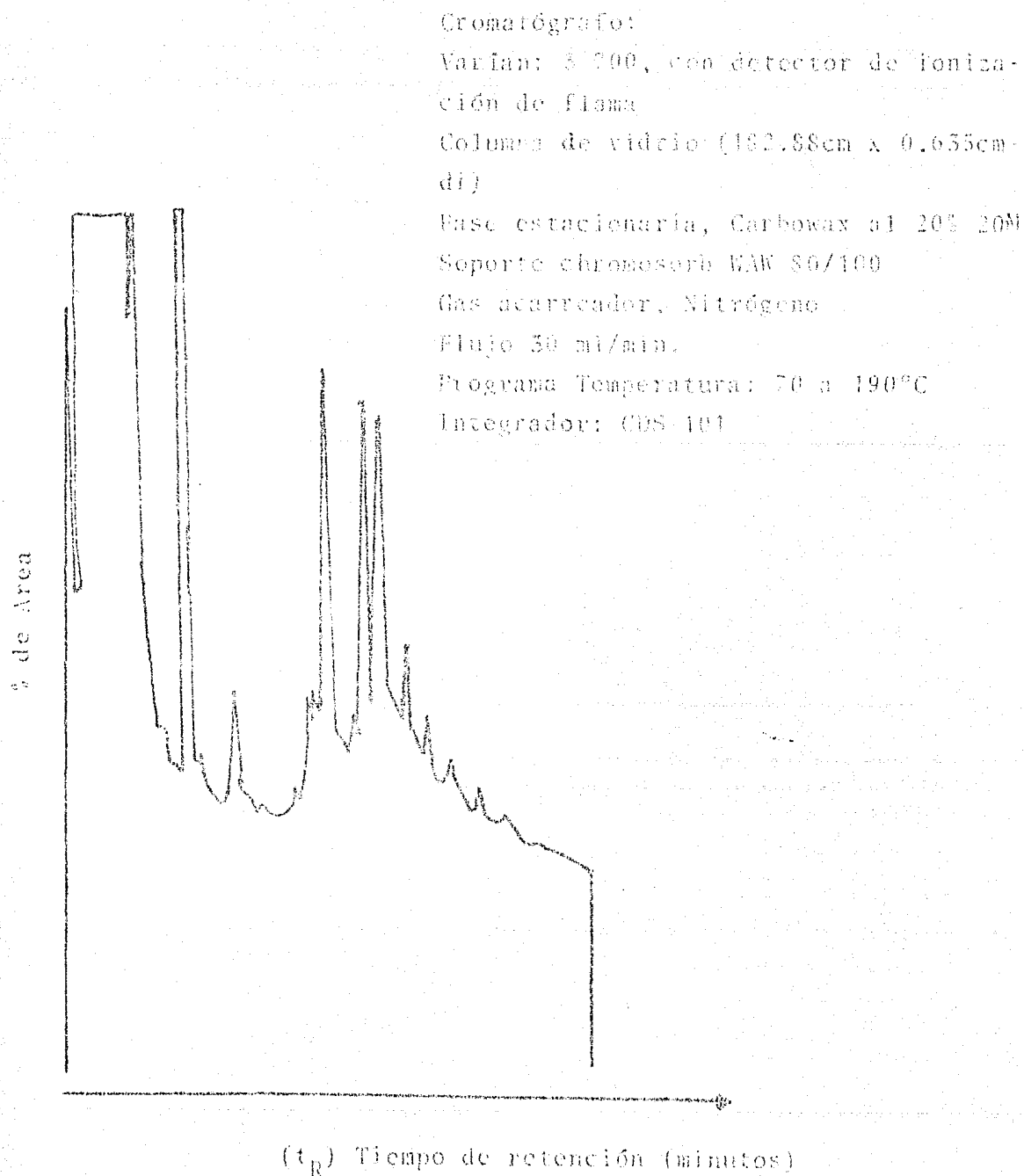


Figura N° 32 CROMATOGRAMA PARA UN TIEMPO DE RETENCIÓN DE 50 MINUTOS OBTENIDO DE AROMA DE PEA MADURA, A NIVEL PLANTA PILOTO.

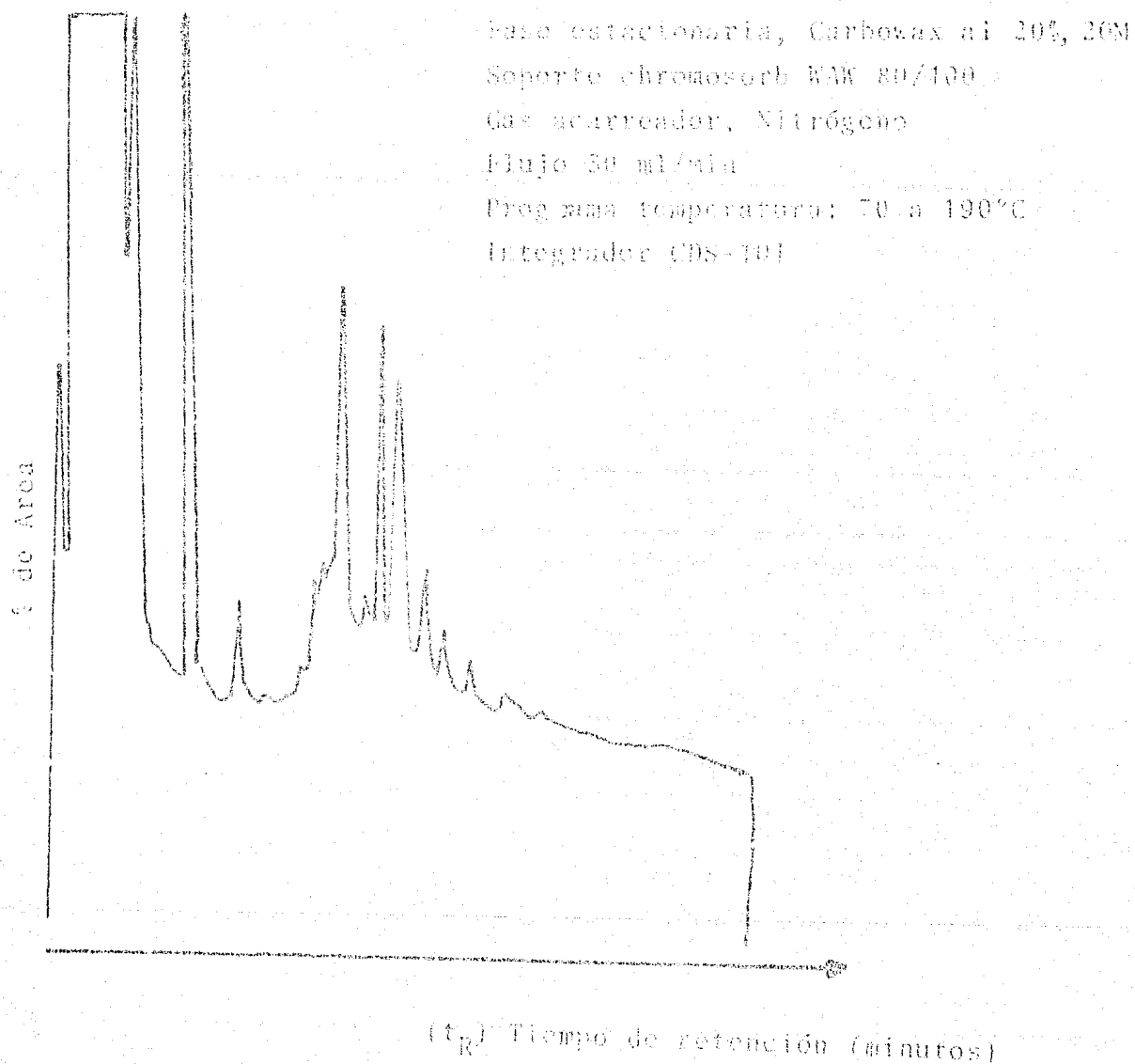


Figura N° 55. CROMATOGRAMA PARA UN TIEMPO DE RETENCIÓN DE 45 MINUTOS OBTENIDO DE AROMA DE PIÑA MADURA, A NIVEL PLANTA PILOTO.

Cromatógrafo:

Varian 5 700, con detector de ionización de flama

Columna de vidrio (182.88cm x 0.635cm. di)

Fase estacionaria, Carbowax al 20%, 20M

Soporte chromosorb WAW 80/100

Gas acarreador, Nitrógeno

Flujo 30 ml/min.

Programa temperatura: 70 a 190°C

Integrador CDS-101

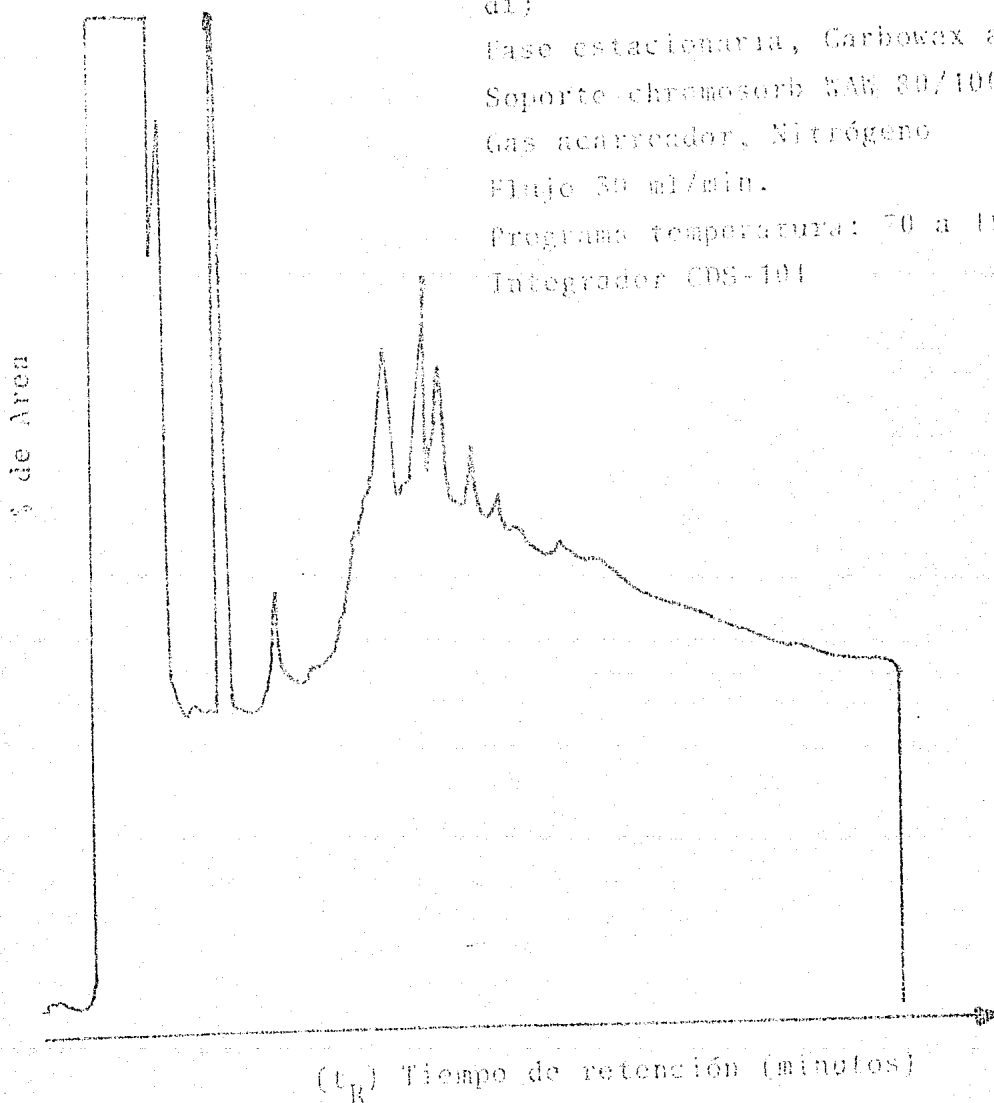


Figura N° 31 CROMATOGRAMA PARA UN TIEMPO DE REPETICION DE 60 MINUTOS OBTENIDO DE AROMA DE PIRA MADURA, A NIVEL PLANTA PILOTO.

Cromatógrafo:

Varian 3 700, con detector de ionización de flama.

Columna de vidrio (182.58cm x 0.635-cm di)

Fase estacionaria, Carbowax al 20%, 20N

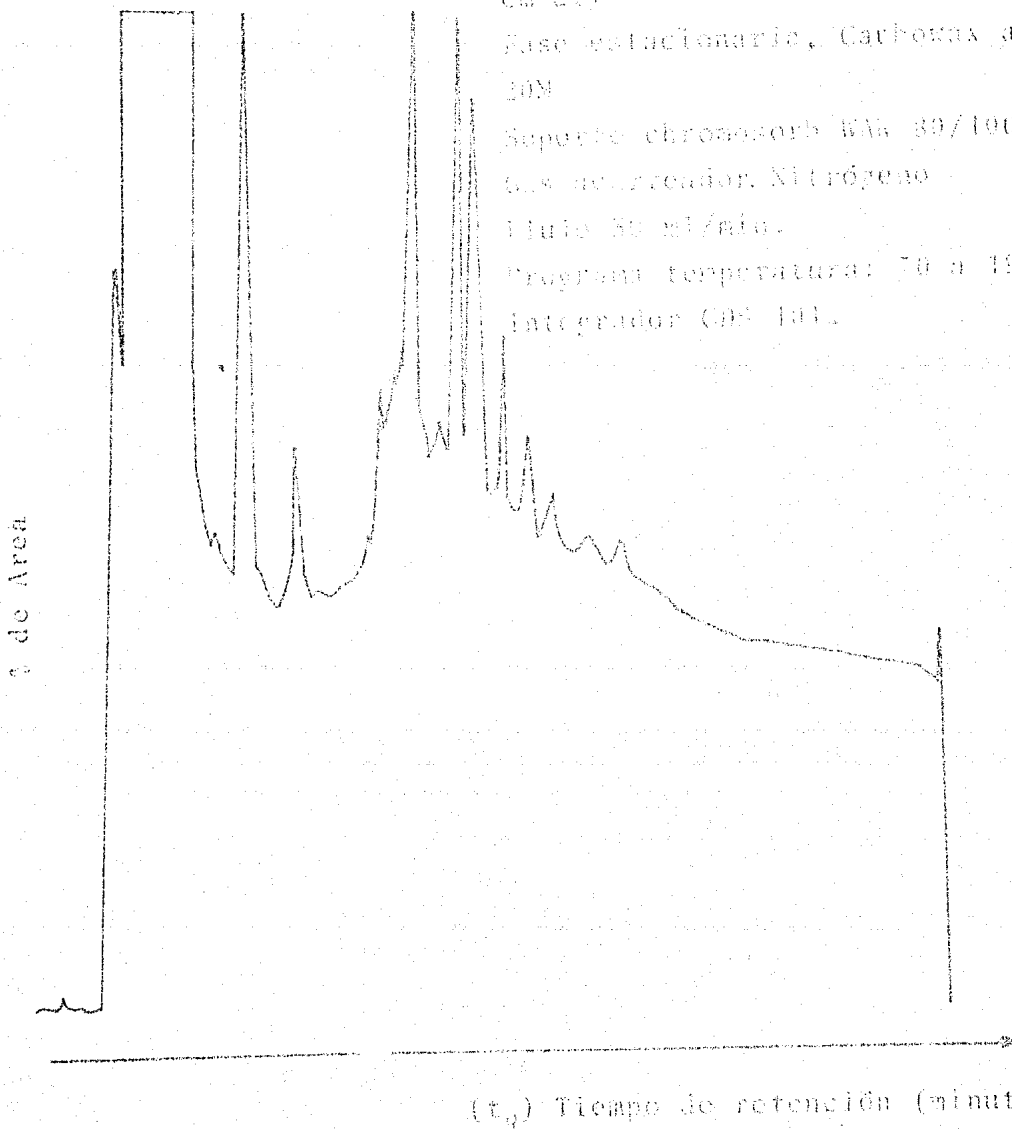
Supporte chromasorb WAW 89/100

Gas de arrastre, Nitrógeno

Flujo 30 ml/min.

Programa temperatura: 70 a 190°C

Integrador (DR-103).



(t_R) Tiempo de retención (minutos)

Cuadro N°23 RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL CALOR TOTAL TRANSFERIDO.

$$Q = 3616.96 \text{ Kcal/h}$$

$$M_v = 6.79 \text{ K/h}$$

$$U = 892.26 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Q calor total transferido, durante el proceso de evaporación.

M_v masa de vapor utilizada.

U coeficiente de transferencia de calor.

ficiente global de transferencia de calor, muestran una relación directamente proporcional, aunque el coeficiente global de transferencia de calor sea mucho menor a los datos reportados para el mismo, en función del equipo utilizado, Centri-Thera donde se indica un coeficiente global de transferencia de calor U de ----- $6\ 000\ \text{Kcal/m}^2\ ^\circ\text{C h}$ contra un U de $892.26\ \text{Kcal/m}^2\ ^\circ\text{C h}$ obtenido. Las condiciones de operación del Centri-Therm satisfacen la necesidad del estudio al cual estaba enfocado, o sea determinar la influencia del tiempo de reflujo (R_t) en el comportamiento de los componentes volátiles durante el reflujo en la columna de rectificación.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

A Nivel laboratorio, se estableció el acondicionamiento para la extracción del jugo de cáscara erradicada, piñas encorchadas, así como piña madura con estado de madurez N°5. Para la obtención del jugo se utilizó un extractor rotatorio con 1/4 HP. para pasar posteriormente a un refinado en un finisher, utilizando dos mallas una correspondiente a 1.50 mm para la eliminación de partículas gruesas y posteriormente a pasa por una malla de 0.50 mm. El jugo obtenido presenta homogeneidad en las partículas en suspensión, siendo estas pequeños fragmentos de cáscara y pulpa, lo cual es conveniente para el proceso de recuperación de aroma.

Los rendimientos obtenidos mediante la utilización de este método de extracción son del 39% y 44% para el jugo de cáscara erradicada y jugo de piñas encorchadas respectivamente, siendo en el caso de cáscara erradicada ó mayor que el reportado bibliográficamente mediante la utilización de una prensa hidráulica (45).

Por lo que respecta a los estados de madurez manejados son los siguientes, basados en la clasificación de Pantastico (42).

a) Estado de madurez N°1, correspondiente a piña sazona requintada presentando en los "ojos" de la base un tono verde amarillento.

En este estado de madurez es procesada la fruta, por lo cual la cáscara erradicada proviene de fruta con este estado de madurez.

b) Estado de madurez N°5, se consideró conveniente utilizar esta fruta como patrón de referencia debido a que presenta las mejores cualidades en cuanto a sabor y aroma. Esta fruta presenta una coloración amarilla en la totalidad de la cáscara, considerandola como piña madura.

c) Estado de madurez N°6. en este estado de madurez se estudiaron las piñas encorchadas debido a que en estas condiciones llegan al laboratorio provenientes de las plantaciones de Loma Bonita, Oaxaca.

En el caso del bagazo proveniente del pulper el acondiciona

consistió en establecer una relación de 3:1 agua-bagazo, necesaria para poder efectuar la recuperación de aroma evitando de esta forma la caramelización y la dilución de los componentes volátiles presentes en el bagazo.

Una vez determinado el acondicionamiento se procedió a la evaluación fisicoquímica de los diferentes jugos concluyendo que no existen diferencias notables en cuanto a su composición química y propiedades físicas, con respecto a un patrón de referencia; siendo muy semejantes entre sí las diferentes muestras analizadas.

De las diferentes pruebas realizadas, para llevar a cabo la recuperación de aroma en el rotavapor, se concluyó que las mejores condiciones de operación son las que corresponden a un tiempo de operación de 25 minutos y una temperatura de baño de agua de 50°C obteniendo de esta manera la mayor fracción de aroma (x_a), siendo el 0.631 del volumen de agua evaporada (V_w). Estos resultados se apoyan en el análisis cromatográfico efectuado en las muestras de aroma obtenidas del jugo de cáscara erradicada.

Los resultados obtenidos del análisis cromatográfico efectuado sobre las muestras de aroma recuperado, tanto en la Fase I a Nivel Laboratorio como en la Fase II, a Nivel Planta piloto se basan en el análisis de los tiempos de retención (t_R), siendo una propiedad que caracteriza a cada componente, por lo cual a cada tiempo de retención le corresponde un componente único. El % de área (% A) se interpretó como una medida de la concentración en la cual se encuentra presente cada componente.

Una vez establecidas las condiciones de operación, para la recuperación de aroma a Nivel Laboratorio se efectuó la recuperación de aroma de los diferentes desechos provenientes de la industria procesadora de piña, concluyendo que las fuentes más recomendables son las que a continuación se describen.

1.- BAGAZO SIN MOLEB. Proveniente del pulper con una relación 3:1 agua-bagazo, el cual tuvo una buena aceptación por los jueces, previamente entrenados, no mostrando diferencias significativas

con respecto al patrón de referencia en los parámetros evaluados correspondientes a intensidad aromática y aroma característico a piña. Su perfil cromatográfico demuestra la existencia de componentes característicos al aroma de piña, en base a la comparación de los tiempos de retención registrados en cada muestra de aroma.

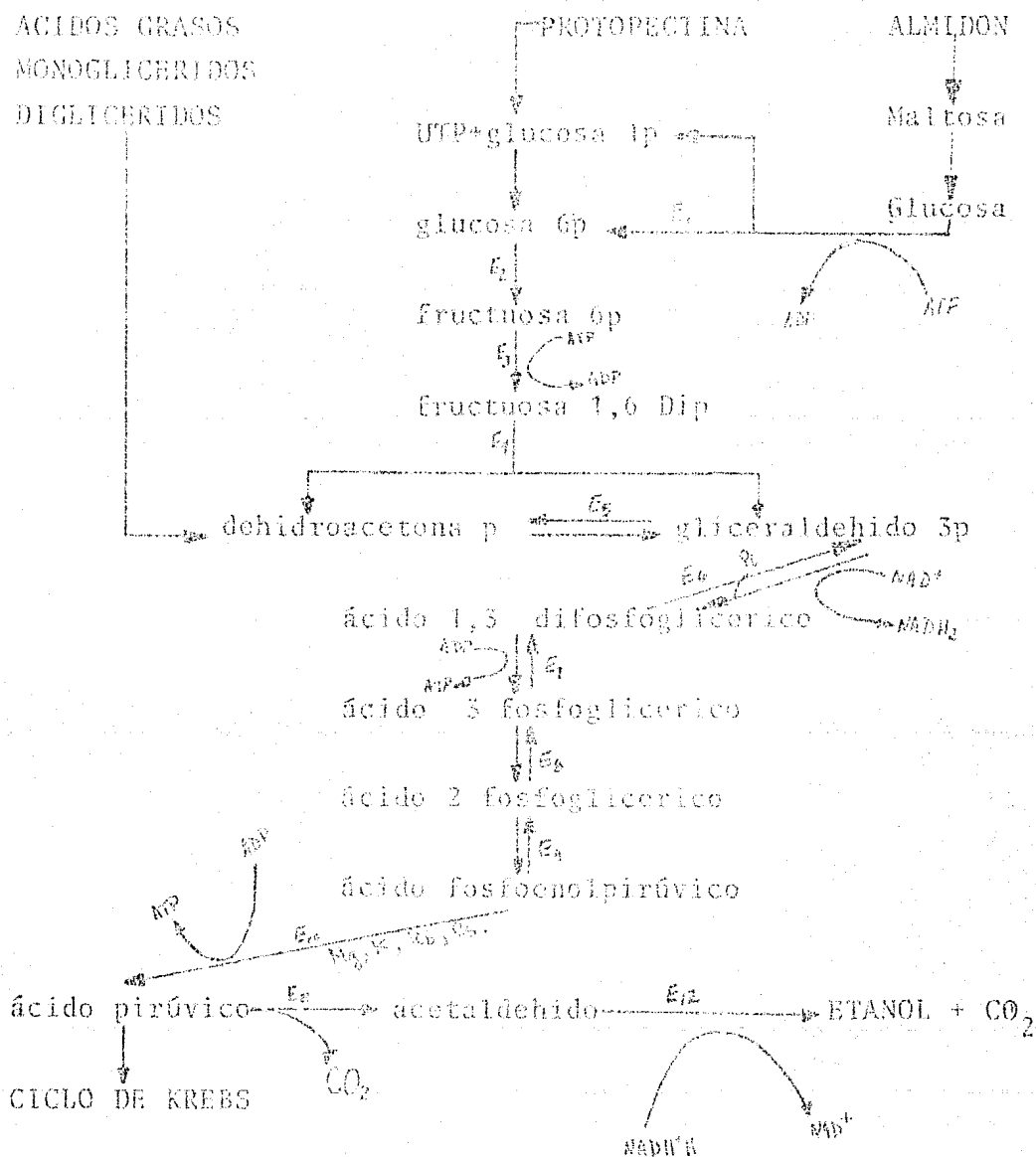
2.- CASCARA ERRADICADA. Su perfil cromatográfico presentó componentes comunes a los presentes en el patrón de referencia y su aceptabilidad sensorialmente en cuanto al parámetro intensidad aromática no presentó diferencias significativas con respecto al patrón utilizado además de su gran disponibilidad como desecho, 200 a 250 toneladas por día (37), hace posible establecerlo como una fuente para la obtención de aroma natural de frutas, semejante claro-esta al aroma natural de piña.

3.- CASCARA ERRADICADA, FERMENTADA. La fermentación efectivamente presentó un incremento en la cantidad de componentes volátiles y consecuentemente un mayor número de componentes volátiles característicos al aroma de piña, reflejado en el análisis cromatográfico efectuado, cumpliéndose así la hipótesis de que durante las primeras etapas de la fermentación se producen cambios bioquímicos similares a los de la maduración pudiendo apreciar esto en las rutas metabólicas mostradas en la página siguiente, concluyendo que la mayor formación de componentes volátiles se presentó a las 3 horas de haber comenzado la fermentación.

En el caso de las piñas encorchoadas, para su mejor aprovechamiento es necesario en base a los resultados obtenidos, su utilización integral para la recuperación de aroma considerando cáscara, pulpa y corazón, siendo la muestra de aroma obtenida la que presenta el mayor número de componentes aún con respecto al patrón de referencia utilizado.

Los resultados obtenidos sensorialmente, evaluados por los jueces, se apoyan en el análisis cromatográfico efectuado el cual definitivamente constituye una herramienta sumamente valiosa.

RUTAS METABOLICAS, DE LA MADURACION Y FERMENTACION.



E. ... ENZIMAS DESCRIBIDOS, 195, 196

En la maduración, los ácidos grasos, protopectinas y almidón se degradan hasta la formación de ácido pirúvico, el destino de este último depende del tipo de catabolismo. En el caso de la respiración, se oxida y descarboxila a acetato y al respirar las frutas generan los cambios bioquímicos característicos de la maduración. En la fermentación la glucosa, de pirúvico llega hasta a etanol.

E N Z I M A S " E " .

- E₁ hexocinasa
E₂ fosfoglucoisomerasa
E₃ fosfofructocinasa
E₄ aldolasa
E₅ triosa fosfato isomerasa
E₆ gliceraldehído 3 fosfato dehidrogenasa
E₇ fosfoglicerato cinasa
E₈ fosfogliceromutasa
E₉ enolasa
E₁₀ piruvato cinasa
E₁₁ piruvato descarboxilasa
E₁₂ alcohol deshidrogenasa

A Nivel Planta piloto, se determinó la influencia de la variación del tiempo de reflujo (R_t), concluyendo que la muestra correspondiente al tiempo de 60 minutos presentó sensorial y cromatográficamente la mejor calidad en cuanto a intensidad aromática percibida, mostrando una relación directamente proporcional entre el tiempo de reflujo (R_t) y el número de componentes presentes conforme se incrementaba el mismo. El componente presente en mayor proporción difiere en cuanto al tiempo de retención así como en el % de área registrado, de los que se encuentran en las otras tres muestras analizadas correspondientes a los tiempos de reflujo de 15, 30 y 45 minutos. Por lo anteriormente expuesto se puede inferir que el perfil cromatográfico correspondiente al tiempo de reflujo de 60 minutos presentó la combinación en cuanto a número y proporción de componentes representativa de la mayor intensidad aromática.

Finalmente, en base a todo un análisis global del proceso de recuperación de aroma, con este estudio se estableció la alternativa de la utilización de los desechos obtenidos del proceso de industrialización de la piña, como fuentes naturales factibles de ser utilizadas para la recuperación de aroma, así como la posibilidad de realizar el aislamiento de componentes volátiles característicos del aroma natural de piña que puedan utilizarse para la obtención de aroma a partir de una fuente natural.

CAPITULO 5 . RECOMENDACIONES

En primera instancia, se recomienda un estudio más completo sobre las piñas encorchadas en cuanto a su calidad organoléptica considerando sabor y aroma dependiendo claro esta de los diferentes estados de madurez que presenta la fruta. Es muy factible la utilización de esta fruta para la elaboración de mermeladas.

Por lo que respecta a la fermentación efectuada en el jugo de cáscara erradicada con la finalidad de favorecer la formación de componentes volátiles, se recomienda hacer un estudio más detallado en las tres primeras horas de fermentación, considerando períodos de análisis de aproximadamente cada 30 minutos ya que en las primeras horas es factible la formación de componentes volátiles característicos del aroma de piña utilizado como patrón de referencia.

El aislamiento de los componentes característicos del aroma de piña encontrados en las diferentes muestras de aroma analizadas es recomendable, para el desarrollo de un estudio, así como la identificación de estos componentes por medio de estándares de componentes puros, previamente identificados en estudios ya realizados (11) por medio de cromatografía de gases.

En cuanto al aroma obtenido, tanto a nivel laboratorio como planta piloto, se recomienda un estudio en cuanto a la estabilidad del aroma para observar los posibles cambios con respecto al tiempo . Así como la optimización del proceso para la recuperación de aroma.

Otra línea de estudio recomendable es la integración del aroma obtenido en bebidas de frutas y yogurt.

El evaporador centrífugo Centri-Therm CT1-B6 tiene aplicación a nivel industrial, por lo cual el estudio realizado se puede recomendar para su utilización en la industria alimentaria.

CAPITULO 6 . B I B L I O G R A F I A .

1. Alfa Laval
Centri-Therm
Instruction Manual, 1978.
2. Amerine, M., A. & Pangborn, R., M.
" Principles of sensory evaluation food "
Academic Press, New York, 1975. Capítulo 3.
3. Badri, D., S.
" Química de los alimentos "
Editorial Alambra, México, 1981. Capítulo 8.
4. Braverman, J., B., S.
" Introducción a la Bioquímica de los alimentos "
Editorial Omega, Barcelona, España, 1978.
5. Bengt, H.
" Uso de los evaporadores modelo Centri-Therm de corriente expansiva y circulación forzada en las industrias y -
Bioquímica" .
Alfa Laval, A B Suecia, O.N.U. New York, 1979.
6. Colina, I., M., L.
" Estudio sobre la concentración de pulpa de guanabana y
la recuperación de aroma"
Tesis Maestría en ciencias e industrialización de frutas
BNAFRUT, México, D.F. 1981.
7. Colli, F., I.
Investigador . Delegación CONAFRUT, Loma Bonita , Oaxaca
Comunicación personal, 1985.

8. Comisión Nacional de Fruticultura
" La piña aspectos de su cultivo y aprovechamiento "
Folleto N° 3 SAG/ México, 1972.
9. Comisión Nacional de Fruticultura
" Industrialización de la piña "
Folleto N°21 SAG/ México, 1974.
10. Corn, F., E.
" Bioquímica Fundamental "
Editorial Limuse, México, 1974.
11. Cornell, D., W.
Volatile Flavoring Constituents of pineapple
Australian J. Chem (17) : 130-134 .
12. Dirección General de Economía Agrícola
Anuario estadístico de producción frutícola
México, 1981-1983.
13. Dirección General de estadística
El mercado exterior frutícola
México, D.F. II (8), marzo-abril, 1982.
14. Díaz, E., M., E.
" Regeneración enzimática del aroma de plátano "
Tesis Maestría en ciencias e industrialización de frutas
ENAFRUT, México, D.F. 1983.
15. Dubois, M. & Gilles, J., K.
Colorimetric method for determination of sugar and related
substances.
Analytical Chemistry, 28 (3) :51-54, 1956.

17. Eskin, N., A., M.
" Biochemistry of foods "
Academic Press, New York, 1971. p.p. 32-57 .
18. Fanema, O.
" Principles of food science, Part I "
Food Chemistry, Mercei Deker Inc. U.S.A. 1976.
19. Firmenich de México, S.A.
Recomendaciones para las diluciones de aroma artificial
de piña, utilizadas en este estudio.
México, D.F. 1985.
20. Foust, A., S., & Wenzel, L., A.
"Principios de operaciones unitarias"
CECSA, México, 1980.
21. Frazier, W., C.
" Microbiología de los alimentos "
Editorial Acviba, Zaragoza, España, 1976.
22. Gonzáles, A., G.
" Industria de la piña "
Tecnología de Alimentos, 5 (11) : 17 ,1970.
23. Gutiérrez, C., M.
Manual de análisis cuantitativo
La Coffa, México, 1968.
24. Hepton, A. & Anderson, E., J.
Interfruit et corning of pineapple fruit
a new diseal in Hawai.
Phytopatology 58 : 74-78, 1968.

25. Huime, A., C.
" Biochemistry of fruits and their products "
Food Science and Technology Vol. I.
Academic Press, New York, 1970. p.p. 259-263.
26. Institute of Food Technologist
Sensory evaluation guide for testing food
and beverage products. A guide prepared
by de IFT. Sensory Evaluation Division
Food Technology 35 (11) : 51-57 ,1981.
27. Instituto Mexicano de Comercio Exterior
Exportaciones comparativas por producto/país .
período enero-diciembre. Tracción 33.01-A-099. 1984-1985.
28. Instituto Mexicano del Petróleo
Curso Internacional " Actualización en la Cromatografía
de gases.
Subdirección General de Capacitación y desarrollo
profesional. México, D.F. 1985.
29. Instituto Nacional de Nutrición
Valor Nutritivo de los alimentos
Tablas de uso práctico, 1976.
30. King, J., C.
" Procesos de Separación "
Editorial Reverte, España, 1980.
31. Kurt, N. & Meyer.
Determination du poids moléculaire de polysaccharides
naturels par dosage colorimétrique.
Helvetica Chimica Acta, 31 (1) : 103-105, 1948.

32. Kern, D., K.
"Process Heat Transfer"
Mc. Graw Hill Book, Co. Inc. New York, 1975.
33. Kramer, A. & Twigg, B., A.
"Quality Control for the Industry, Vol. 1."
The AVI Pub. Co. Inc. Westport Conn, 1974.
34. Kreysing, E.
" Introducción a la estadística matemática,
principios y métodos "
Editorial Limusa, México, 1976.
35. Larmond, E.
Laboratory Methods for sensory evaluation of food
research branch.
Canada Department of Agriculture
Publication 1637, Canada, Ottawa, 1977.
36. Norma Panamericana COPANT
Jugo de piña, 1975.
37. Olmos, J.
Planta procesadora de piña, Loma Bonita Oaxaca.
Comunicación personal, 1985.
38. Organización de las Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación.
Productos de frutas tropicales
F.A.O. , Roma, 1972.
39. Organización de las Naciones Unidas
Uso de evaporadores modelo Centri-Therm de corriente
expansiva y circulación forzada. O.N.U. New York, 1979.

40. Pauline, C., P. & Palmer, H.
" Fruits and Vegetables "
Food theory and applications
Jonh Wiley and Sons, U.S.A., 1972 , p.p. 266-315.
41. Py, C.
" La piña tropical "
Editorial Blume, Barcelona, España, 1968.
42. Pantastico, E., B. & Subramanyan
" Post harvest physiology handyling and utilization
of tropical and subtropical fruits and vegetables"
The AVI, Pub. Co. Inc. U.S.A. 1975.
43. Potter, N.
" La ciencia de los alimentos "
Edutex, S.A. México, 1978.
44. Rodríguez, M., A., M.
"Enfermedades Postcosecha en Piña"
Tesis profesional Licenciatura, Ingeniero Agronomo.
Universidad Autonoma de Chapingo, 1980.
45. Romero, S., M.
" Utilización de la cáscara de piña para producir alcohol
etélico al que se le pueden dar diversos usos"
Tesis profesional Licenciatura. I.B.Q.
Escuela Nacional de Ciencias Biologicas, IPN, 1981.
46. Schultz, H., W.
" The chemistry and physiology of flavors, Pineapple
Flavors Symposium on food "
The AVI, Pub. Co.Inc.Wesport Corn. 1967. p.p. 450-459.

47. Sidel, J., L. & Stone, H.
Experimental design and analysis of sensory tests
Food Technology 54 (11) : 51-55, 1976.
48. Swartz, M., & Puria, T., E.
Special sensory panels for screening, new synthetic
sweeteners.
Food Technology 54 (11) : 51-55 , 1969.
49. Tellez. G.,J. & Pérez, S., A.
Uso y aplicación de la cromatografía en fase vapor
Subdirección general de capacitación y desarrollo pro
fesional .
IMP. 1985.
50. Treybal, R., E.
"Operaciones de transferencia de masa"
Mc. Graw Hill, México, 1980, capítulo 6.
51. Troy, A., S. & Eugene, H., M.
Determination of dextran with anthrone
Analytical Chemistry, 25 (12) : 1656 - 1661, 1963.
52. W., Koyod, H. & S., Kristensen
Prospects and possibilities in application of membrane
filtration systems within the beet and cane sugar indus
try.
Sugar Technology Reviews, (9) : 59-117, 1982.