



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

**EFFECTOS DE LAS CONDICIONES DE PROCESO
EN EL ASPECTO ORGANOLEPTICO
DEL CAFE SOLUBLE.**

T E S I S
Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a :
MIGUEL ZAVALA RODRIGUEZ

México, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS 1978
DE M.C. ~~4440~~
FECHA _____
PROC. _____

4440
440



A MIS PADRES:

CON ADMIRACION Y CARIÑO
POR SU EJEMPLO Y CALIDAD
HUMANA.

MI AGRADECIMIENTO AL ING.
ENRIQUE GARCIA G. POR LA AYUDA
BRINDADA EN EL DESARROLLO DEL -
PRESENTE TRABAJO.

MI AGRADECIMIENTO AL ING.
JACOBO NAZAR B. POR SU CO
LABORACION EN EL DESARRO-
LLO DEL PRESENTE.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA.

Presidente: ENRIQUE GARCIA GALIANO
Vocal: CUDBERTO RAMIREZ CASTILLO
Secretario: ROBERTO ANDRADE CRUZ
1er. Suplente: GILBERTO VILLELA TELLEZ
2do. Suplente: GENOVEVO SILVA PICHARDO

Sitio donde se desarrolló el tema:

CAFES DE MEXICO, S.A.

Sustentante: MIGUEL ZAVALA RODRIGUEZ

Asesor del Tema: ENRIQUE GARCIA GALIANO.

Supervisor Técnico: JACOBO NAZAR BOLIVAR.

I N D I C E

Pág.

INTRODUCCION

CAPITULO 1	GENERALIDADES	1
CAPITULO 2	SELECCION DE LOS CAFES VERDES	18
CAPITULO 3	TOSTADO	32
CAPITULO 4	EXTRACCION	58
CAPITULO 5	SECADO	87
CAPITULO 6	EVALUACION ORGANOLEPTICA	136
CAPITULO 7	COMPOSICION QUIMICA	170
CAPITULO 8	CONCLUSIONES	177
	BIBLIOGRAFIA.	179

INTRODUCCION

Para preparar una buena taza de café deben cumplirse ciertas condiciones, a falta de las cuales se corre el riesgo de que se destruyan o valatilen los principios que proporcionan a la bebida sus cualidades organolépticas.

Esencial para obtener una taza aromática y de sabor agradable es evidentemente la naturaleza del café empleado y las condiciones de proceso a las cuales ha sido sometido dicho café.

Es preciso diferenciar un análisis descriptivo de las cualidades organolépticas. El primero es una "especificación" cualitativa y cuantitativa del complejo de propiedades estimuladoras de los órganos sensoriales afectados, es decir, de las cualidades organolépticas. La especificación cualitativa implica por una parte la separación y la identificación y por otra una designación apropiada de las cualidades discriminables y discriminadas por una persona.

Una primera clasificación separativa y las designaciones correspondientes se efectúan con los órganos afectados: gusto, olfato y tacto. No hay problemas con los elementos del "gusto". Se pueden seleccionar fácilmente "testigos" cualitativos del amargor y de la acidez. Por el contrario la separación y la designación de los elementos del aroma plantean un problema difícil situándose entre la designación ideal de los estímulos reales y la designación empírica basadas sobre la analogía con fuentes comunes (ejemplo: herboso, terroso), -

sería posible efectuar un análisis y designaciones racionales con la utilización de una serie de "testigos" químicos puros. A partir de tal especificación reproducible y normalizada se podrían reanudar las investigaciones con el fin de hallar una correlación entre estas cualidades del producto presentado a los consumidores y las características del producto tostado y del café verde.

En todas las explotaciones, grandes o pequeñas, en las cuales el café en polvo representa una parte de la producción, los servidores técnicos y comerciales se esfuerzan por fabricar, dentro de los límites de lo posible, un café soluble análogo al café tostado original, en lo tocante al aroma y gusto.

Durante los últimos años ha aumentado considerablemente el número de patentes de invención destinadas a mejorar la calidad del producto final. Se ha tratado sobre todo de mejorar la molienda, la extracción, la recuperación del aroma, el secado y la aromatización del café en polvo. En ningún caso la técnica de secado puede mejorar la calidad del producto final si no se examinan con el mayor cuidado todos los problemas concernientes a la extracción del café, sin omitir sus relaciones con la calidad del café tostado. Es definitivo que la calidad del café soluble depende de las condiciones de proceso al cual ha sido sometido.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

Tecnología de los Cafés Verdes.

Los frutos maduros del cafeto se tratan en los mismos lugares de producción y sufren una serie de operaciones que tienen por objeto despojar a los granos de sus envolturas (pulpa, mucílago, pergamino, piel plateada) y mejorar su presentación. En la práctica industrial existen dos métodos generales de proceso, usados para beneficiar el café, y son los siguientes:

- 1) Beneficio Húmedo.
- 2) Beneficio Seco.

1.- Beneficio Húmedo: En el cual la manipulación de los frutos frescos se efectúa en tres tiempos:

- a) Eliminación de la pulpa (despulpado) y del mucílago (desmucilagínación), lavado.
- b) Secado del café pergamino.
- c) Eliminación de las envolturas internas; pergamino y película ("desparchaje").

2.- Beneficio Seco: Que se resume en dos tiempos:

- a) Secado de los frutos (café en fruto o café cáscara).
- b) Eliminación de las envolturas secas en una única operación mecánica (descorticación).

Recurrir a la vía húmeda es lo normal para los cafés arábica escogidos (México, Centroamérica, Colombia), calificados de milds (suaves) para el comercio internacional, porque este método con más cuidado que el otro confiere al grano un aspecto agradable que valoriza los lotes. Los cafés arábica y otros, que no pertenecen a esta categoría superior, pero sin embargo, tratados por el beneficio húmedo, se califican de lavados (washed).

En cuanto a los cafés tratados por la vía seca se califican como "natural".

Las dos técnicas significan una serie de operaciones cuya sucesión queda indicada en la figura 1.

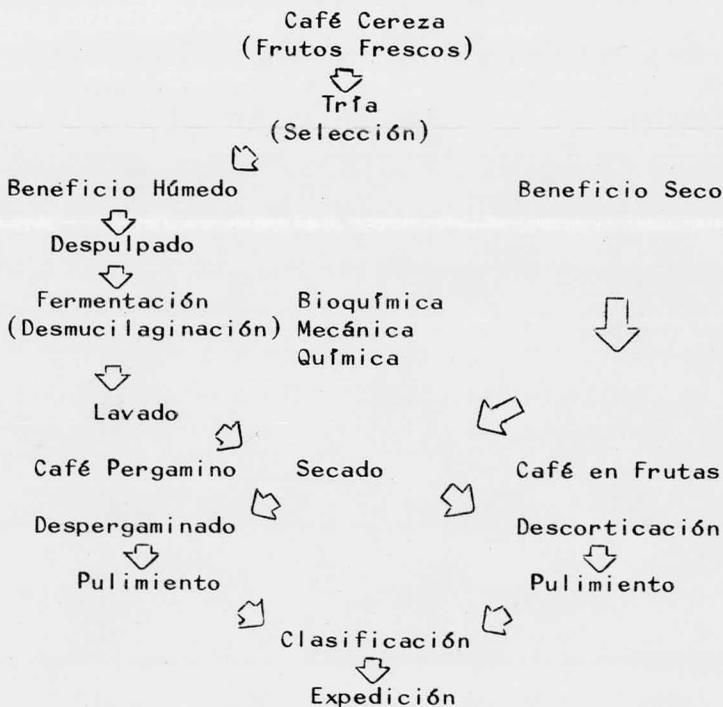


FIG. 1. DIAGRAMA SUMPLIFICADO DE LAS OPERACIONES DE PROCESO DE LOS DOS METODOS DE BENEFICIO DEL CAFE.

Como se puede ver, las últimas operaciones se aplican indistintamente en los cafés obtenidos por los dos métodos. En los dos casos el producto a tratar, el fruto maduro, contiene de 65 a 75% de agua, gran parte de la cual debe ser eliminada en el curso del secado.

Para apreciar las ventajas que presentan cada uno de los métodos de beneficio en las características del grano, se hará una comparación entre ambos.

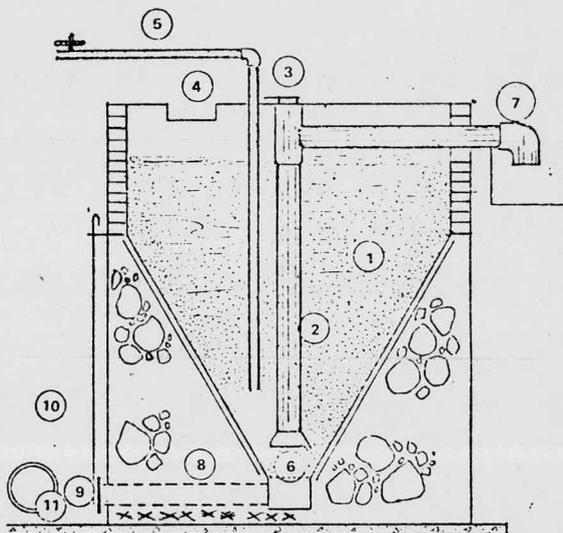
2) Beneficio Húmedo:

Recibo de la Cereza - La entrega de la cereza se hace por lo general en las últimas horas de la tarde; de ahí que convenga tener un lugar apropiado para recibir el volumen total de la cosecha diaria de manera que pueda conservarse sin fermentar hasta el momento del despulpo.

No debe dejarse la cereza en costales, canastos o simplemente amontonada por mucho tiempo, porque se corre el riesgo de que sufra una fermentación prematura, además de que merma considerablemente su peso. Para tal fin se construyen tolvas en donde se conserva en una mezcla con agua.

En los grandes beneficios, a las tolvas de recibo se les conoce con el nombre de sifones Fig. 2. El sifón es un receptáculo que requiere para su operación gran cantidad de agua. El sifón industrial desempeña varias funciones y es de suma utilidad para los beneficiadores que exportan sus cafés. Pequeñas cantidades de cereza deben despulparse el mismo día que se cortan.

SISTEMA HIDRAULICO DE RECIBO "SIFON".



- 1.- Tanque de Recibo en Agua.
- 2.- Tubo Sifón de Fierro.
- 3.- Compuerta Tubular.
- 4.- Salida de Café Vano.
- 5.- Tubería de Agua.
- 6.- Coladera.
- 7.- Salida de Cereza.
- 8.- Dren de Desagüe.
- 9.- Compuerta y Vástago.
- 10.- Registro de Inspección.
- 11.- Dren General.

Figura No. 2

Operación de despulpe - El despulpe es la primera operación mecanizada, y consiste en separar los granos de la pulpa.

Para hacer este trabajo se utilizan máquinas denominadas despulpadoras o pulperos, que consisten de discos o de cilindros, de las primeras hay de 1, 2 y 3 discos generalmente y de 4 y 5 en casos muy especiales, su capacidad promedio por disco es de 800 a 1000 kg de cereza por hora para máquinas movidas con motores eléctricos (Fig. 3).

Por lo que respecta a la despulpadora de cilindro con camisa de cobre, las hay en varios tamaños para diferentes capacidades, según las dimensiones del cilindro y de sus revoluciones por minuto.

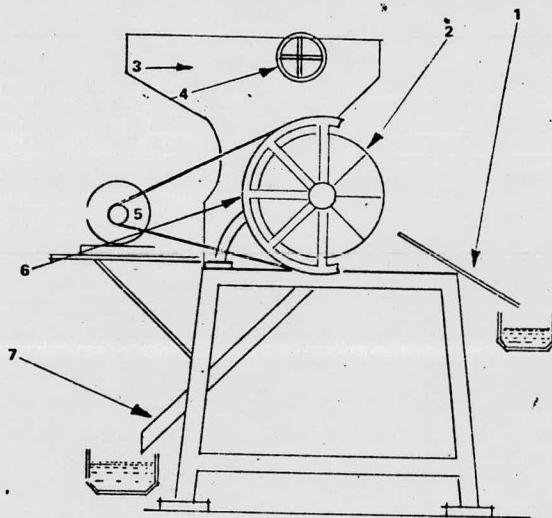
La preferencia que se tiene por una u otra obedece, por lo común, a ideas costumbristas o bien al gusto muy personal de los finqueros.

Remoción del mucílago - A la salida de los despulpadores, el café está recubierto todavía de mucílago muy adherido al pergamino.

Esta sustancia, rica en pectina y muy higroscópica, es un obstáculo para el secado rápido de los granos.

Para separar la sustancia gomosa o mucílago se recurre a la fermentación, o sea el procedimiento natural de solubilización o de digestión de dicha sustancia y el más empleado desde que se inició la técnica del beneficio del café. Sin embargo, en ocasiones se pueden utilizar los siguientes métodos:

ESQUEMA DE
UNA DESPULPADORA DE DISCO



- 1.— Salida del Café Despulpado
- 2.— Disco (s)
- 3.— Tolva de Entrada de Café Cereza
- 4.— Alimentador o Regulador de Cereza
- 5.— Motor Eléctrico o Combustión
- 6.— Poleas (Fija o Loca)
- 7.— Descarga de Pulpa

Figura No. 3

- a) Acción Bioquímica (Fermentación)
- b) Acción Química
- c) Acción Mecánica
- d) Acciones Combinadas: Químico-Mecánicas.

Aparentemente la fermentación es el procedimiento más sencillo, pero encierra, por decirlo así, la clave o sello del producto final, pues este fenómeno tan usual como desconocido en el fondo determina en gran parte la aceptación y precios de los cafés en los mercados.

Un café mal fermentado es consecuencia de dos errores primordiales:

1. Falta de tiempo en la fermentación - Un café - en estas condiciones difícilmente es lavable, - obteniéndose un secado defectuoso y al final, - un café de mala apariencia.
2. Exceso de tiempo en la fermentación (sobrefermentado) - En estas circunstancias los cafés - adquieren un sabor astringente "agarroso", de sabor a "fermento", bajan de modo considerable los rendimientos en la partida y generalmente son rechazados por los catadores.

La repercusión de la fermentación sobre la calidad del café "a la taza" es muy discutida toda vía. Numerosos productores estiman que bien llevada, puede tener una acción beneficiosa sobre la bebida. Las ideas a este respecto han llegado, sin embargo, a aclararse efectivamente, como resultado de ensayos realizados con todo rigor y después de comprobada la bebida por expertos calificadores. -

Se afirma que una fermentación bien realizada, de duración limitada al tiempo necesario para la fludificación del mucílago, no tiene influencia alguna sobre la bebida. La comparación con los mismos cafés tratados con métodos rápidos que excluyen la fermentación, no permite apreciar diferencias. Debe sin embargo, hacerse notar que el sabor ligeramente ácido de la bebida, obtenida de ciertos ca--fés arábica, muy apreciado por los consumidores, - se obtiene mediante una fermentación de cierta duración.

El tiempo empleado en el proceso es muy variable y depende de varios factores como la temperatura ambiente, la ubicación, profundidad e higiene de las pilas o tanques; el estado de madurez de la cereza, la calidad del agua que se utiliza en - el despulpe, el tiempo transcurrido entre el corte y la operación de despulpe, etc., para algunas zonas de México puede tomarse como promedio para la fermentación el siguiente horario:

- a) de 18 - 20 hs. - Rápida
- b) de 20 - 24 hs. - Normal
- c) de 24 - 48 hs. - Lento
- d) más de 48 hs. - Muy lenta.

Para una fermentación eficiente desde el - punto de vista de tiempo y calidad del grano, es - conveniente observar las siguientes reglas:

1. El corte de la cereza debe efectuarse en su completo estado de madurez.
2. No es bueno que la profundidad media de las pilas o tanques de fermentación, cualquier que sea su forma, sobrepase la medida de 1.50 m contando el libre borde.
3. Los tanques deben ubicarse bajo un cobertizo y si es cerrado lateralmente, mejor.
4. Se evitará el empleo de aguas sucias y de mal olor; si el agua es potable, hay que cerciorarse de que no esté sometida a procedimientos de clorinación.
5. Para comprobar con certeza que el café se encuentra en el límite de fermentación adecuado (al que se llama comúnmente punto de lavado), o sea, cuando el café "corta baba". Se tomarán muestras de diferentes partes de la superficie de la pila y a distintas profundidades. Si tomando los granos del café entre las manos, al frotarlos se escucha un sonido parecido al que producen dos hojas de lija o las piedrecillas del río, y al mismo tiempo observando que la sustancia gomosa se desprende fácilmente, ello indica que el café está listo para ser lavado.
6. Si la temperatura ambiente es fría, ocasiona un retraso en el tiempo de fermentación, entonces resulta de gran utilidad calentar la masa y para ello se pone un poco de agua caliente resistente al toque de la mano, se escurre el exceso y se tapa con petates o costales limpios.

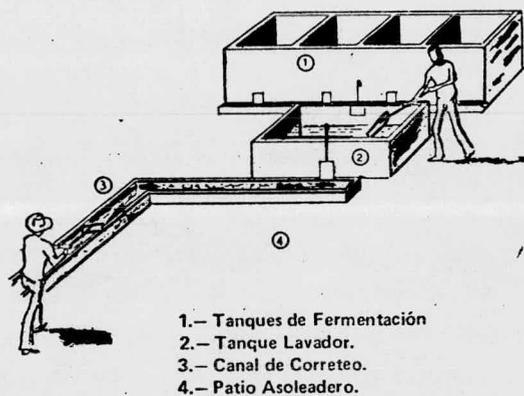


Figura No. 4

ETAPAS DEL BENEFICIO HUMEDO

7. Es también de gran importancia para la buena fermentación del café, observar una limpieza absoluta en las pilas de fermentación después de cada operación; al final de la cosecha se lavarán los tanques con cepillo y abundante agua adicionada con una solución de sosa cáustica al 2%.

El lavado del café - Inmediatamente después de haber pasado por el proceso de fermentación, el café debe lavarse y escurrirse. Fig. 4.

Para el lavado del café es necesario que se cuente con agua suficiente (aproximadamente 400 lts por quintal), y que sea limpia para no dar al café ningún olor o sabor extraño o desagradable, que pueda perjudicar su calidad.

El objeto del lavado es eliminar los productos formados en el curso de la fermentación, los restos de pulpa adheridos todavía al pergamino. Fig. 4.

Secado - En los sistemas más comunes de secado para que el café en pergamino pueda ser embodegado sin riesgo de deterioro o pueda destinarse a un tren de morteo, es necesario quitarle aproximadamente del 43% al 48% de agua con relación al peso total del café lavado y recién escurrido.

Secado Solar - El más generalizado de los sistemas para secar el café es secarlo en un patio conocido también con el nombre de asoleadero o plnilla. La operación consiste en exponer el café a los rayos directos del sol en capas delgadas de 5-

cm. cuando está muy húmedo, y cada vez más gruesas a medida que progresa el secado, removiendo dichas capas con un rastrillo de madera.

Si las condiciones de tiempo y del lugar son favorables, es decir, no hay nubosidad o lluvia, entonces el fenómeno físico del secado puede realizarse para las distintas zonas del país como sigue:

1. Zonas bajas (hasta 600 m) 4 - 6 días
2. Zonas medias (600 - 1000 m) 6 - 8 días
3. Zonas altas (más de 1000 m) 8 - 10 días

El contenido de humedad que corresponde al punto de bodega y trilla oscila entre el 12 y 14%.

Sus principales ventajas son:

a) Su operación es sencilla y por lo tanto no necesita de personas especializadas, con excepción del encargado o "puntero de patio".

b) La fuente de energía es gratuita.

c) No hay peligro de "arrebatar" los cafés. "Arrebatar" es secar rápidamente la periferia del grano sin dar oportunidad a su deshidratación uniforme de adentro hacia afuera. Ello motiva la exudación posterior de agua que lo mancha y blanquea.

d) Un pergamino bien lavado y secado en patio, es de muy buena presentación y facilita su comercialización.

e) Es un sistema propio y recomendable para pequeños beneficios.

Sus desventajas principales son:

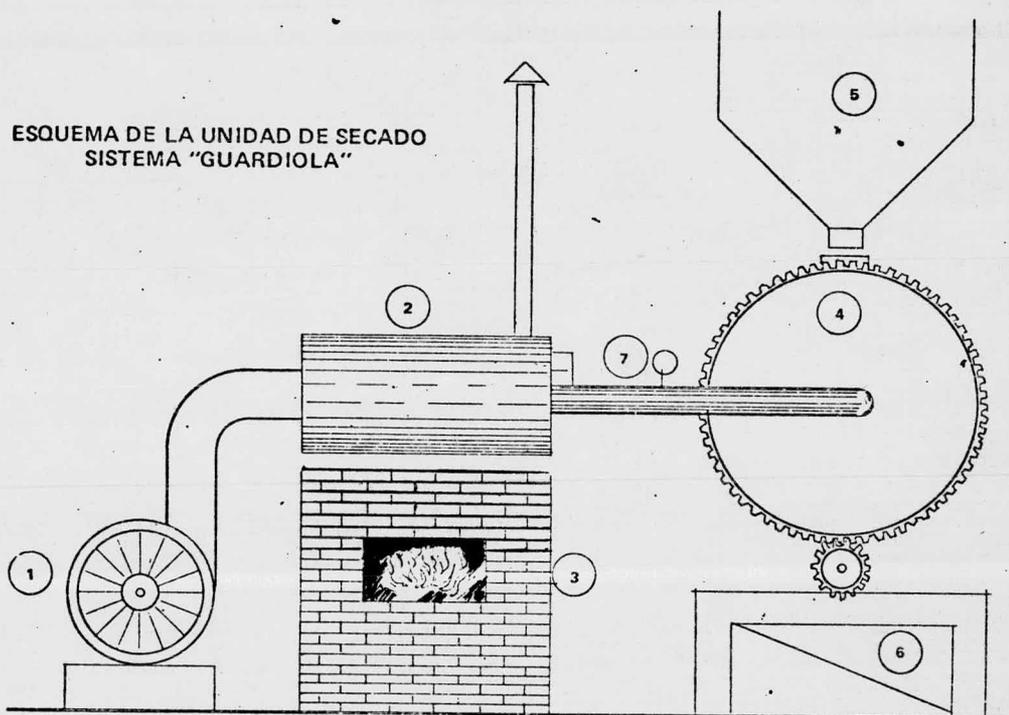
a) Es un sistema muy laborioso para los beneficios de mediana o más capacidad (5000 qq en adelante), es tardado y requiere de mucha mano de obra.

b) Los beneficiadores siempre están supeditados a todos los fenómenos meteorológicos de la región, principalmente nubosidad y lluvias.

El Secado Artificial - Es indispensable en los climas muy lluviosos y cuando el volumen a tratar hace necesaria la aceleración de las operaciones utilizando un secador como el de la Fig. 5. Algunas ventajas del secado artificial son:

1. La operación es programable.
2. Ya que el proceso es más rápido que el secado natural, el tiempo en el que se deteriora la calidad mientras el café está húmedo es menor.
3. La eficiencia del combustible de un secador mecánico oscila entre 40% y 60% comparado contra 7% y 13% obtenible en un secado al sol.
4. Además, se necesita mucho menos espacio comparado con las grandes áreas de asoleado.
5. Se elimina la fuerte inversión en la construcción de la terraza.

ESQUEMA DE LA UNIDAD DE SECADO
SISTEMA "GUARDIOLA"



- 1.- Ventilador
- 2.- Calorífero de tipo Horizontal
- 3.- Hogar para la Combustión.
- 4.- Tambor Secador.
- 5.- Tolva de Carga con Pergamino escurrido.
- 6.- Tolva de Descarga de Pergamino Seco.
- 7.- Termómetro.

Figura No. 5

6. La ventaja más importante que tiene sobre el -
secado al sol, es la disminución de la mano de
obra.

Desventajas.

La principal desventaja que tiene es que el
café puede sufrir una falta de secado o un sobrese-
cado y con esto dañar su cualidades aromáticas y -
sabor.

Con el secado del café, cualquier que sea -
el sistema empleado, para la obtención de pergami-
nos, termina el proceso de beneficio húmedo para -
los cafés lavados.

2) Beneficio Seco -

En este tratamiento los frutos son secados-
inmediatamente después de la recolección. Al térmi-
no del secado, la pulpa o mesocarpio, el mucílago-
y el pergamino o endocarpio constituyen una espe-
cie de cáscara que envuelve los granos y que basta
romper para liberarlos. Este tipo de tratamiento-
requiere de más tiempo. El secado de los frutos -
es más lento que el del café pergamino, pues la -
cantidad de agua a evaporar es muy superior ya que
los frutos frescos contienen alrededor de 60% a -
75% de agua. Si, por ejemplo, es un 65% son apro-
ximadamente 3 kg de agua los que deben evaporarse-
por cada kilo de café comercial.

El secado del café en fruto requiere por lo
menos tantos cuidados como el café pergamino. Los-
riesgos de aparición de fermentaciones nocivas son

mayores, dada la presencia de una sustancia higroscópica, el mofado.

Los frutos maduros se amontonan en patios - libres de tierra suelta, preferentemente en patios de cemento ladrillo o en último caso, de tierra apisonada sobre la cual se coloca un plástico.

La cereza no debe estar en contacto con tierra, lodo, estiércol o cualquier otra impureza que pueda propiciar el desarrollo de malos olores o sabores que deterioren la calidad del grano.

Los patios deben contar con casetas para resguardar el fruto de la lluvia o del "sereno" en todo caso debe tenerse una capa de plástico adecuada para cubrirla.

Secado - El fruto amontonado puede durar hasta dos días, tiempo mas que suficiente para que exude y elimine agua y materias azucaradas. Posteriormente el fruto se extiende en el patio formando capas delgadas de 10 cm. Sobre ellas se pasa un rastrillo o paleta de madera para mover periódicamente la masa.

Diariamente el fruto se junta por la tarde se amontona y se tapa con plástico para protegerla de la lluvia. A medida que el tiempo pasa, el grosor se va reduciendo para llegar a 5 cm.

En nuestras condiciones, a los 10 días de iniciado el proceso de secado, las cerezas tienen el aspecto de "pasas" secas de color café oscuro a negro. El contenido de humedad del grano es de alrededor de 20% y en dicho estado pueden almacenarse

narse por un período corto sin riesgos importantes.

De proseguirse el secado, a los 15 días la masa de cerezas ha sufrido mayor deshidratación y el contenido de humedad en el grano puede haberse bajado a 10% y 12%. En estas condiciones el café-capulín seco puede trillarse con relativa facilidad.

En estas condiciones es posible obtener un café libre de daños (sobrefermentado, mohoso, sabor a tierra) que debidamente limpio y clasificado puede venderse a buenos precios en el mercado.

C A P I T U L O II

SELECCION DE LOS CAFES VERDES

Los cafés verdes tienen principalmente su origen botánico en dos especies muy diferentes: - Café arábica y Café canéphora, la primera cultivada casi exclusivamente en América; la segunda ampliamente extendida en Africa (y en Madagascar) y explotada, junto con el C. arábica, en Asia (India e Indonesia). Algunas especies menos comunes son cultivadas en los mercados europeos en pequeñas cantidades. Estas son especialmente las Café excelsa y Café libérica.

Cada especie comprende, en sí misma, variedades, formas y tipos que hacen todavía más diversos los caracteres específicos de los granos. A estos criterios botánicos se añaden los anteriores - menos evidentes, que resultan de la influencia del medio ecológico (el terreno algunas veces), las técnicas de cultivo, etc.

Estas influencias, unas de origen genético y otras ligadas al medio, se traducen en diferencias más o menos acusadas en el grosor, la forma, el color de las semillas e incluso en las estructura. Por ello las diferencias pueden aparecer en - cafés recolectados de arbustos de una misma filiación botánica pero procedentes de regiones diferentes.

La técnica de preparación de los cafés, los cuidados dedicados a este trabajo así como a la - conservación de la mercancía antes de su expedi - -

ción, etc., tienen igualmente influencia sobre el aspecto del grano (depellicuado más o menos completo, por ejemplo), y especialmente sobre su color - (exceso de fermentación secado insuficiente o irregular).

En fin, el envejecimiento de los cafés almacenados modifica el tinte de los granos como es bien sabido por comerciantes. Generalmente, la coloración de las semillas se atenúa sensiblemente con el tiempo de conservación.

Desde el punto de vista comercial, la apariencia es extraordinariamente importante. Definen de algún modo al lote, es decir, su naturaleza botánica, su origen geográfico, su modo de preparación, su antigüedad, sus condiciones de conservación, etc.

Ciertamente, siendo el destino del café la preparación de una bebida, podría creerse que es inútil conceder demasiada importancia al aspecto de las semillas.

Pero la necesidad de una buena presentación de los cafés verdes está, sin embargo, justificada. La calificación del producto deriva no solamente de su identidad botánica, sino también, y en gran parte, del cuidado con que el productor ha efectuado la tría (eliminación de los granos de color anormal, y principalmente de los granos negros que dan muchas veces mal gusto a la bebida, de las impurezas y de los trozos de granos que se tuestan mal), el calibrado (del que depende la homogeneidad de los lotes, factor de un buen tostado), etc. y en resumen, la preparación y el acondicionamien-

to.

Añadiremos que la degustación es obligatoria para apreciar las reales cualidades organolépticas de la bebida.

Este doble aspecto de la cuestión lleva a estudiar por una parte los caracteres propios de los cafés, y por otra los defectos que resultan de una preparación más o menos mal realizados o de un almacenado en malas condiciones.

Características Macroscópicas de los Cafés Verdes-

Desde el punto de vista granulométrico, las diferencias al examen macroscópico son muy distintas entre las dos grandes especies cultivadas: *C. arábica* y *C. canéphora*. Las semillas de *C. arábica* son más voluminosas y de una forma más alargada. Su longitud media, en los de origen brasileño por ejemplo, es de 8 a 10 mm; las mejores, provenientes de Colombia o de Centroamérica, tienen corrientes de 10 a 12 mm, para alcanzar hasta 14 y 15 mm en la variedad Maragoype.

Las semillas de *C. canéphora* (Robusta y Kouilou) son más pequeñas (6 a 8 mm) y de forma más redondeada; el surco medio es más rectilíneo que en el *arábica*. Por otra parte, la proporción de granos "caracolillo" hallada en una muestra media es, en general, más elevada en los *Canéphora* (10 a 20%, contra 5 a 10% en el *arábica*).

El grano del *C. libérica* es más voluminoso que el de las especies precedentes (su longitud sobrepasa con frecuencia los 15 mm).

En lo concerniente a la densidad, hay una diferencia bastante marcada entre las dos grandes especies: las semillas de arábica tienen una media de 06, mientras que las de canéphora se sitúan entre 06 y 07 (con el mismo contenido de agua). Independientemente de este factor, de origen genético, la densidad de las semillas puede estar influenciada por el estado de madurez de los frutos en el momento de la cosecha, por los ataques criptogámicos o parasitarios, etc.

El color de las semillas tiene una gran importancia comercial, especialmente en los arábica; y la preparación desempeña un papel muy importante, especialmente la fermentación y el método de secado. Este color varía entre el amarillo claro y el verde, con toda una gama de variaciones intermedias: amarillo paja, amarillo oscuro, amarillo-grisáceo, verde claro, verde azulado, verde bronceado y verde fuerte.

El color dominante de un lote varía con su origen botánico, la naturaleza del suelo de la región productora (presencia o ausencia de ciertos elementos minerales), las técnicas de cultivo (sombreado, fertilización), la preparación (vía seco o vía húmeda, secado natural o artificial, depelliculado, etc.). pudiendo variar además según las condiciones de conservación.

Los cafés arábica lavados tienen en general un agradable color verde, verde azulado o gris azulado, uniforme. Los canéphora son de color menos determinado, con tendencia al grisáceo, en general como consecuencia de un depelliculado defectuoso.

Los defectos de coloración citados (granos cuyo color es claramente distinto del dominante en el lote) pueden tener diversos orígenes (cosecha - realizada antes o después de la madurez), cosecha - de frutos caídos, enfermos o parasitados, falta de cuidados durante la preparación, etc.

El olor del café verde es muy característico y la presencia de granos enmohecidos, fétidos, etc., en un lote se detecta muy bien por el olfato. Todavía se aprecia mejor en el tostado de (granos - hedionados) o en la degustación. Los olores de - moho y rancios aparecen en los casos en que las se - millas están húmedas.

Los olores químicos o de otro tipo pueden - también ser consecuencia de un almacenaje en condi - ciones defectuosas, en la proximidad de materias - malolientes.

Es indudable que el embalado tradicional - del café en secos de yute ordinario, asegura una - protección que no siempre es suficiente y que el - empleo de sacos doble de polietileno sería muy ven - tajoso, por lo menos para los cafés de alta cali - dad.

Principales Defectos de los Granos o Semillas -

a) Defectos de Coloración.

Granos negros (black). Se designa así a to - do grano en el cual la mitad o más es interior o - exteriormente de color negro. Este es el mayor de - fecto de los cafés verdes y ha sido tomado como pa - trón en las escalas de equivalencia.

Las semillas negras dan una bebida de sabor acre, desagradable, generalmente inbebible. En el tostado sufren una pérdida de peso inferior a las otras (13% frente a 18 o 20%) y se distinguen fácilmente por su aspecto carbonoso y mate.

El origen de esta grave alteración debe atribuirse a una fermentación prolongada (frutos amontonados en tierra, mal secado con humedecimientos durante el mismo). En el tratamiento por vía húmeda la presencia de granos negros es rara, salvo si los frutos se han recogido del suelo, o si, en las cubas de fermentación o en los canales de lavado poco limpios quedan granos de operaciones precedentes.

Granos grisáceos. Este color puede originarse por varios motivos: una cosecha antes de la maduración, un comienzo de la fermentación de los frutos amontonados, un mal secado o un humedecimiento por un almacenaje en malas condiciones, etc. Las semillas de este color se consideran no deseables.

Granos rojizos (foxy). Esta coloración se debe, esencialmente, a un secado artificial demasiado forzado (temperatura demasiado elevada, duración excesiva del secado, o poca movilización de los granos) y afecta muchas veces a los tejidos con cierta profundidad. Cuando es muy superficial puede proceder también de un exceso de fermentación.

Granos abigarrados (blotshy). Presentan zonas de colores diferentes cuyo origen es un secado incompleto o irregular.

Granos manchados. Las manchas en los granos se deben a la acción sobre los tejidos, a través de grietas y agentes oxidantes. Estas se producen sobre todo durante la preparación (con mayor frecuencia en el despulpado), pero algunas lesiones están provocadas por ataques parasitarios o criptogámicos.

Una fermentación mal realizada en el tratamiento, húmedo, puede dar lugar a manchas. La presencia de manchas blanquesinas, más o menos opalinas, revela un mal secado o un comienzo de germinación (acciones diastásicas).

b) Defectos de Olor y de Sabor -

Granos fétidos (stinkers). Estas semillas desprenden, al cortarlas, un olor pútrido y nauseabundo. Este es, por otra parte, bastante volátil y algunas horas después de haber cortado el grano está ya muy atenuado. Como su apariencia no difiere de los granos sanos, es muy difícil detectarlos. Por el contrario, su mal olor se percibe claramente en el tostado y la presencia de una sola semilla hedionda en un cilindro basta para contaminar todo el contenido del mismo. El sabor se comunica "a la taza y da un café inbebible.

Está ahora bien claro que el origen de estas semillas hendiondas es una fermentación de excesiva duración o el empleo de agua contaminada. Si únicamente hay algunas semillas en el lote, puede buscarse la causa en una cuidadosa limpieza de las cubas de fermentación o de los canales de lavado de los que no se eliminaron todos los granos de la precedente utilización.

Como quiera que sea, la presencia de granos malolientes, con demasiada frecuencia no descubierta hasta el tostado, causa un serio perjuicio al comprador y desacredita el origen del lote.

Granos rancios o ácidos. De color marrón - más o menos oscuro, desprende un olor desagradable cuando se les corta; son consecuencia de una fermentación mal llevada y demasiada prolongada. Comunican a la bebida su sabor.

Granos mohosos ("musty"). Estas semillas - están total o parcialmente cubiertas de moho. Desprenden un olor característico que no desaparece con el tostado y se comunica a la bebida. La presencia de algunas semillas enmohecidas en una bala basta para depreciar la totalidad de su contenido. Tienen su origen en un secado incompleto o en un humedecimiento en los locales de almacenamiento - o durante el transporte (sacos mojados).

c) Granos Anormales, Picados, Fragmentados, Aplastados, etc.

Brisures ("brockens"). Se ha convenido en llamar "brisure" a todo fragmento de grano de un volumen inferior al de un semigrano mediano. El término grano truncado se reserva para los granos a los que les falta un pedazo. Se designa con el nombre de oreja ("ear") a la parte convexa de un haba rota en dos fragmentos siguiendo el surco medio; la otra parte cóncava es la concha. Los fragmentos se originan en un trabajo de preparación - demasiado violento, ya sea por medios mecánicos o por medios tradicionales. Estos fragmentos de gra

no, ya sean debidos a una regulación demasiado cerrada de los aparatos de despulpado o de decorticado o bien a una rotación demasiado rápida de los cilindros, se producen sobre todo cuando el café tratado está demasiado seco.

Las "brisures" se consideran como defectos. En efecto, éstas afectan desfavorablemente la apariencia del café, pero sobre todo, se tuestan más rápidamente que los granos enteros y se carbonizan. Su presencia tiene una influencia desfavorable sobre la calidad de la bebida.

Semillas aplastadas ("crushed beans"). Son granos más o menos aplanados, cuyo surco medio está ampliamente abierto. Se originan en un molido ("pilonnage") demasiado brutal en ese medio rudimentario de preparación, o en un exceso de carga de los decortigadores en el trabajo mecánico. Al revés que las "brisures" las habas aplastadas se producen cuando se trata un café insuficientemente seco.

Granos picados (o escolitados). Los granos picados tienen la superficie más o menos cribada por pequeños agujeros circulares producidos por el escolite del grano (*Stephanoderes coffeae*) y su sección revela la presencia de galerías horadadas por el parásito. Cuando hay un gran número de perforaciones, éstas pueden reunirse y dar al grano un aspecto recortado y roído, muy característico. La entrada del orificio es a veces verde grisáceo.

El citado parásito no es el único responsable de las semillas picadas. Se señalan también el *Araecerus fasciculatus* de Gerr y diversos pará-

sitos que atacan al café almacenado: *Lophocateres pusilus* Klug.

Semillas monstruosas ("Elephant Beans"). - Su presencia no es rara en los arábica, y menos frecuente en los robusta. Se trata de granos deformes, de grandes dimensiones, constituidos por muchos embriones imbricados con el albumen. En un lote, rompen la homogeneidad de grosor de los granos y constituyen también un estorbo para el tostado.

Granos inmaduros ("droughted beans"). Arrugados abortados. Estos granos son de dimensiones inferiores a los normales, planas, con una superficie muchas veces arrugada y de coloración mate. - Proviene de frutos recolectados mucho antes de la maduración o cuyos granos han abortado por cualquier razón (ataques parásitos, régimen pluviométrico desfavorable, carencias nutritivas, etc.).

Las semillas arrugadas pueden provenir de un secado artificial iniciado a una temperatura demasiado alta. Estos granos ejercen poca influencia sobre la calidad "a la taza".

Materias Extrañas -

Cualesquiera que sean los cuidados con que se realicen la cosecha y la preparación de los cafés, es raro que los lotes estén exentos de cuerpos extraños.

Los que se encuentran con más frecuencia son los siguientes: tierra y polvo (llevados por el viento durante el secado), piedrecillas (reco-

lección poco cuidadosa, secado sobre tierra apisonada, etc.), fragmentos de pulpa (despulpado defectuoso), de pergamino (mala graduación de los ventiladores del depergaminador) o frutos secos (gran heterogeneidad en el grosor de los frutos, mala graduación del decorticador), ramitas, trozos de ramas, etc.

La presencia de polvo y tierra se aprecia al manipular los granos y los restos que dejan en la piel. Es fácil eliminar estas impurezas mediante una pasada por la aventadora o por el catador. Las piedras se eliminarán de la misma manera.

Los restos de pulpa (pieles) deprecian los cafés, especialmente los arábica de selección. Se presentan bajo un aspecto más o menos grueso, de color pardo oscuro dan mal gusto "a la taza".

Los restos de pergamino son frecuentemente de pequeñas dimensiones, muy fragmentados; se eliminan mecánicamente (aventadora, catador, escogedor densimétrico, etc.).

Los granos con pergamino o los frutos se consideran como un defecto mayor porque, aparte del desagradable aspecto que dan los cafés verdes, dificultan el tostado.

Las ramitas, trocitos de hojas, fragmentos de madera, etc., se encuentran muy raramente en los cafés bien preparados. Su presencia es también significativa, no solo de una recolección poco cuidadosa sino también de un mal tratamiento, efectuado, por ejemplo, por medios rudimentarios. Estas materias, muy ligeras, se eliminan fácilmente.

mediante un tratamiento mecánico.

Una vez clasificado el grano verde de acuerdo a su tamaño, color y forma, el siguiente paso será hacer una prueba de catación a nivel laboratorio, la cual tiene por objeto determinar su calidad potencial como bebida. Para la catación se tuesta una pequeña muestra, se muele y se prepara una bebida. Los expertos prueban esta bebida y determinan la calidad del café. Se analizan los comentarios de cada persona y se determina si se acepta o no la materia prima.

De acuerdo a su origen cada especie tiene características diferentes, las cuales tienen que ser tomadas en cuenta ya que al momento de procesarlas cada una da características diferentes de sabor y aroma en el producto final. Las especies más comunes son:

Robusta - Esta es una variedad botánica de grano de café comúnmente cultivada en Africa. En México se cultiva muy poco en algunas regiones de Chiapas. Los cafés robusta varían en sabor, pero todos son menos aceptables que los Brasileños y cafés suaves en el mercado mundial. Los robusta tienen la ventaja de dar más fácilmente altos rendimientos de solubles. Una influencia asociada con percolación es la alta concentración del extracto y las bajas temperaturas de proceso. Algunas desventajas son: más alquitrán, las caídas de presión en percolación son más frecuentes. Los robusta tienen 2% de cafeína comparado con 1% de otros tipos de café. Los robusta son menos ácidos que los brasileños y los cafés suaves. Debido a sus altos rendimientos de carbohidratos, los robusta -

tienden a formar espuma en el extracto y en la taza. Esto origina bajas densidades en el secado.

Cuando los robusta son mezclados con cafés-suaves físicamente más duros, la percolación da un desproporcionado rendimiento de solubles de los robusta.

Cafés brasileños - Similar al robusta en dureza física, pero con la diferencia de que los rendimientos de solubles no son tan altos. Son granos suaves especialmente en tostados oscuros. Contribuyen a excesivas caídas de presión. Usualmente se tuestan oscuros en una mezcla con cafés suaves y robustas. Los cafés Brasileños forman más finos en la molienda. Los cafés instantáneos Brasileños son preferidos a los robustas pero inferiores a cafés suaves instantáneos.

Cafés suaves arábica - Esta es una variedad botánica y los tipos cultivados a altas latitudes son usualmente mejores en sabor y comandan los mejores precios. Los cafés cultivados a altas latitudes son físicamente duros y se necesitan más altas temperaturas o más tiempo para la hidrólisis que para los cafés de bajas latitudes. La fuerza del grano esta relacionada con las caídas de presión. Cafés suaves cosechados a bajas latitudes se comportan más como cafés brasileños en el percolador.

Tienen más cuerpo y sabor los cuales se mantienen en un café instantáneo. Son fácilmente distinguibles y preferidos sobre los cafés brasileños.

Cafés cultivados a altas latitudes como el medellín de Colombia o Coatepec de México son preferidos a los cafés de baja latitud como los de América Central por ejemplo.

C A P I T U L O III

TOSTADO

Las cualidades aromáticas y el sabor del café no aparecen ni se desarrollan, sino es bajo la acción de temperatura a la que es sometido en el curso del tostado.

Aparte de las modificaciones que se producen en su aspecto exterior (color y volumen) y su textura durante esta operación, el producto sufre transformaciones químicas y físicas, algunas de las cuales originan el aroma y el sabor especiales y característicos del café.

El tostado de los cafés va precedido de diversas operaciones de limpieza y despolvado, que tienen por objeto eliminar las sustancias extrañas mezcladas con los granos (fragmentos de cáscara, pergamino, piedras, tierra y clavos). Este trabajo lo realizan varios tipos de aparatos, de los cuales los más modernos son los separadores neumáticos.

Los cafés se almacenan a continuación en silos en espera de ser tostados.

MEZCLAS DE CAFES VERDES.

Los factores que controlan la selección de cafés para preparar cafés instantáneos difiere de la selección de cafés verdes empleados en cafés tostados por las siguientes razones:

- 1.- Solo una pequeña fracción del sabor natural a café en la bebida, aparece en la taza de café instantáneo.
- 2.- La solubilización de carbohidratos y proteínas normalmente insolubles las altas temperaturas, las altas concentraciones del extracto, y los largos tiempos de proceso alteran el sabor y la composición del café para dar una bebida diferente a la que se obtiene con un café tostado.
- 3.- El extracto de café precolado, una vez seco, pierde la mayor parte de los aromas y sabores volátiles ordinariamente saboreados en un café preparado de grano, pero se notan aromas y sabores de productos hidrolizados.
- 4.- La hidrólisis forma más y diferentes ácidos que los ácidos naturales perdidos en el proceso.

Las mezclas de café verde para café instantáneo no son todavía tan críticas como las mezclas de café verde para producir una bebida con café tostado. Sin embargo, diferentes mezclas son notables en sabor entre diferentes cafés instantáneos-preparados por el mismo proceso, y los cafés instantáneos acarrean notas características de sabor-provenientes del café de origen.

Los cafés instantáneos preparados con mezclas de café verde de alta y baja calidad, que al probarlos presentan ligeras diferencias en comparación con bebidas preparadas con las mismas mezclas, solo que el café es únicamente tostado. De aquí -

que muchos cafés instantáneos son preparados y vendidos utilizando cafés verdes de bajo precio. Una ventaja del procedimiento del café soluble es que hace posible utilizar cafés verdes de baja calidad y que frecuentemente hacen un café instantáneo de sabor aceptable.

TECNICAS Y APARATOS DE TOSTADO.

Hay dos técnicas de tostado que se distinguen por el hecho de estar el café en contacto o no con los gases calientes o la llama.

El primer método tiene dos variantes: el tostado por aire caliente, que consiste en poner los granos en contacto con los gases calientes producidos por un generador. Y el flameado, en el cual el grano es sometido a la acción directa de una flama. Los dos tipos de tostadores que representan estas operaciones son: para el primer caso, el thermalo, y para el segundo caso, el Jubilee, ambos de la Jabez Burns & Sons, Inc.

En el primer tipo de aparato, que ahora es el más extendido, el aire caliente producido en una cámara de combustión es propulsado sobre el café por un ventilador, y evacuado mediante un sistema de aspiración. Los gases calientes son recirculados sobre los granos a través de la pared perforada de un cilindro el cual está girando más rápido que el grano, con lo cual se obtiene una mejor transferencia de calor de los gases al grano. Con esto se logra un tostado más uniforme del grano y un mejor desarrollo del sabor; también se obtiene un hinchamiento del grano más uniforme, lo que es

indicación de una rápida expansión del grano durante el período exotérmico. Las temperaturas están controladas por diversos aparatos de medida.

La aplicación de esta técnica ha dado lugar a numerosos sistemas y a diversos modelos de aparatos.

Con el "flameado", el café es sometido a la acción directa de una llama producida por la combustión de un gas llevado por una conducción por la combustión de un gas llevado por una conducción al eje de rotación del circuito de tostado. Los granos son removidos activamente por agitadores con el fin de evitar sobrecalentamientos parciales. Esta técnica, aunque menos extendida que la precedente, se utiliza en numerosos países.

El segundo método es el más antiguo. El cilindro que contiene el café, se le imprime movimiento de rotación a mano o con motor sobre un fogón. Esta técnica es cada vez menos utilizada, excepto en las explotaciones familiares.

APAGADO DEL CAFE.

El apagado del café se hace con agua y tiene por objeto enfriar el café tostado más rápidamente, ya sea en un tostador para bache o continuo como se muestra en las figuras 6 y 7. El agua es atomizada por un tubo con perforaciones directamente sobre los granos o sobre la pared exterior del cilindro. En el tostado por bache, una cantidad medida de agua es atomizada. Si el agua se atomiza directamente sobre el grano, la cantidad de agua

puede ser determinada de acuerdo a la humedad residual del grano al salir del tostador. La cantidad de agua también puede ser controlada con un timer-eléctrico, controlado por una válvula solenoide a la cual llega una alimentación de agua con una presión constante.

Cualquiera que sea el método de tostado - empleado, el café se vierte por la abertura del - tambor en una cuba de enfriamiento de 2 m de diámetro y 80 cm de alto donde el calor es removido mediante agitación y sometido a una corriente de aire fresco enviado por un ventilador situado en la parte inferior de la cuba. La temperatura desciende rápidamente y se elimina todo riesgo de sobre-tostado.

POR TANDAS

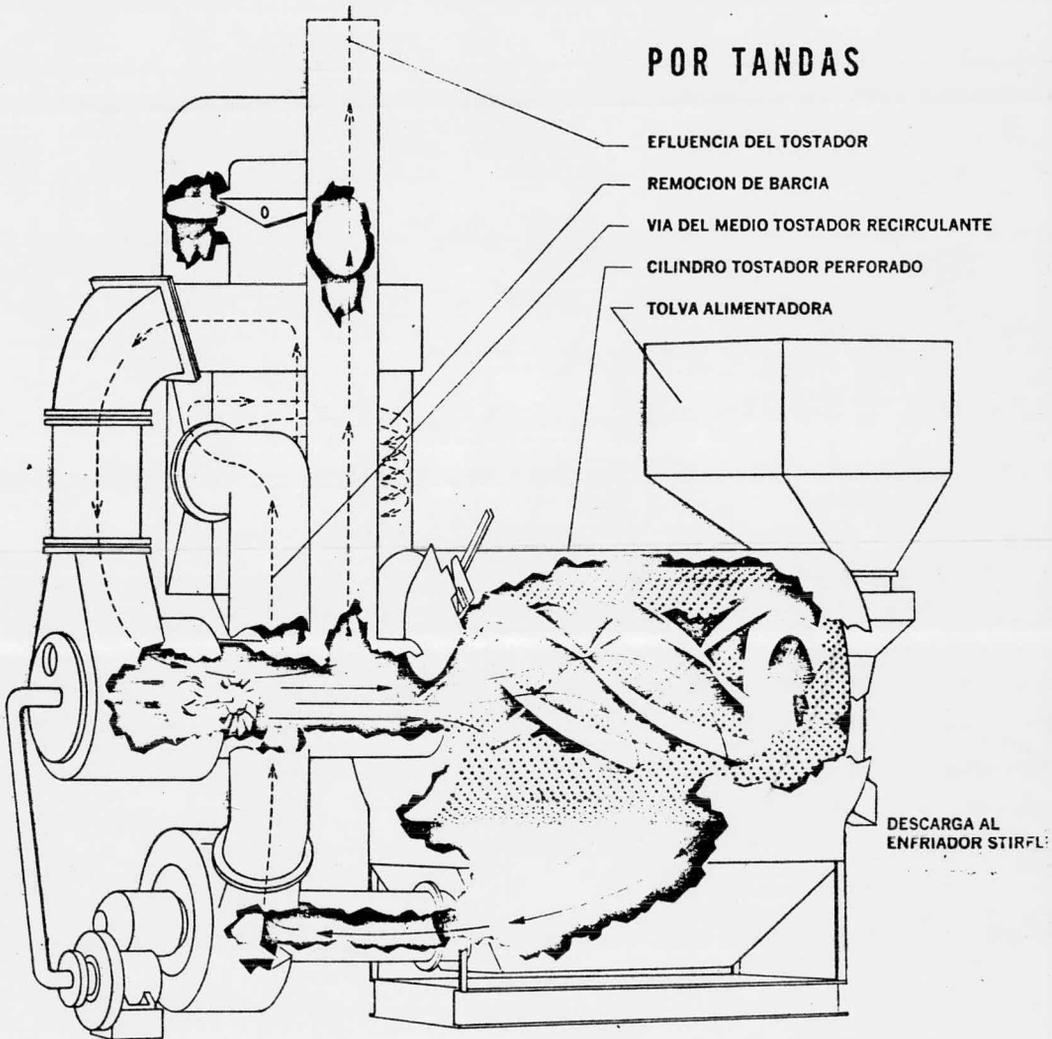


FIG. 6 TOSTADOR POR TANDAS.

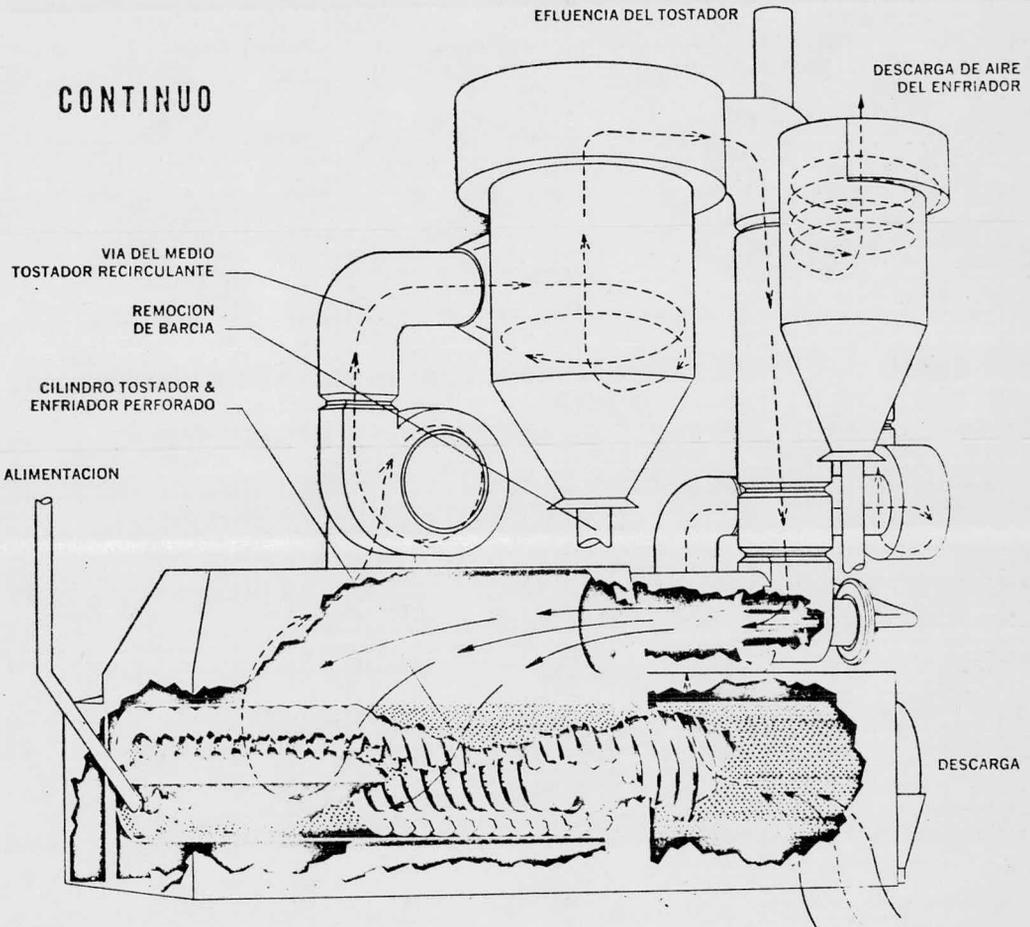


FIGURA 7. TOSTADOR CONTINUO.

PROPIEDADES DEL GRANO DE CAFE DURANTE EL TOSTADO.

El tostado es la etapa relacionada con el desarrollo del aroma y el sabor en el proceso del grano verde. El aroma y el sabor desarrollados son característicos del tipo de grano que está siendo procesado. La manera en la cual es escogido el grano de tostado es dependiente del tipo de tostador usado. No obstante, los cafés verdes varían en sus propiedades físicas y químicas y los cambios químicos y físicos que ellos sufren durante el tostado son similares aunque varían en el grado de tostado. El tostado del grano verde es esencialmente un proceso de exposición a un calentamiento que es suficientemente rápido para eliminar la humedad de las capas superiores. La acción de las temperaturas que van elevándose progresivamente da lugar a las siguientes modificaciones. Hacia los 100°C el color verde de los granos comienza a virar al amarillo. Por encima de 120°-130°C, el grano adquiere un tinte castaño que se acentúa poco a poco hacia variantes pardas más o menos oscuras. En esta fase (150°C) el café comienza a desprender un olor y que recuerda al de los granos tostados, sin que pueda percibirse todavía (o muy poco) su aroma característico. A poco más de 180° C, una pirólisis o una descomposición térmica y cambios químicos, ocurren dentro del grano. En una fracción de un minuto una reacción química exotérmica ocurre (liberación de calor). A esta temperatura los gases de combustión aparecen en forma de volutas blanco-azuladas y se desprenden CO₂ y CO.- Se observa también que el color de los granos vira a marrón y que aumenta el volumen de los mismos. A temperatura más alta, el desprendimiento de gases mas abundante y el color más oscuro. El aroma-

alcanza ahora su plenitud, los granos aumentan su volumen (mas o menos dos veces su volumen original) y en su superficie aparece un exudado brillante - más o menos abundante. Hacia los 270°C , el desprendimiento de humos se acentúa, los granos se ennegrecen y se tornan mates; su volumen ya no aumenta. Hacia los 300°C , son negros, carbonozos, desmenuzables a la más ligera presión; el aroma ha desaparecido por completo. En este estado excesivo de tostado, el café está carbonizado.

Los especialistas sitúan la "zona de tostado" entre 185° y 240°C siendo la temperatura óptima la comprendida entre 210° y 230°C , por encima se inicia el sobretostado.

La temperatura de tostado y los cuidados con que se efectúa, tienen una considerable influencia sobre las cualidades del café.

Al mismo tiempo que proporciona el café sus cualidades gustativas y aromáticas, el tostado provoca algunas modificaciones en el grano.

Primero se registra una pérdida de peso (llamado "pérdida por el fuego"), consecuencia de la evaporación de una gran parte del agua contenido en el café verde, que varía entre el 14 y 23%. Su importancia depende primero del porcentaje de agua del grano verde, luego de su origen botánico, del modo de preparación de las semillas en el lugar de producción de las condiciones de almacenaje, de la técnica de tostado, etc. La elevación del porcentaje de pérdida en el tostado varía de acuerdo con el color de tostado.

El ácido de clorogénico, el cual está presente más o menos en 7 1/2% en el grano verde, y ligeramente menor al comienzo de la pirólisis, cae hasta casi un 4% en el grano tostado.

El pH de los sólidos solubles extraídos a un café verde es aproximadamente 6.0 se reduce gradualmente a casi 5.5 al comienzo de la pirólisis, lo que viene a ser 5.1 en cafés suaves tostados. Este proceso es sustancialmente una destilación seca de materia orgánica descompuesta térmicamente, constituida por el grano de café verde seco. El proceso de tostado es terminado al sabor deseado, el cual es equivalente al grado deseado de pirólisis química y al acompañamiento de pérdida del peso. Esto se guía por lo oscuro del color desarrollado en el punto de tostado. El proceso de tostado también puede ser determinado por la temperatura de los granos los cuales están bajo el control de un sistema de temperatura en el proceso por batches. El punto clave es que el sabor y aroma deseado son obtenidos al grado de pirólisis química deseada (consistente con el tipo de grano verde que está siendo tostado).

La velocidad de pérdida de peso en el tostado ocurre en dos tiempos. En la primera parte la velocidad es lenta, la cual es debido a la evaporación del agua contenida en el grano. La segunda parte es la pirólisis. A la velocidad de desprendimiento de agua; la velocidad de producción de CO₂ se eleva rápidamente. Este punto de transición ocurre al comienzo de la pirólisis que es, aproximadamente a 135°C., o cuando el grano tiene una pérdida de peso de 10% más o menos.

El carácter general del fenómeno descrito - es completamente similar en cafés que difieren tanto como los robusta, medellín, y cafés brasileños. La semejanza en que ocurre no debe ser confundida - con el hecho de diferentes tamaños, tipos, humedades y otros factores presentes en un lote de cafés verde cuando se desarrolle el sabor deseado, que - puede ser más rápido que en otro lote.

ACIDOS VOLATILES.

Polín y Aims reportan que la velocidad de - expulsión de ácidos volátiles alcanza un máximo - durante el tostado y que este punto puede ser considerado como una indicación del punto final de -- tostado. Este método químico de relacionar el pun to final del período de tostado a la velocidad de destilación ácida, o a la velocidad de desarrollo de sulfato dimetílico o a la velocidad de desarrollo de carbonilos, esta en efecto más relacionado con el gusto y el aroma, que al color y temperatura del grano. Esta relación está acentuada hoy, - porque equipos comunes de ionización sensitiva para análisis cromatográfico de gases ha hecho esto- posible. De cualquier manera es un medio de relacionar la composición química desarrollada dentro del grano a los volátiles, lo cual se maneja desde el grano. La curva máxima de acidez es más ins- tructiva en mostrar el cambio de contenido de volá tiles del grano y el hecho de que tomando el tosta do a las diferentes etapas de color del grano, reduce el residuo de volátiles en el grano de acuerdo a como se incrementa el color.

En el caso extremo todos los volátiles se-- rían apartados y solo el carbón sería dejado. Se -

conoce de Miner (1934) que, previo a la pirólisis, el grano de café tiene una acidez máxima pero que tal café no es todavía saboreable. En otras palabras, la pirólisis debe ser llevada a un punto don de hay un balance de productos químicos que mejoren y agraden las sensaciones.

El tostado dentro de cilindros cerrados no permite el escape de volátiles y agua; de aquí que, esto altera el curso del tostado que se hace comer cialmente. El resultado es una bebida muy ácida.- Correlaciones para tostado son mejor hechas en com paración con pérdida de peso, no tiempo. Diferentes cafés dan diferentes velocidades de producción de CO₂. El tostado de proteínas da carbonilos, - los granos mas pequeños y los más quebrados dan un sabor a café más débil y pobre y se producen menos volátiles. La química del proceso de tostado es - compleja, pero vale la pena examinar lo que es conocido a cerca de los cambios en azúcares y otros-carbohidratos, aceites proteínas y minerales.

Sacarosa. Constituye paroximadamente el 7% del café verde. Es alterada a una azúcar simple - caramelizada. La sacarosa primero es deshidratada, hidrolizada a azúcares reductores con la eleva ción de temperatura al punto de pirólisis; luego los azúcares reductores son deshidratados, polimerizados y, parcialmente degradados a orgánicos volátiles, agua y CO₂ (gas). Algunos productos de - la pirólisis reaccionan con proteínas y productos-degradados al formar otras sustancias del café.

Almidones y Dextrinas. Sufren algunas hi-- drólisis a las temperaturas de tostado en presen- cia de agua al producir polizacáridos solubles en-

agua y polizacáridos en la etapa de hidrólisis en la percolación. Una pequeña porción de almidones es parcialmente degradada liberando agua y CO_2 , algunos almidones y dextrina también sufren caramelización e incluso carbonización, dependiendo del grado de tostado.

Pentosanas. Parcialmente descompuestos al producir furfural el cual está en su más alto nivel en cafés tostados ligeramente y puede ser fácilmente identificado por su característico olor a cereal.

Celulosa, Hemicelulosa y Ligninas. Las cuales constituyen respectivamente el tejido fibroso y el enlazamiento de materia de la estructura celular del grano. No son muy afectadas por el tostamiento y son en su mayor parte insolubles en agua, el encogimiento y el hinchamiento de la estructura celular maderosa ocurre con el secado y pirólisis, pero en cuanto a lo que puede ocurrir por hidrólisis o carbonización es pequeño comparado a lo que puede ocurrir a las moléculas más pequeñas de carbohidratos.

La presión del gas interno creado dentro de las células del grano al momento de la pirólisis - (con liberación de agua) ablanda la estructura celular suficientemente al causar el hinchamiento y liberar el gas.

Acidos. Son en su mayoría formados de carbohidratos al sufrir estos una descomposición a ácidos carboxílicos y a CO_2 .

Los solubles del café, antes que un agradable tostado sea efectuado presentan un cambio de PH de 6 a 6.5; una vez que el tostado se ha efectuado, la acidez es más alta, dando un PH de 4.9, pero usualmente es 5.1 con arábicas. Un color oscuro de tostado disminuye los volátiles y la acidez y da a los solubles un PH de varias décimas más alto. En general, un tostado ligero de una bebida más ácida que un tostado oscuro. Los ácidos predominantes son el clorogénico, acético y cítrico. El ácido clorogénico se encuentra en el café verde aproximadamente en un 7% pero casi 1/3 o 1/2 es destruido durante el tostado. Casi 0.4% del café tostado es ácido acético con varias décimas más de ácidos homólogos también presentes. Pérdidas similares en el ácido cítrico y málico también ocurren pero los porcentajes varían un poco con el café y el tostado. La formación simultánea y descomposición de ácidos durante el tostado explica porqué el PH de una bebida de tostado ligero (desagradable) se eleva a un PH de 6 antes de que caiga a su sabor más ácido (tostado ligero pero agradable). Un tostado medio tiene un PH de 5.3 en taza. El tostado para sabores óptimos es obtenido justo antes de que la velocidad de evolución de los ácidos comience a decaer, de lo cual resultaría una acidez menor.

Al comenzar el tostado a temperaturas del grano de 177°C, los ácidos volátiles que se forman, tales como acético y homólogos, fórmico, debido a su bajo peso equivalente, a la larga compensan las pérdidas de acidez causadas por la descomposición del ácido clorogénico. De aquí que la velocidad de formación de ácidos volátiles iguala su libera-

ción del grano, mientras el ácido clorogénico y otros ácidos no-volátiles continúan descomponiéndose. La velocidad de formación de ácidos volátiles se eleva a un máximo, cuando comienza a disminuir al mismo tiempo la velocidad de ácidos que están siendo desalojados, están solo parcialmente influenciados por su velocidad de formación. Ya que la mayor efectividad del sabor ácido está en los ácidos volátiles, el punto más ácido de la bebida es pasado. Es necesario apreciar el hecho de que en la dinámica de la formación de ácidos y en su eventual reducción cada ácido desarrolla una velocidad diferente. La formación de ácidos fenólicos es importante por su contribución de sabor fuerte, más que por su factor ácido. Una complejidad más, es que solo $1/3$ parte de los ácidos no volátiles son solubles en agua, el resto está ligado como sales.

Volátiles. Los volátiles que dan aroma y sabor son formados y retenidos dentro de la estructura celular del grano. Ellos son los productos de descomposición y reacción que constituyen sólo el 0.04% del café tostado. Son, en su mayor parte, aldehídos y cetonas provenientes de proteínas y carbohidratos afectados por efectos de calor con una pequeña pero importante cantidad de sulfitos aromáticos provenientes de ciertas proteínas.

Proteínas. Son hechas insolubles en agua (desnaturalizadas) a temperaturas muy por abajo de la pirólisis, la hidrólisis de cadenas de peptidos libera algunos carbonilos y aminos. El sulfuro de hidrógeno es desalojado en cantidades notables, no obstante queda algún remanente en el grano tostado. Cafés de altura liberan y retienen sulfuro de dime

tilo, un constituyente muy importante en el sabor y aroma de cafés de buena calidad. Pequeñas cantidades de metil mercaptano y sulfuro de dimetilo - también son liberadas de proteínas del tipo sulfuradas. La hidrólisis produce algunos aminoácidos, los olores amoniacales y a pescado provenientes de un tostado muy oscuro se deben a las aminas.

Las partículas insolubles de proteínas son parcialmente asociadas con sustancias grasas, y cuando una bebida es preparada con café tostado, muchas proteínas están como partículas coloidales, que hacen a la bebida turbia. Algunas de las proteínas son más tarde hidrolizadas en el proceso de percolación para dar aminoácidos solubles en agua, tan bien como alquitranes coagulados. El 13% de proteínas en el café verde es suficiente para dar marcadas contribuciones de sabor, producto de su descomposición y de los productos de la reacción de pirólisis.

Cafeína. En su mayoría, no es afectada en el proceso de tostado, excepto por cantidades pequeñas que subliman a 176°C y se acumulan dentro de la chimenea del tostador. Reduciendo la temperatura de tostado, la sublimación es menor, como también es menor en tostados claros. Químicamente la cafeína es estable a temperaturas de tostado.

Trigonelina. La n-metilbetaína o ácido nicotínico contenido en el café verde en 1.1% el mismo porcentaje como cafeína sufre solo un 10% de descomposición durante el tostado.

Aceites. Los aceites en el café están parcialmente insaturados, de aquí que sean suscepti-

bles al rompimiento bajo efectos térmicos en puntos de dobles uniones. El café verde tiene aproximadamente 12% de aceites, que fueron determinados por una extracción con éter de petróleo. Las temperaturas alcanzadas en el tostado no son lo suficientemente altas para causar muchos cambios en el 95% de los aceites. Aceites vegetales naturales son gliceridos; el calentamiento de estos glicéridos en presencia de agua y ácidos produce alguna hidrólisis a la glicerina y a los ácidos grasos. Si cadenas cortas se forman de ácidos grasos volátiles, parcialmente se volatilizarían. Un humo rojizo formado de aceite coloidal es desalojado durante un tostado oscuro. La presencia de ácidos grasos es completamente evidentemente por su acción al reducir la tensión superficial del extracto de café, y producir menos espuma en la taza. El tostado rompe y abre la estructura celular del grano, los aceites coagulan, brotan a través del grano y humedecen la superficie del grano en el tostado oscuro.

Este tostado también tiene una característica de olor aceitoso que uno asocia con aceites vegetales que han sido quemados. Entonces la distribución uniforme del aceite a lo largo del citoplasma del grano verde, forma delgadas gotas de aceite, juntadas en las paredes de la célula en el grano tostado y por tanto el aceite puede moverse continuamente en la pared de la célula por que el citoplasma ha sido destruido. Las células en el grano tostado son cavidades que contienen CO_2 y otros gases volátiles.

Bióxido de Carbono - Este gas no existe en el grano de café verde, es formado durante el tos-

tado y la pirólisis. Cuando menos 1% del grano - verde es arrojado como CO_2 durante el tostado. Untostado oscuro arroja un 2%. Normalmente al CO_2 - es un producto de la descomposición de ácidos carboxílicos por lo que se relaciona a tales fuentes durante el tostado. Como los ácidos formados dentro del grano son desalojados, ellos también sufren descomposición. El grano residual tostado, dependiendo del grado de tostado y si se usa agua de apagado (el agua desaloja CO_2 gas) tiene un 1.5 - 2.0% de CO_2 . El café finamente molido y analizado inmediatamente después de molido tiene cuando mucho la mitad del contenido de CO_2 .

El grano entero de café tostado mantiene mejor su CO_2 que el café molido que tiene mucha más área de superficie para absorber humedad y menor distancia para la difusión hacia afuera del CO_2 . La menor superficie por unidad de peso del grano entero tostado retarda la velocidad de entrada de humedad al grano, la absorción de humedad del grano de la humedad del ambiente o de un líquido atomizado, libera el CO_2 más prontamente.

Minerales - Existen en el café durante el tostado y son separados de sus orígenes orgánicos y catalizados en la reacción de pirólisis. Compuestos fosfatídicos como la lecitina y fosfolípidos, los cuales son la porción coloidal de la bebida, forman algunos fosfatos. Los iones alcalinos, potasio y calcio forman sales con ácidos orgánicos cuando son liberados de su orientación química natural, entonces el tostado cambia el color, tamaño y forma del grano físicamente. Químicamente los cambios pirolíticos alteran los compuestos orgánicos originales a compuestos orgánicos descompues--

tos transformados y reaccionados los cuales ahora incluyen caramelos, ácidos volátiles, carbonilos volátiles y sulfuros. El sabor característico del café ha sido desarrollado en el grano tostado. El calor ha sido usado para desalojar la humedad del grano verde. Al elevar la temperatura los minerales se catalizan y sostienen por sí mismos la reacción exotérmica que ocurre; el proceso es parado abruptamente por un rápido enfriamiento del grano bajo las temperaturas de pirólisis. Toda la humedad libre (casi 12%) es perdida por el grano: más del 4 - 6% en peso de las sustancias químicas (dependiendo del grado de tostado) del grano verde original.

Otro 1% de CO_2 gas remanente en el café tostado permanece después de la molienda. Haciendo caso omiso del contenido original de humedad, el grado de sabor desarrollado y consecuentemente, las pérdidas de peso por el tostado están directamente relacionadas a las pérdidas de peso debido a la descomposición de la materia orgánica seca.

INFLUENCIA DEL GRADO DE TOSTADO.

Hasta aquí los efectos del tostado al desarrollar el sabor y aroma han sido cubiertos en forma general ahora, es conveniente examinar las diferencias que resultan de un tostado claro, medio y oscuro.

El tostado ligero tiene más acidez y de aquí que sean más adecuados para áreas donde se utilicen aguas alcalinas ya que cafés de muy bajo grado tienen características de sabor muy pobres, fácilmente lo revelan en un tostado claro, usual--

mente es mejor tostar estos cafés a un color oscuro para desalojar la mayoría de los volátiles que caracterizan la baja calidad, de la discusión anterior las ventajas de mezclar cafés tostados son evidentes por sí mismas ya que los carbohidratos son hechos solubles en agua en la percolación y esto no se lograría al preparar una bebida en un hogar, el sabor adicional de los carbohidratos necesita ser balanceado por un tostado más intenso.

Hay una relación entre el color visual del grano tostado y el porcentaje de pérdida de peso por tostado. Un tostado entre ligero y medio da un color canela el cual está dentro del rango saboreable, y que tendría como un 12% de pérdidas; un tostado completamente desarrollado de color café intenso pero no negruzco tendría como un 14% de pérdidas en peso; un tostado más intenso el cual es café oscuro con tintes de negro tendría 16% de pérdidas. Sin embargo, tostados especiales, tales como el francés son de color café oscuro con algo de lustre aceitoso en la superficie del grano y tienen casi 18% de pérdidas en peso; el tostado italiano es negro, quemado y aceitoso con un 20% de pérdidas por tostado. En todos los casos se asume que el grano verde contiene entre 10 - 11% de humedad libre.

La cantidad de solubles extraíbles con agua a 100°C variará entre cafés, pero en tostado oscuro reducirá la cantidad de sólidos extraíbles. Por ejemplo, un tostado medio con 14% de pérdidas en peso puede rendir 23% de solubles extraíbles: pero el mismo café tostado a 17% de pérdidas producir solo 21% de sólidos extraíbles en considera-

ción a los solubles hidrolizables los cuales son de interés para la manufactura del café soluble, - estos también son reducidos en un tostado oscuro - usando el mismo caso los solubles hidrolizables - pueden ir de 25% a 22%. En otras palabras, la reducción total en solubles extraíbles e hidrolizables es de 48 a 43%. Esto tiene marcada influencia sobre el rendimiento de solubles obtenidos de los percoladores. Con un tostado ligero se puede obtener en percolación un rendimiento de solubles de 38% mientras que con un tostado oscuro se puede obtener solo un 35%. El grano con un tostado más oscuro ha sufrido más destrucción en las paredes de sus células y en su resistencia estructural, y de aquí que su compresibilidad sea más grande. Por esta razón la compactación y el exceso de caída de presión en el percolador originada por un tostado oscuro son más frecuentes que con cafés con un tos tado claro. Los granos con un tostado oscuro son también más quebradizos y en la molienda la formación de finos es mayor. Estos finos también con tribuyen al bloqueo de las trayectorias del extrac to en el lecho de café molido en el percolador, - con lo cual se provocan altas caídas de presión o más resistencia al flujo del extracto. No obstante que anteriormente se mencionó más pérdidas de peso por tostado, es posible distinguir a "ojo" - hasta 8 colores distinto que van desde un tostado ligero hasta un tostado oscuro que es todavía sabo reable; estos pueden ser referidos como: canela, medio, city, full city, francés e italiano. Los sabores del tostado oscuro son más firmemente lle vados a lo largo del proceso de manufactura del ca fé soluble y con esto dar una mejor degustación al polvo de café soluble.

Como diferentes cafés son usados, o como diferentes mezclas son tostadas, se hace necesaria una continua degustación para controlar el sabor desarrollado producido por un tostado claro u oscuro.

Una mezcla de cafés tostada a un color en el desarrollo del sabor de los cafés que intervienen en la mezcla, lo que no sucedería con un tostado oscuro. La liberación de ácidos grasos en un tostado oscuro y el mantenerlos dentro del extracto y el polvo seco, ayuda a retener más sabor a café a lo largo del proceso de secado y también a reducir la espuma en la bebida.

El uso de agua de apagado adiciona al grano un porcentaje de humedad, lo cual hace que al descargarse del tostador oscurezca la superficie del grano, por lo que entonces las superficies húmedas y secas del grano no son comparables por igualdad de color.

La cantidad de solubles extraíbles e hidrolizables dependerá de la molienda; en el ejemplo dado se utilizó una molienda gruesa. En muestras de café pulverizado, por ejemplo, lo extraíble puede ser 30% o más. Sin embargo para cualquier molienda dada, el residuo celular será más blando para un tostado oscuro y tendrá todavía menos extraíbles que un tostado más claro. La densidad del grano tostado variará de acuerdo al grado de tostado, a la velocidad de tostado y a la humedad inicial del grano verde. La densidad para robustas ya tostados es de 33 a 23 lb/ft³ mientras que para una mezcla de buenos cafés como son 50%-

brasileños, puede variar 23 a 18 lb/ft³. Estas diferencias de densidad se reflejan en el café molido-
usado en percolación.

Cafés de bajo grado con imperfecciones que son graduados pobremente en cuanto a tamaño y densidad no se tostarán uniformemente y algunos granos se quemarán en un tostado oscuro.

El tostado del café es un proceso que, en su mayoría, tiene lugar en ausencia de aire, puede ser comparado con la destilación seca de carbón bituminoso o a madera cuando está siendo convertida en el carbón. Cada café es evaluado por su contenido de sabor y aroma (volátiles químicos) y los resultados están de acuerdo al grado al cual estos volátiles son desarrollados o desalojados del grano de café tostado. El tiempo de tostado, la temperatura empleada, el medio de conducción del calor (radiación, conducción o convección), el medio y la velocidad de enfriamiento, todo esto tendrá algún efecto en el sabor final residual (químico) en el grano tostado. El sabor potencial intrínseco esta contenido dentro del grano; el mecanismo de tostado puede solo darnos lo que hay en el grano. La materia prima no será mejorada por el tostado.

Las propiedades del grano verde que influyen el modo y la velocidad de tostado son el calor específico del grano, humedad, tamaño y forma, calidad del grano, origen, variedad botánica, edad, método de beneficio y secado y algunos otros factores, por ejemplo, granos muy redondos se tuestan más rápido que la forma normal (HEMIELIPSOIDAL) de

bido a su mejor rodamiento en el cilindro, también por el hecho de ser usualmente más pequeños. Cerezas inmaduras y de mala calidad con escasamente - tostadas, apareciendo un color amarillo por lo resistente del grano. Cuando pequeños granos son - mezclados con granos grandes del mismo tipo de café, los granos pequeños se tostarán más oscuros. - Nuevas y recientes cosechas no se tuestan tan intensamente como cafés de más tiempo, secos y de cosechas viejas. La razón es que en un café de edad hay menos humedad. Ya que granos de cafés suaves - son usualmente más densos que los brasileños y también son más pequeños que los cafés suaves, los - cafés brasileños tienden a tostarse más que los - cafés suaves cuando son tostados juntos. Robustas y cafés suaves se tuestan más uniformemente, pero no es un tipo usual de mezcla. Algunas gravedades específicas medidas por Haarer (1962) muestran un rango entre 1.15 y 1.40. Algunas gravedades específicas son:

Café brasileño	1.20
Cafés centroamericanos	1.24
Cafés colombianos	1.27
Robustas	1.18

Estas gravedades específicas varían entre - 0.01 y 0.02 más o menos entre lote y lote.

Es pues que, el tostado es una operación - delicada dentro de los pasos de elaboración del café soluble, ya que le impartirá finalmente las características de sabor, aroma y color que distinguirá una marca o tipo de café.

Molienda.

Después de desarrollarse el sabor del café por el tostado, es necesario para extraer eficientemente los solubles del café tostado y los volátiles los cuales son el aroma y el sabor del café. Los solubles pudieran ser extraídos del grano entero - pero el rendimiento sería bajo y el sabor pobre al moler el café la superficie de exposición es más grande para la liberación de CO_2 y la absorción de agua caliente, mientras que al mismo tiempo las distancias son más cortas del centro de cada partícula a la superficie, con lo cual se reducen grandemente las distancias de difusión para los solubles del café. La exposición de una gran superficie también incrementa la cantidad de sustancias coloidales.

La siguiente tabla presenta una relación - entre el tamaño y número de partículas por unidad de peso.

Tam. de Part. Descrip.	Tam. mm	# de part. x q.	Aum. part/g.	pro. del aum.	Area-Tot. $\text{cm}^2/\text{g}.$
grano entero	6.0	6	-	--	8
grano fragmen	3.0	48	42	1	16
percolación	1.5	384	336	8	32
mediano	1.0	1296	912	22	48
drip	0.75	3072	1776	42	64
fino	0.33	24572	21500	512	128

Los molinos son de varios rodillos ranurados, unos longitudinal y otros transversalmente de

modo que el grano tostado pueda ser fracturado al tamaño requerido para una extracción eficiente; la humedad residual evita la formación de finos que podrían ocluir las columnas de extracción. El café tostado y molido es llevado a unos silos de paso, inmediatamente anteriores a las columnas de extracción. En todos los casos se procura tener el producto almacenado por un tiempo máximo de 12 hrs. para evitar pérdidas de aroma.

CAPITULO IV

EXTRACCION

La extracción de un compuesto de un sólido por medio de un solvente es referido generalmente como lixiviación. La producción de café soluble y la manufactura de azúcar involucra el proceso en el cual se emplea la lixiviación en gran escala.

El tamaño de la partícula del material sólido influencia la velocidad de extracción por una serie de factores como: un tamaño de partícula más pequeño, la gran área interfacial entre el sólido y líquido y, por tanto, la velocidad de transferencia de solubles es más grande.

Sin embargo la superficie no puede ser usada en forma tan efectiva con material muy fino, ya que se puede impedirse la circulación del líquido.

El líquido escogido como solvente tendrá una viscosidad baja para circular libremente. Generalmente, un solvente relativamente puro será empleado inicialmente, ya que la concentración del soluto se incrementará y la velocidad de extracción decrecerá en forma progresivamente. Esto se debe a que primero, el gradiente de concentración disminuirá, y segundo, porque la solución viene a ser en general más viscosa.

En la mayor parte de los casos, la solubilidad del material que está siendo extraído se incrementará con la temperatura para dar una alta velocidad de extracción. Además, el coeficiente de di

fusión se incrementará conforme se eleva la temperatura y con esto mejorará la velocidad de extracción.

VELOCIDAD DE EXTRACCION.

Es posible obtener una indicación de la velocidad de transferencia del soluto, por el material que está siendo disuelto del sólido a la fase líquida, al considerar que una película de líquido en los alrededores del sólido es la principal resistencia de la transferencia del soluto a la masa de solvente.

Esta velocidad de transferencia puede expresarse como:

$$\frac{dM}{C\theta} = K_l A (C_s - C) \quad (1)$$

Donde

A = Area de la superficie.

θ = Tiempo.

C = Concentración del soluto en la solución al tiempo θ .

C_s = Concentración de la solución saturada en contacto con el sólido.

M = Masa de soluto transferido.

K_l = Coeficiente de transferencia de masa.

La ecuación para la concentración en una extracción tipo bache como función del tiempo ha sido sugerida (Richardson and Coulson) Como:

$$C = C_s (1 - e^{-KIA\theta/V}) \quad (2)$$

Donde: V = Volumen total de solución, el cual es asumido como constante.

La ecuación (2) se determinó por considerar que:

$$dM = VdC \quad (3)$$

Y de la ecuación (1):

$$\int \frac{dc}{C_s - C} = \int \frac{KIA}{V} d\theta \quad (4)$$

$$\ln \frac{C_s - C_0}{C_s - C} = \frac{KIA\theta}{V}$$

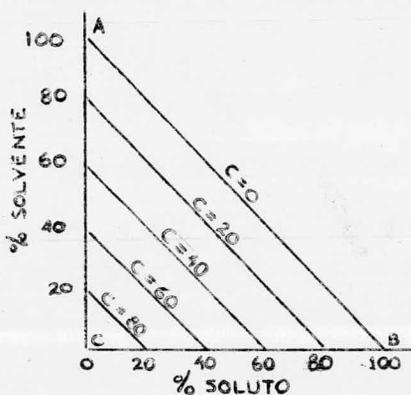
Si se usa solvente puro, $C_0 = 0$, entonces la ecuación (4) queda:

$$1 - \frac{C}{C_s} = e^{-(KIA/V)\theta}$$

Es usual considerar que los componentes de un sistema de extracción son el solvente, soluto y material inerte. El soluto se considera que se distribuye por sí mismo entre el sólido y la fase líquida, tanto que un equilibrio definido existe entre la concentración de soluto asociado con la

fase inerte y la concentración del soluto en la fase líquida. En lugar de emplear una curva de equilibrio se utilizó un diagrama de fases triangular para expresar la relación entre los tres componentes del sistema de extracción.

Cada vértice del triángulo representa el 100% de uno de los tres componentes, inerte, solvente o soluto. (Ver diagrama).



El porcentaje de solvente se mide a lo largo de la línea AC, donde el punto A es el 100% de solvente y el punto C es el 0% de solvente. Los puntos a lo largo de la línea AC solo representan mezclas de componentes A y C, por ejemplo, solvente e inertes. El porcentaje de inertes es mostrado a lo largo de las líneas paralelas a la hipotenusa AB del triángulo, donde ésta representa el 0% de inertes. La línea AB representa mezclas de componentes A y B solamente. Una mezcla compuesta de tres componentes sería representada por un punto dentro del triángulo. Obviamente la suma de los porcentajes debe ser 100%. Por lo tanto, los porcentajes de dos componentes cualesquiera fija la tercera.

La fracción Mol de componentes, asociado con la corriente de sólidos son designados por x y está asociado con la corriente del extracto como y . Por ejemplo, y_A expresaría la fracción Mol del solvente en la corriente del extracto, mientras el soluto en la corriente del extracto sería y_B . Si hubo partículas de inerte asociadas con la corriente de extracto, esto sería y_C . Así, para la corriente de sólidos la fracción Mol de estos componentes sería $x_A, x_B, y x_C$, respectivamente.

En la extracción sólido-líquido existe un equilibrio entre las partículas húmedas saturadas y el extracto libre así como también con los solubles obtenidos por la hidrólisis de compuestos del café que son normalmente insolubles. Este equilibrio es dependiente del tiempo y de la temperatura. De acuerdo con esto el agua debe entrar a la partícula del café antes que pueda formarse el extracto y se difundan los solubles. Las partículas de café tostadas y secas absorben selectivamente agua dentro de estructura fibrosa que actúa como un disecante con lo cual se incrementará la concentración del extracto.

En extracción se pueden definir 3 diferentes procesos:

1. HUMEDECIMIENTO.

Las partículas de café desprenden gas y los intersticios vacíos son humedecidos con extracto caliente. La concentración de solubles se aumenta por la desecación del café del extracto que se está produciendo. La selectividad del agua y la absorción de solubles por la partícula

la de café prepara a éstas para la extracción de solubles. Las partículas más finas retienen ligeramente más la selectividad absorbente del agua.

2. EXTRACCION.

La extracción de los solubles del café ocurre rápidamente después que las partículas son humedecidas con el agua de absorción y los solubles han sido absorbidos.

3. HIDROLISIS.

La hidrólisis en el café molido es, en su mayor parte, el rompimiento de grandes moléculas de carbohidratos insolubles en el agua dentro de pequeñas moléculas, las cuales son solubles en agua. Estas son, en su mayor parte, reducidas a azúcares. Algunas proteínas también sufren hidrólisis bajo estas condiciones.

La hidrólisis es un proceso básico de inversión de sacarosa, almidones y dextrinas solubilizadas en un extracto.

El hecho de que existan tres diferentes procesos en extracción humedecimiento, extracción e hidrólisis, simplemente significa la influencia que cada variable tiene sobre estos tres procesos. Cada variable involucrada en procesos puede ser visualizada, confirmada y probada en la práctica. Los límites de operación en la extracción son competitivos con otros productos procesados en sabor y precio, pero son absolutamente limitados por las leyes naturales, las cuales gobiernan las propie-

dades físicas y químicas del café y el proceso. - La siguiente tabla nos muestra las variables más comunes que afectan las tres etapas de proceso. La tabla 1 es un sumario de las principales variables que están involucradas en el proceso de extracción.

TABLA 1

<u>EQUIPO</u>	<u>Humedecimien</u> <u>to.</u>	<u>Extracción</u>	<u>Hidrólisis</u>
Geometría	- . -	- . -	- . -
Materiales	- . -	- . -	- . -
Mezclas	- . -	- . -	- . -
Tostado	- . -	- . -	- . -
Molido	- . -	- . -	- . -
Agua	- . -	- . -	- . -
Proceso			
Llenado de la columna	- . -	- . -	- . -
Velocidad de ex- tracción	- . -	- . -	- . -
Relación agua-ca fé	- . -	- . -	- . -
Aplicación de calor	- . -	- . -	- . -
Perfil de tempe ratura	- . -	- . -	- . -
Perfil de con- centración	- . -	- . -	- . -
Rendimiento de solubles	- . -	- . -	- . -
Uniformidad del ciclo	- . -	- . -	- . -
Sabor	- . -	- . -	- . -

Como se puede observar estas variables tienen una involucración directa en el proceso completo de la obtención del extracto.

A continuación se presenta un ligera discusión de las variables que son consideradas como las más importantes.

Geometría de Los Percoladores.

Número de columnas.- Un proceso de extracción con una sola columna es un proceso bache. Un sistema de dos columnas es un poco mejor. El agotamiento de solubles es 100% para una sola columna y casi 75% para dos, pero muy poco flexible es la disponibilidad para obtener una alta concentración en el extracto. El agotamiento de solubles en la práctica variará de acuerdo con el diseño de la planta y la forma de operar dicha planta.

El total de solubles presente en el sistema debe ser más o menos de $2/3$ partes del que sería el total si todas las columnas estuvieran llenas con café fresco. El inventario de solubles es gobernado por el perfil de concentración, el cual es afectado por el número de columnas existentes.

La cantidad de soluble presentes en un extracto y que fue obtenido de un sistema con un gran número de columnas, es pequeño; de aquí que la desviación de los equilibrios de operación sea pequeña. La cantidad de columnas del sistema debe ser suficiente para efectuar los tres procesos mencionados a determinada velocidad. La longitud de columnas y el sistema escogido no debe ser tan largo para las condiciones a las cuales se va a emplear debido a que ocurren excesivas pérdidas de presión.

El número de columnas requerido para uso comercial no debe ser menor de 4 ni mayor de 7. El diámetro de la columna es otro factor que hay que tomar en cuenta, ya que con diámetros muy grandes los efectos de dilución en el final de la columna aumentan. Por otro lado se tienen frecuentemente pérdidas de presión causadas por el menor soporte de pared de lecho de café; en pequeños diámetros - (menor de 1 ft) se ocasionan pérdidas en la densidad del lecho, lo que ocasiona más permeabilidad al flujo.

Las pérdidas de calor son menores en columnas de diámetros grandes que en columnas de diámetros pequeños, relativas a su contenido de calor, porque las pérdidas relativas de calor son inversamente proporcionales al diámetro. Estas pérdidas de calor son pequeñas pero aceleran notablemente los perfiles de temperatura y, en consecuencia la capacidad de extracción. Un problema que presentan las columnas de diámetro pequeño es la dificultad para descargar la granza, ya que forman verdaderos anillos que se endurecen y son difíciles de disolver y desalojar cosa que no sucede con columnas de diámetro mayor.

MEZCLAS.

Cambios de mezclas y sus influencias en la extracción pueden ser notadas cuando un 15 a 20% de la mezcla ha sido cambiada significativamente. Este puede evidenciarse en altas o bajas concentraciones del extracto, diferente rendimiento de solubles, frecuentes caídas de presión o formación de espuma.

La sustitución de casi un 20% de café verde de una cosecha vieja por un café verde de una nueva cosecha del mismo tipo que se está empleando puede causar excesivas pérdidas de presión. Un efecto similar será notado cuando se sustituyan cafés tostados muy oscuros, cafés imperfectos, granos suaves, cafés viejos, pretratados o preextraídos (decafeinados), etc.

TOSTADO.

Los límites de tostado son los que marcan el sabor desarrollado por el grano para dar una bebida aceptable; el tostado del café no debe ser ligero (subdesarrollado), ni tampoco quemado (sobredesarrollado). Un tostado ligero le proporciona al grano más densidad y por tanto las cargas son más altas. Con un tostado oscuro el grano se hincha más, de lo que se obtiene cargas más bajas en los percoladores y una concentración menor en el extracto obtenido.

Un tostado oscuro daña más las células, por lo que su estructura residual es más débil y más fácil de ablandarse en la hidrólisis. Un tostado oscuro también produce cafés más finos, los cuales pueden contribuir a progresivos bloqueamientos de la trayectoria del flujo ocasionando altas caídas de presión. Los finos son formados en su mayor parte en la molienda.

Las técnicas de tostado no son efectivas con cafés con sabor medicinal. Su sabor puede ser detectado en la taza en un 5% o menos en una muestra para su degustación. La cantidad de ácidos volátiles presentes en un café oscuro son menores y-

por tanto la cantidad de ácidos será menor, lo -
cual se puede detectar en la degustación de una -
muestra. El rendimiento de solubles es 1 o 2% menor
comparado con un tostado claro.

La extracción de café tostado y molido con grandes espacios intersticiales da como resultado un alto perfil de temperaturas, debido a las grandes cantidades de extracto caliente que se mueven a través de los lechos de café. También se obtienen extractos de baja concentración. Los sabores del tostado obscuro se sostienen mejor en el proceso del café soluble que los sabores de un tostado ligero.

MOLIENDA.

El tamaño al cual ha sido reducido el grano tostado puede discutirse en términos de molienda fina, gruesa y uniformidad del tamaño de partícula.

Una molienda muy fina produce una partícula débil y menor resistente a la compresión bajo los efectos del flujo en la extracción. Los finos son menos elásticos después de que las fuerzas compactantes han sido quitadas. De aquí que los finos son más fácilmente compactados y por lo tanto causan progresivamente mayores elevaciones en la presión que finalmente impide la entrada del flujo.

La gran superficie por unidad de peso que tienen las partículas finas causa más resistencia al flujo. La distancia para la difusión de los solubles es más corta y por tanto más rápida.

Partículas finas incrementan los rendimientos de solubles sin una hidrólisis tan rigurosa y la solubilización es casi inmediata. De aquí que la temperatura del agua sea menos importante, pero todavía es una variable de proceso efectiva. El sabor del café se daña menos porque los tratamientos con calor son más cortos. El sabor producido está más ligado al sabor producido por un café tostado y molido únicamente. La tensión superficial del extracto es reducido debido a la gran cantidad de aceites y ácidos grasos producidos.

La molienda gruesa, por ejemplo un 65%, sobre malla U.S. # 8 expone suficiente superficie interna y acorta las distancias de difusión haciendo la extracción sin tantos problemas de caídas de presión, debido a la gran fuerza estructural de las partículas más grandes de café tostado y molido. Sin embargo una molienda gruesa permite la emigración de partículas finas y esto algunas veces puede causar taponamientos en las trayectorias de flujo. Ya que la percolación es un proceso consecutivo de tres partes, las partículas más finas aceleran la velocidad de humedecimiento pero no aceleran la hidrólisis. De aquí que la velocidad total de extracción es sólo incrementada indirectamente.

La uniformidad del tamaño de partícula dependiendo de la molienda, influenciará el acanalamiento del flujo del extracto en el percolador con café fresco tostado y molido. Las molientes menos uniformes tienden a segregar más durante cargas lentas y por gravedad. Velocidades rápidas de molienda producen más finos.

AGUA.

Las propiedades químicas del agua parecen tener una pequeña influencia perceptible en los procesos de extracción. Aguas alcalinas retardan la velocidad de extracción. En extracciones comerciales la relación agua café es de 4:1. La acidez acelera la velocidad de hidrólisis a temperaturas bajas; esto es deseable, ya que ocurrirán menos reacciones laterales y se producirán menos subproductos.

La principal precaución que se debe tener es cuidar que el agua de proceso este tratada ya que como se están manejando altas temperaturas podría existir incrustación y con ésto reducir la transmisión de calor.

Llenado de la Columna en Café Tostado y Molido.

Los factores que pueden tener efecto en el proceso son la velocidad de llenado, uniformidad de la molienda y, principalmente, qué tan compacto queda el lecho de café. Cargas muy densas reducen los canales de flujo del extracto, cosa que es importante en columnas de gran diámetro.

La compactación del lecho no es muy importante en flujos hacia abajo, pero la cosa es distinta cuando los flujos son en forma ascendente - los finos pueden ser arrastrados del lecho y originar taponamientos en la salida superior. Un lecho flojo presenta problemas de acanalamiento, lo que reduce la eficiencia de extracción y baja la concentración del extracto y el rendimiento de soluciones.

Relación Agua-Café.

Esta relación en su mayor parte gobernada por la concentración de solubles en el extracto obtenido. También es influenciada por la densidad de carga y por los espacios vacíos. Es posible obtener extractos con concentraciones bajas, pero lo recomendable es obtener extractos de altas concentraciones, ya que los problemas que presentan en las etapas siguientes son menores. Si la concentración del extracto no fuera importante, la cantidad de agua y café no serían controladas y esto sacaría al proceso de sus límites de operación. El problema que presenta un extracto con bajas concentraciones es que, al momento de sacarse debe ser evaporada una gran cantidad de agua por unidad de solubles, con la asociación de una gran pérdida de volátiles. De aquí que la cantidad de agua asociada con los solubles debe ser mantenida a un mínimo. Ordinariamente una gran cantidad de sabores volátiles se pierden en el secado (o por los métodos de evaporación de agua), a concentraciones abajo de 25%. Esto entonces, marca los límites de la cantidad de agua que puede ser usada en relación al café, porque el agua que entra al sistema sale únicamente con el extracto obtenido o con la concentración de solubles en el extracto obtenido debe ser lograda por métodos térmicos, tamaño de partícula u otros métodos dentro del sistema percador. La relación agua-café más común es 3:1 o 4:1.

Aplicación al calor.

La temperatura a través del sistema (perfiles) es la más importante variable de proceso, ya-

que su efecto es reflejado en el humedecimiento, - extracción e hidrólisis. La temperatura es una medida intensiva que sólo refleja el calor que entra al sistema y su distribución entre agua, solubles y el café molido fluyendo en dirección opuesta. - La distribución de calor es gobernada por:

- 1) Velocidad de movimiento de agua y café y tiempo del ciclo.
- 2) Pérdidas de calor y adición.
- 3) Calor que entra y sale de cada corriente de proceso.
- 4) Calor de humedecimiento, solución e hidrólisis.

Calor de agua de alimentación. El agua tiene una capacidad calorífica 2.5 veces más que la partícula de café o solubles. El agua en el extracto final usualmente tiene una relación de 2-3 a 1 (agua a solubles).

La contribución de calor del agua en su paso por el sistema es un factor importante del calor que entra. Dependiendo de las pérdidas de calor, tamaño de la columna y tiempos de ciclo, se emplean temperaturas en el agua de (160-170°C).

Calentamiento del extracto entre columnas.- Esta es una forma de introducir calor dentro de la parte central del sistema y permite más flexibilidad en el control del perfil de temperatura. El calentamiento entre columnas hace que la temperatura del agua de entrada sea más baja, con lo cual el -

ablandamiento del café es menor. Afortunadamente, el calor neto que entra marca pequeños cambios en el proceso. El calor es aprovechable en las primeras etapas donde el extracto está más diluido, menos viscoso, menos sabor es manejado y donde están las más altas capacidades caloríficas, por ejemplo, la columna que tiene el café más agotado. La influencia del calor en la columna de café fresco es más marcada en las concentraciones del extracto obtenido. Sin embargo, el calentamiento de un extracto a 30% de concentración puede originar sabores caramelizados.

ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCION.

Humedecimiento de las partículas.

La extracción no puede comenzar hasta que la partícula esté casi en su totalidad húmeda. Si se pone en contacto una partícula de café con un extracto al 20% el extracto no será realmente absorbido dentro de la partícula. La superficie de un grano entero debido a su fina estructura celular y un poco a los diferentes compuestos cerosos no absorbe al extracto tan fácilmente como las superficies de los granos molidos con mayor exposición de la estructura celular. Los canales producidos por el flujo del extracto, causa un by-pass a las partículas, ocluímiento de gases y reducción de la velocidad de humedecimiento. Todo esto produce un extracto de baja concentración. Las partículas de café son humedecidas a través de las paredes de sus células fibrosas. El extracto libre ocupará eventualmente las cavidades de las células.

El equilibrio en el humedecimiento normalmente no ocurre en la práctica, ya que las partículas no son totalmente humedecidas con el extracto. El humedecimiento se logra hasta la segunda columna. La efectividad del humedecimiento se puede ver afectada con extractos de altas concentraciones.

Extracción de Solubles.- La extracción de solubles no comienza hasta que la partícula este casi completamente húmeda, saturada con extracto y libre de gases. Entonces la influencia de factores como el tamaño del grano y uniformidad, carga de la columna, temperaturas y concentraciones actúan para determinar la velocidad de extracción, completarla y fijar los perfiles de temperatura y presión.

Para visualizar donde ocurre la extracción de solubles y su variación, se debe examinar el perfil de concentración. La figura (8) es un diagrama esquemático el cual nos muestra un descenso en la extracción por una gradual caída en la concentración de solubles, después del humedecimiento y comienzo de la hidrólisis.

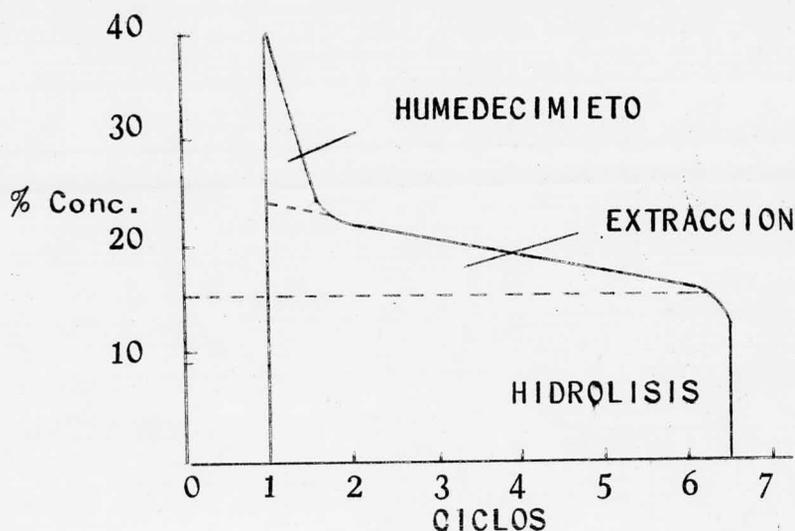


FIG. 8 PERFIL DE CONCENTRACION.

Algunos factores que influyen los perfiles de concentración son:

- 1) Concentración media del extracto.
- 2) Concentración de solubles en la partícula de café.
- 3) La diferencia entre 1 y 2.

La concentración media del extracto depende de los rendimientos y concentraciones formadas en los efluentes.

Las altas temperaturas tienen una marcada influencia en la reducción de la viscosidad del extracto; de aquí que la temperatura es un factor controlante en las regiones de más alta concentración en extracción. La temperatura absoluta también incrementa las velocidades de difusión de so-

lubles y agua, pero este es un factor menos importante que la viscosidad. El mayor driving force para el movimiento de solubles es la diferencia en concentraciones dentro y fuera de la partícula. Una columna con muchos acanalamientos reducirá la eficiencia seccional de la extracción por subsecciones diluciones en el extracto. El driving force para la difusión de solubles de la partícula disminuye su concentración relativa de solubles al pasar una corriente reducida.

Hidrólisis.- La solubilización comercial de almidones con ácidos ha sido empleada por casi 100 años y actualmente sigue siendo muy empleada.- Almidones de maíz y otros granos después de la hidrólisis producen jarabes ligeramente dulces. Como resultado de una hidrólisis ácida moderada se obtiene grandes unidades moleculares, las cuales hacen viscoso el jarabe y también insípido. Los almidones son naturalmente insolubles en agua y son moléculas complejas de azúcares simples llamadas hexosas. Las sustancias celulósicas son aún menos solubles que los almidones, pero son también estructuras fibrosas complejas formadas de hexosas. Las sustancias celulósicas se clasifican de acuerdo a su grado de solubilidad en varios medios. Algunos ejemplos de sustancias celulósicas son: pentosa, xilosa, alfa-hemi y holo celulosas; celobiosa, triosa y tetrosa. La hidrólisis ácida de los almidones y celulosa resulta en pocos subproductos como ácido levulónico y otros ácidos, acetona y otros carbonilos, etc. El agua aumenta el rendimiento de solubles en casi 10% por cada molécula de azúcar formada.

La naturaleza del almidón a la composición-celulósica en diferentes cafés verdes influenciará - la velocidad y productos de la hidrólisis. Física-mente cafés verdes de altura son de estructura más dura, por lo cual requieren un tiempo más largo de hidrólisis, así como también más altas temperatu- - ras o condiciones más ácidas para efectuar la ob- - tención de solubles. Esto no sucede con cafés de- - baja altura o con braziliás o robustas. Cafés vie- - jos, fermentados, decafeinados, pretratados, son - relativamente más blandos y por tanto se hidroliz- - zan más rápidamente, pero no necesariamente produ- - cen altos rendimientos de solubles, no obstante - que con frecuencia producen subproductos como el - alquitrán. De aquí, que la mezcla de granos duros y blandos, sometidos a las mismas condiciones de - hidrólisis sufrirán diferentes grados de ablanda- - miento físico y producirán cantidades diferentes - de solubles.

Hidrólisis ácida.

La producción de solubles por hidrólisis - ácida después del proceso de extracción tiene la - ventaja de que se pueden obtener altos rendimien- - tos de solubles sin problemas de caída de presión- - en los extractores y permite la purificación de - los solubles hidrolizados al formar una sustancia - insípida.

Actualmente se emplean ácidos minerales co- - mo el sulfúrico, clorhídrico y fosfórico. El ácido sulfúrico es frecuentemente empleado por que es - barato y puede manejarse en caliente en la mayor - parte de las aleaciones, lo que no sucede con el - clorhídrico. Sin embargo ambos son difíciles de -



remover al precipitar. El ácido fosfórico tiene - la ventaja de formar fosfato de calcio, el cual es muy insoluble y que al precipitar puede ser eliminado.

Junto con los azúcares reductores y los carbohidratos solubles en agua, los hidrolizados contienen proteínas degradadas y reactivas, aminoácidos, sustancias caramelizadas, furfural, carbonilos y otros volátiles. El contenido y composición de estas sustancias dependerá de las materias primas y las condiciones de hidrólisis. Algunos factores en extracción que impiden el flujo de agua - incrementan el tiempo de residencia de los solubles hidrolizados a la temperatura de hidrólisis, - lo que origina que se formen ácidos, alquitrán y reacciones laterales. Una rápida extracción puede ocasionar problemas en el sabor del extracto obtenido, por lo que es necesario una evaluación sensorial.

Sabores Producidos por la Hidrólisis.

La hidrólisis de solubles y volátiles en el café instantáneo representa una de las mayores diferencias en sabor entre una bebida preparada con - café instantáneo y una preparada con café tostado y molido.

Los ácidos no volátiles formados en la hidrólisis compensan el ácido acético y homólogos - perdidos en el secado.

Perfil de Temperatura.

Este es el reflejo de la distribución de calor, distribución de material, velocidad de flujo y las propiedades térmicas del agua, grano y solubles en el sistema percolador. Incluye pérdidas de calor, calor que entra, de solución, humedecimiento e hidrólisis. Esto nos explica qué pasa en el percolador térmicamente. No obstante el perfil de temperatura no puede ser calculado exactamente pero puede ser calculado con suficiente exactitud - para mostrar significativamente las contribuciones de cada factor en el proceso térmico.

PROPIEDADES DEL CAFE.

Basado en los valores conocidos para otros carbohidratos, se puede emplear un calor específico de 0.4 para el café soluble, tostado y molido, y 1.0 para el agua. Propiedades de mezclas de agua y granos, agua y solubles, tendrán calores específicos proporcionales a las contribuciones por peso de sus componentes.

Los calores de humedecimiento y solución pueden ser despreciados en estos cálculos, ya que son relativamente pequeños. Las pérdidas de calor por columna dependen de:

- 1) Tiempo del ciclo.
- 2) Perfil de temperatura.
- 3) Tamaño del percolador.
- 4) Aislamiento del percolador y tubería.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

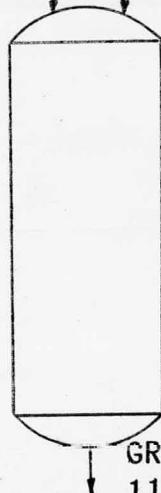
Este es un punto muy importante, ya que aquí es donde podemos observar el comportamiento de nuestro sistema. El balance de materia y energía fija las condiciones a las cuales debe trabajar el sistema, ya que debe existir una relación entre la cantidad de solubles y su contenido de energía con el sabor y propiedades del café, las cuales deben de ser mantenidas necesariamente para obtener una bebida de sabor y olor agradables.

El balance de materia y energía será referido a una columna cargada con café fresco a 80°F y a la cual se le alimenta agua a una temperatura de 345°F. La duración del ciclo es de 40 min. La

temperatura base será 80°F. A esta temperatura -
la entalpía de la mezcla de café-extracto puede -
ser considerada como cero.

AGUA 1500 Lb.
T = 345°F

CAFE FRESCO
500 Lb.
T = 80°F



EXTRACTO 900 Lb
CONC= 26%
T = 200°F.

GRANZA
1100 Lb.
T = 342°F H₂O = 24%

FIG. 9 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN EL EXTRACTO.

Nota: Tanto el balance de materia como el de energía, son referidos a 40 min. tiempo que dura un ciclo de producción de café soluble - en un percolador. La temperatura base es - 80°F.

Calor de agua de entrada.

$$T = 345^{\circ}\text{F} \quad C_p = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}}$$

$$Q_w = 1500 \text{ lb} \times 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}} \times (345 - 80) = 397,500 \text{ BTU.}$$

Calor del extracto.

$$T = 200 \text{ } ^\circ\text{F} \quad C_p(\text{café}) = 0.4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

$$Q_1 = \text{Calor del extracto} = 224 \text{ lb} \times 0.4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (200 - 80).$$

$$Q_1 = 11232 \text{ BTU}$$

$$Q_2 = \text{Calor de agua} = 666 \text{ lb} \times 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (200 - 80)$$

$$Q_2 = 79920 \text{ BTU}$$

Calor contenido en la granza.

$$T = 340^\circ\text{F}$$

$$Q_3 = \text{Calor del café} = 264 \text{ lb} \times 0.4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (340 - 80)$$

$$Q_3 = 27456 \text{ BTU}$$

$$Q_4 = \text{Calor de agua} = 836 \text{ lb} \times 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (340 - 80)$$

$$Q_4 = 217360 \text{ BTU}$$

Del balance total de energía.

$$Q_w = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$397500 = 11232 + 79920 + 27456 + 217360$$

$$397500 = 335968$$

= 61532 BTU, que son referidas como pérdidas por radiación.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.

La temperatura es la variable más importante, ya que controla al proceso y además controla la viscosidad del extracto. Temperaturas arriba de 170°F son necesarias para efectuar un rápido humedecimiento de la partícula de café y con extracto de casi 20% de solubles. Entonces la viscosidad del extracto pasando sobre las partículas de café, controla la velocidad de difusión de solubles fuera de la estructura celular de la partícula. La temperatura es el único factor que gobierna la velocidad de hidrólisis. Un incremento de varios°F en la temperatura de hidrólisis puede incrementar el rendimiento de solubles en un 10%.

El control de la temperatura del extracto a través de los cambiadores entre columnas, es un camino efectivo para incrementar la concentración del extracto.

Perfil de concentración.- La concentración de solubles en el extracto que fluye de una columna a otra es, en cada punto del sistema, un reflejo del humedecimiento, extracción e hidrólisis que ha sido efectuada. No sólo refleja la influencia de la temperatura, sino que también son tomadas en cuenta la molienda, mezcla, tostado, relación agua café, velocidad de proceso, diseño del sistema y de las columnas y rendimiento de solubles. El perfil de concentraciones es en muchos casos un duplicado del perfil de temperatura, ya que están rela-

cionados por medio del balance de materia y energía. Por ejemplo, cuando las concentraciones son altas en la columna con café fresco, las temperaturas son bajas.

Influencia del extracto obtenido.- La única variable que en una gran extensión, controla la concentración de solubles en el extracto, es el peso del extracto obtenido en relación al peso del café (T y M) empleado por columna. Una gran cantidad da extracto de bajas concentraciones porque la cantidad de agua que se está moviendo a través del sistema es mayor. Los perfiles de temperatura son altos, el inventario de solubles es bajo y el sabor del extracto es bueno.

Dependiendo de las condiciones existentes en el proceso de percolación, la reducción en el peso del extracto obtenido algunas veces permite elevar la concentración al mismo rendimiento. Cuando se reduce la relación extracto-café (T y M) y tiene a veces un pequeño efecto en la elevación de la concentración del extracto.

SABOR Y AROMA.

Después de haber hecho una descripción de los factores de proceso, quedan los factores claves de sabor y aroma del extracto final obtenido.- A pesar de frecuentes cualidades inaceptables de sabor en el polvo, el extracto tiene un alto nivel de sabor a café natural. El extracto, no obstante su sabor ligero amargo-ácido, produce una taza de café similar en sabor al preparado con un café T y M. En efecto una bebida preparada con café T y M y filtrada en papel, no tiene coloides y es comple

tamente similar a la taza de café preparada con un extracto. La fuerza del aroma y sabor con características de los cafés, de los cuales han sido preparados. No hay confusión entre el extracto y la bebida, ni tampoco confusión en la identificación de la mezcla, tostado, molienda, que contribuyen a las características del café.

Usando razonablemente una buena mezcla de café, hay aroma y sabor armónicos que se desarrollan en el proceso de extracción. Altos rendimientos de solubles debido a la hidrólisis, hacen una bebida amargoácida. El tratamiento de calor de los sabores del café y solubles en la obtención de altas concentraciones, produce una bebida débil, con sabor la caramelo y con menores sabores característicos. Por otro lado, algunos malos sabores de cafés verdes, serán notablemente suavizados en el proceso de extracción. Sabores medicinales son muy prominentes en el sabor del café. Fuertes sabores en el café (vino) provenientes de cafés naturales relativamente limpios, son deseables y sabores de cafés de tostado oscuro acarrearán el sabor más firmemente a través del sistema.

Los mejores sabores del extracto son los de concentraciones bajas, pero no son consistentes con el acarreo continuo de sabor en el secado.

C A P I T U L O V

SECADO POR ASPERSION

En el secado por aspersion el objetivo es remover la humedad de un producto líquido al formar un polvo de material sólido. Los propósitos del secado son el remover la humedad, reducir el costo de transportación, mejorar el almacenamiento del producto y proveer un producto el cual puede ser utilizado para muchas operaciones de manufactura de alimentos. El uso del secado por aspersion se ha incrementado en recientes años y es el método más importante para secar líquidos a sólidos.

Teoría y Conceptos fundamentales.

Cuando se seca un sólido, ocurren dos procesos fundamentales y simultáneos:

- a) Se transfiere calor al evaporar líquido.
- b) Se transfiere masa como un líquido o vapor dentro del sólido y como un vapor de la superficie. Los factores que gobiernan las velocidades de estos procesos determinan la velocidad de secado.

Operaciones comerciales de secado pueden utilizar transferencia de calor por convección, conducción y radiación, o una combinación de éstos. Los secadores industriales difieren fundamentalmente por los métodos de transferencia de calor empleados. Sin embargo dependiendo del modo de transferencia de calor, el calor debe fluir de la superficie externa hacia el interior del sólido.

La masa de transferida en el secado como un líquido o vapor dentro del sólido y como un vapor de la superficie expuesta. El movimiento dentro del sólido resulta de un gradiente de concentración, el cual es dependiente de las características del sólido.

COMPORTAMIENTO GENERAL DEL SECADO

En el secado de un sólido húmedo con un gas de temperatura y humedad fijada, siempre aparece un patrón general de comportamiento. Inmediatamente después del contacto entre la muestra y el medio secante, la temperatura del sólido se ajusta hasta que alcanza un estado estable. La temperatura del sólido y la velocidad de secado puede incrementarse o decrecer al alcanzar la condición de estado estable. Temperaturas en el interior del sólido seco tenderían a igualar la temperatura del bulbo húmedo del gas, pero aquí el acuerdo sería imperfecto porque retrasa el movimiento de masa y calor. Una vez que esta temperatura acumulada, alcanza la temperatura del bulbo húmedo del gas, se encuentra completamente estable y la velocidad de secado también permanece constante. Este es el llamado "período constante de velocidad de secado". El período termina cuando el sólido alcanza el contenido crítico de humedad. Más allá de este punto, la temperatura de la superficie se eleva, y la velocidad de secado desciende rápidamente. El período de velocidad descendiente puede tomar un tiempo más largo que el período de velocidad constante aún cuando el movimiento de humedad puede ser mucho menor.

La velocidad de secado se aproxima a cero al mismo contenido de humedad en equilibrio el cual es el contenido de humedad más bajo obtenible con este sólido bajo las condiciones de secado empleadas. Las siguientes figuras (a, b, c.) muestran las curvas típicas de secado. La figura (a) es contenido de humedad vs. tiempo, (b) velocidad de secado vs. contenido de humedad y (c) velocidad de secado vs. tiempo. El contenido de humedad vs. tiempo, figura (a), es la forma en la cual los datos de una prueba de secado pueden ser obtenidos.

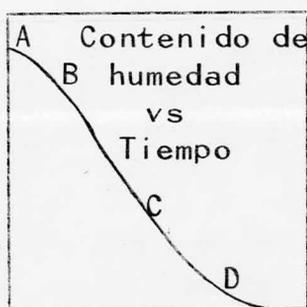


Fig. a



Fig. b

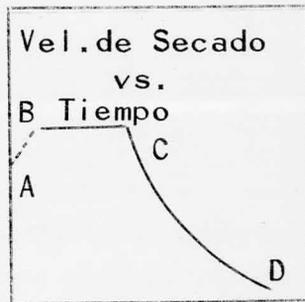


Fig. c

FIG. 10 PERIODOS DE SECADO.

La curva de la figura (a) representa el caso general cuando un sólido húmedo pierde humedad—primero por evaporación de una superficie saturada en un sólido, seguida por un período de evapora-

ción de una superficie saturada de gradual área reducida y finalmente cuando el agua se evapora en el interior del sólido.

No obstante que la figura (a) indica que la velocidad de secado está sujeta a variación con el tiempo o el contenido de humedad, esta variación puede ser mejor ilustrada por las figuras b y c. El período de secado representado por el segmento-AB de las curvas de las figuras, es el período del estado inestable durante el cual la temperatura del sólido alcanza su valor de estado estable.

El segmento AB también muestra como se incrementa o como decrece la velocidad. Durante el período de velocidad constante (segmento BC) la superficie entera expuesta está saturada con agua. El segmento C en la figura (a) es denominado el "1er. período de disminución de velocidad" y como se muestra en la figura b está representado por un continuo cambio de velocidad a lo largo de lo que resta del período de secado. El punto E en la figura (b) representa el punto al cual toda la superficie viene a estar no saturada y marca el principio del segmento del ciclo de secado durante el cual la velocidad de movimiento de la humedad interna controla la velocidad de secado. El equilibrio del contenido de humedad es alcanzado cuando la presión de vapor sobre el sólido se iguala a la presión parcial de vapor en el aire de secado de entrada. Este período representado por el segmento ED es llamado "2° período de disminución de velocidad". El punto C donde la velocidad constante termina y la velocidad de secado comienza a disminuir es denominado el punto de contenido crítico de humedad.

Cálculo del tiempo de secado.

En cálculos comprendidos en secado, la curva de velocidad de secado debe ser considerada en su mayor sección, para los diferentes factores que controlan a lo largo de las diferentes partes de la curva. La velocidad de secado esta definida como:

$$R = \frac{-W_s d\bar{x}'}{A d\theta} = \frac{N_a M_a}{A} \quad (1)$$

Donde R = velocidad de secado $\frac{\text{lb de líquido evaporado}}{h' f^2 \text{ superficie sólida}}$

W_s = peso del sólido lb

\bar{x}' = contenido de humedad del sólido $\frac{\text{lb líquido}}{\text{lb sólido seco}}$

la cual puede ser rearmplada e integrada para obtener el tiempo de secado.

$$\int_0^\theta d\theta = \frac{-W_s}{A} \int_{\bar{x}'_1}^{\bar{x}'_2} \frac{d\bar{x}'}{R} \quad (2)$$

donde \bar{x}'_1 = contenido de humedad al tiempo θ

donde \bar{x}'_2 = contenido de humedad al tiempo 0

Período de velocidad constante.- Para el período de velocidad constante R será constante $A R_c$ y la ecuación (2) puede ser fácilmente integrada a:

$$\theta_c = \frac{-W_c}{A R_c} (\bar{X} \epsilon - \bar{X}) \quad (3)$$

donde $\bar{X} \epsilon$ es el contenido de humedad al final del período de velocidad constante.

$$\frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb sólido seco}}$$

$\bar{X} ;$ = contenido de humedad al comenzar el proceso de secado.

θ_c = tiempo del secado a velocidad constante, hr.

R_c dependerá de los coeficientes de transferencia de masa y energía del medio secante a la superficie del sólido, para:

$$R_c = K_y (Y_i - Y_v) \quad M_a = \frac{h v}{\chi} (T_v - T_i) \quad (4)$$

donde el coeficiente de transferencia se aplica de la interface evaporándose a la masa de la fase gaseosa.

Ya que la cantidad de calor será transmitida por el mecanismo de conducción a través del sólido, convección del gas. y radiación de los alrededores, todo a la superficie evaporante, la velo-

cantidad total de transferencia de calor (G_t) es:

$$G_t = h_v A (T_v - T_i) = h_c A (T_v - T_i) + h_r A (T_w - T_i) + U_k A (T_v - T_i) \quad (5)$$

donde h_c = coeficiente para transferencia de calor por convección del gas a la superficie del sólido.

h_r = coeficiente para transferencia de calor por radiación entre la superficie del material y las paredes de la cámara del secador.

U_k = coeficiente total de transferencia de calor.

T_w = temperatura de las paredes del espacio-secante.

T_v, T_i = Temperatura del gas secante y la interface gas-líquido respectivamente.

Si las paredes de la cámara donde se efectúa el secado están a temperatura de la masa de gas, tenemos:

$$h_u = h_c + h_r + U_k$$

En la mayor parte de los casos el calor transferido por conducción y radiación son menores. El coeficiente total de transferencia de calor es esencialmente un coeficiente por convección y puede ser correlacionado por la siguiente relación:

$$\left(\frac{hv}{6G_v}\right) (N_{pr})^{2/3} = b \left(\frac{D_{gv}}{M}\right)^n \quad (6)$$

Para el secado con aire, resultados experimentales han sido correlacionados por la relación:

$$hv = 0.128 G_v^{0.8} \quad (7)$$

La ecuación (7) es recomendada para determinar el coeficiente durante el período de velocidad constante cuando el medio de secado es aire. En este caso, la temperatura de la superficie (T_i) puede ser tomada como la temperatura de bulbo húmedo del aire.

Período de disminución de la velocidad.

La forma de la curva de secado durante el período de disminución de velocidad es tan difícil de predecir como el contenido de humedad crítica. La forma dependerá, en primer lugar, de la estructura del sólido que está siendo secado y también de la velocidad de secado durante el período constante y del contenido de humedad crítica. La velocidad del flujo de gas, la cual tienen fuerte influencia en la velocidad de secado constante, viene a ser menos y menos importante conforme la velocidad de secado disminuye. Esta importante disminución de la velocidad del flujo de gas resulta del hecho de que la velocidad de secado está con--

trolada más completamente por la difusión de calor y masa a través de los poros del sólido. En muchos casos la curva de velocidad de secado contra contenido libre de humedad durante el período de disminución de la velocidad se aproxima a una línea recta del contenido crítico de humedad al origen. Entonces:

$$\frac{R}{\bar{x}} = \frac{R_c}{\bar{x}'_c}$$

donde el suscrito c se refiere al contenido de humedad crítico. Sustituyendo en la ecuación (2) tenemos:

$$\int_{\theta_c}^{\theta} d\theta = \frac{-Ws}{A} \int_{\bar{x}'_c}^{\bar{x}'} \frac{d\bar{x}}{\bar{x}} \frac{R_c}{\bar{x}'_c}$$

e integrando:

$$(\theta - \theta_c) = \frac{-Ws}{A} \frac{\bar{x}'_c}{R_c} \ln \frac{\bar{x}'}{\bar{x}'_c}$$

Equilibrio del contenido de humedad.

Cuando un material es expuesto a una atmósfera dada en un período extendido, tenderá a obtener un contenido de humedad constante, referido como "el equilibrio del contenido de humedad". Para cualquier temperatura dada el equilibrio del contenido de humedad se incrementará con una elevación de la humedad relativa en el aire. En la práctica es común citar el equilibrio del contenido de humedad de un material para una temperatura dada en un rango de humedad relativa. Pero información más comprensible se obtiene cuando la influencia de la temperatura del aire es también dada.

El contenido de un material en el equilibrio se conoce generalmente como "límite de humedad" y cualquier exceso se refiere como "humedad libre".

El equilibrio del contenido de humedad es muy importante en el almacenamiento de sustancias alimenticias, los cuales en estado seco y bajo condiciones atmosféricas normales, son muy higroscópicas. Esto significa que cuando el material está seco debe ser almacenado bajo condiciones controladas, para asegurar una vida más larga.

Descripción General del Proceso de Secado.

El extracto o producto que se va a secar es atomizado dentro de una cámara de un secador. Las funciones del secado incluyen movimientos, limpieza y calentamiento del aire, atomización y mezcla del líquido en el aire caliente, remover el mate--

rial seco del aire y enfriamiento del producto. - Se pueden emplear diferentes métodos de atomización, pero el más común es forzar al producto por medio de una bomba de alta presión a través de una boquilla la cual dispersa el líquido. Como el producto atomizado es introducido dentro de la cámara de secado, el aire caliente se fuerza a través de la cámara. El aire suministra calor para la evaporación de la humedad y el aire es el medio por el cual la humedad es removida fuera del secador. El aire puede ser forzado a través del secador ya sea a presión o por un sistema de succión. Después del secado, el producto y el aire deben ser separados. El producto es entonces enfriado y empaclado.

Clasificación.

Los secadores por aspersion pueden clasificarse de acuerdo a:

1. Método de atomizar el material.
 - a) Alta presión en las boquillas;
 - b) Disco centrífugo rotatorio;
 - c) Dos sistemas fluidos aire-vapor.

2. Método de suministro de calor
 - a) vapor;
 - b) gas;
 - c) aceite combustible;
 - d) electricidad.

3. Método de calentamiento del aire
 - a) Directo-gas o aceite combustible;
 - b) Indirecto-utilizando platos intercambiadores de calor o serpentines.
4. Posición de la cámara de secado
 - a) vertical;
 - b) horizontal.
5. Número de cámaras de secado
 - a) una cámara;
 - b) dos cámaras principales y cámaras secundarias.
6. Dirección del flujo de aire en relación al flujo del producto:
 - a) contracorriente;
 - b) paralelo;
 - c) ángulo recto.
7. Presión en el secador
 - a) atmosférica (usualmente un poco arriba de la atmosférica)
 - b) vacío.
8. Método de separación de polvo del aire
 - a) ciclón;
 - b) mult ciclones;
 - c) bolsa filtrante.

9. Tratamiento y movimiento del aire
 - a) recirculación de aire;
 - b) deshidratación del aire;
 - c) aire atmosférico convencional empleado y - agotado después del uso.

10. Removimiento de polvo de la cámara
 - a) transportador;
 - b) vibrador;
 - c) transporte por arrastre;
 - d) transporte neumático.

11. Método de transferencia de calor
 - a) convección;
 - b) radiación.

12. Tipo de atmósfera en la cámara de secado
 - a) nitrógeno;
 - b) aire;
 - c) otro gas, usualmente inerte.

13. Posición del ventilador
 - a) presión en la cámara;
 - b) succión en la cámara.

14. Dirección del flujo de aire en la cámara
 - a) hacia arriba;
 - b) hacia abajo;
 - c) horizontal;
 - d) mezclado.

15. Forma de la cámara de secado

- a) silo o cilíndrica;
- b) en forma de caja.

16. Producto a ser secado

- a) café;
- b) leche;
- c) otros productos alimenticios;
- d) detergentes;
- e) productos químicos;
- f) huevo;
- g) otros.

Características de los secadores por aspersión.

La aceptación de los secadores por aspersión se atribuye a sus características favorables, particularmente para la obtención de productos alimenticios y por lo económico de la operación. Las características principales son:

- a) operación continua;
- b) no requiere mucha mano de obra;
- c) puede manejar diferentes productos;
- d) el contacto del calor con el producto es corto durante el secado y removido (es más fácil preservar la calidad que por un sobrecalentamiento).

- e) La eficiencia térmica es baja comparada a otros tipos de secadores.
- f) La operación depende de la gran área de su superficie del producto el cual es obtenido por diferentes métodos de atomización;
- g) La separación del aire y producto después del secado es importante;
- h) La unidad es fácilmente limpiada si se opera apropiadamente;
- i) Las propiedades del producto y la calidad puede ser controlada efectivamente;
- j) Normalmente el producto no esta en contacto con la superficie de secado, sino hasta el secado mismo.

Partes de un secador por aspersion.

Las partes esenciales para un secador por aspersion son:

- 1) Movimiento, filtración y calentamiento del aire.
- 2) Atomización del producto calentado;
- 3) Mezcla del aire caliente con el producto atomizado, para que por calentamiento la humedad sea removida del producto;

- 4) Separación de aire y partículas grandes, - usualmente dentro del secador;
- 5) Separación de aire y pequeñas partículas, usualmente externo al secador.

ASPECTOS GENERALES DEL SECADO

Calentamiento del Aire.

El aire para secado, es filtrado y calentado antes de ponerlo en contacto con el producto - atomizado. La filtración es hecha normalmente por medios mecánicos.

El aire puede ser calentado con un calentador indirecto; tal como vapor, o con una unidad de fuego directo, en el cual los productos de combustión entran al secador. Los combustibles comúnmente usados en este tipo de secado son gas y aceites ligeros, para evitar formaciones de hollín. Las unidades de fuego directo son más eficientes, debido a las menores pérdidas de calor durante la transferencia de éste. Con una unidad de fuego directo, la selección del combustible está basado primeramente en el costo y efecto de los productos de combustión que éste tiene y del producto a secar. Otro efecto que tienen los productos de combustión es que originan un incremento en la humedad relativa del aire de secado.

En el secado del café es necesario vigilar la operación porque de lo contrario pequeñas variaciones en la temperatura de entrada o de salida del aire afectarán algunas propiedades del café, como son la humedad y la densidad principalmente, lo cual tiene un efecto posterior al momento de envasar.

Es necesario también encontrar la forma de una mejor distribución del aire, ya que de lo contrario el calor que entra con el aire no será -

aprovechado al máximo y también para evitar las - pérdidas por caída de presión. La eficiencia de - un secador puede ser mejorada empleando el calor - del aire descargado de la cámara y precalentando - el producto.

ATOMIZACION

El propósito de la atomización es obtener - una gran cantidad de pequeñas partículas con una - gran área de superficie, preferentemente uniforme - en tamaño, generalmente con un tamaño de diámetro - entre 50 y 150 . Con partículas de tamaño uni-- forme se obtiene:

- a) Un producto más instantáneo.
- b) Se reducen las pérdidas de producto.
- c) Menos variación en la operación.
- d) Más eficiencia del secado.

Si las gotas son grandes es más difícil el - secado y se requieren tiempos más largos y más al - tas temperaturas, o ambas. El área de superficie - grande, proporciona una fácil transferencia de ca - lor a la gota y por tanto la eliminación de hume - dad.

El tipo y la eficiencia de atomización afec - tan el diseño de secado (tamaño, temperatura del - aire, tiempo de exposición, velocidad de evapora - ción y eficiencia). La atomización también afecta las propiedades del producto tales como el conteni - do de humedad del aire, densidad, tamaño de partí - cula (rango y promedio) y reproductibilidad. Hay - tres formas principales de atomizado; boquilla de -

presión, disco giratorio y presión. Las figuras 11, 12, 13 son un ejemplo de cada uno de ellas.

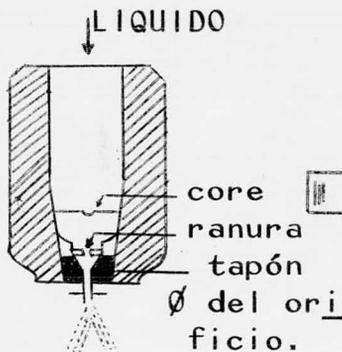


Fig. 11

BOQUILLA
CENTRIFUGA

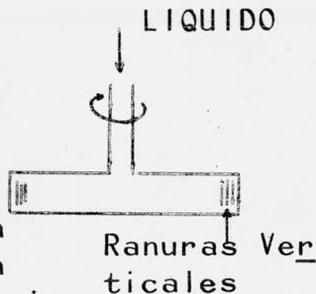


Fig. 12

DISCO ATOMIZADOR

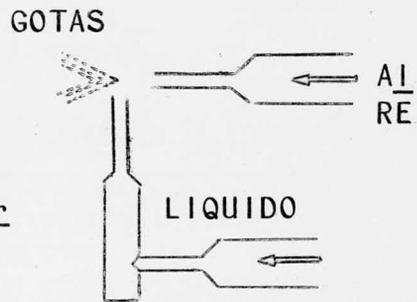


Fig. 13

ATOMIZADOR NEUMÁ-
TICO.

Comparación de los Métodos de Atomización.

Es difícil determinar cual es el mejor método de atomización. El siguiente criterio ha sido sugerido por Marshall y Seltzer. Ellos sugieren que los métodos de atomización deben ser comparados en base a:

- Capacidad en términos de pies² de área de superficie por libra de líquido en un minuto.
- Distribución del tamaño de la gota principalmente.

Por análisis de cada uno de estos métodos, individualmente y en combinación para una aplicación en particular, uno de ellos puede ser supe-

rior. Por consiguiente es imposible decir que un método es superior a otro tan sólo por mayoría de aplicaciones.

El aire administrado al secador puede venir del exterior o del interior de la Planta. De cualquiera de las dos formas el aire debe ser filtrado. Deberá evitarse la administración del aire que esté cerca de caminos u otras condiciones, donde pueda estar presente la contaminación. Una fuente de suministro interna proporciona un aire más uniforme en temperatura.

La eficiencia térmica del aire utilizado en el secador es reforzada por:

- 1) Una alta temperatura de entrada.
- 2) Baja temperatura de salida.
- 3) Alta eficiencia de intercambio de calor por el calentamiento del aire.
- 4) Uso del aire de salida para calentar el aire de entrada.
- 5) Aislar el cuerpo del secador para evitar pérdidas de calor.
- 6) Carecer de fugas de aire.

Alrededor del 6 al 8% de las pérdidas de calor son originadas por radiación en un secador aislado cuando opera a toda su capacidad.

Separación del Aire y Polvo

Para la separación del polvo y del aire, - es necesario contar con un diseño adecuado, ya que de lo contrario el polvo será acarreado por la humedad del aire saliente. Es necesario remover las partículas para obtener un máximo rendimiento del secado con la mayor recolección de polvo y evitar la contaminación del aire de los alrededores de la Planta de secado.

Las formas en que puede separarse el polvo del aire son:

- a). Dentro del secador (Fig. 14)
- b). Fuera del secador (Fig. 15)

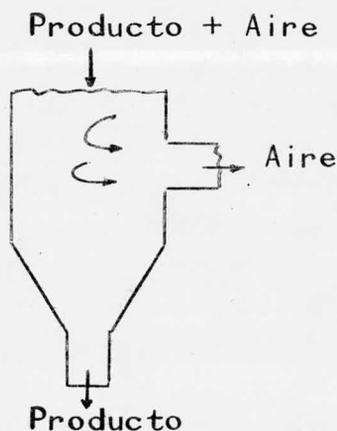


FIG. 14

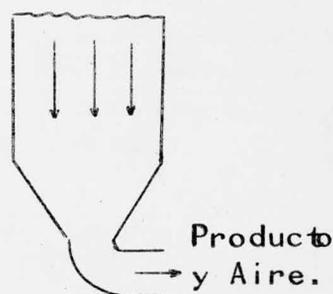


FIG. 15

Las principales variaciones que afectan la separación de polvo del aire son; el tamaño de la partícula, concentración, naturaleza del material y cantidad de producto. En un secador, donde la -

mayor parte del polvo es removida internamente, la cantidad de aire manejado por el sistema de separación será el mismo que para la separación externa, pero la cantidad de producto será mucho menor. La naturaleza o características del producto, tales como grasa, humedad, cohesión y fricción afectan grandemente la eficiencia de separación o colección.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Una vez conocidos algunos detalles de la operación de secado por aspersión, es ahora de gran interés considerar el balance de materia y energía, en el intercambio de calor del aire al extracto evaporado. Esto fija la temperatura del aire de entrada y de salida, así como el nivel de humedad del aire. La fig 16 muestra un diagrama de flujo de balance de materia y energía.

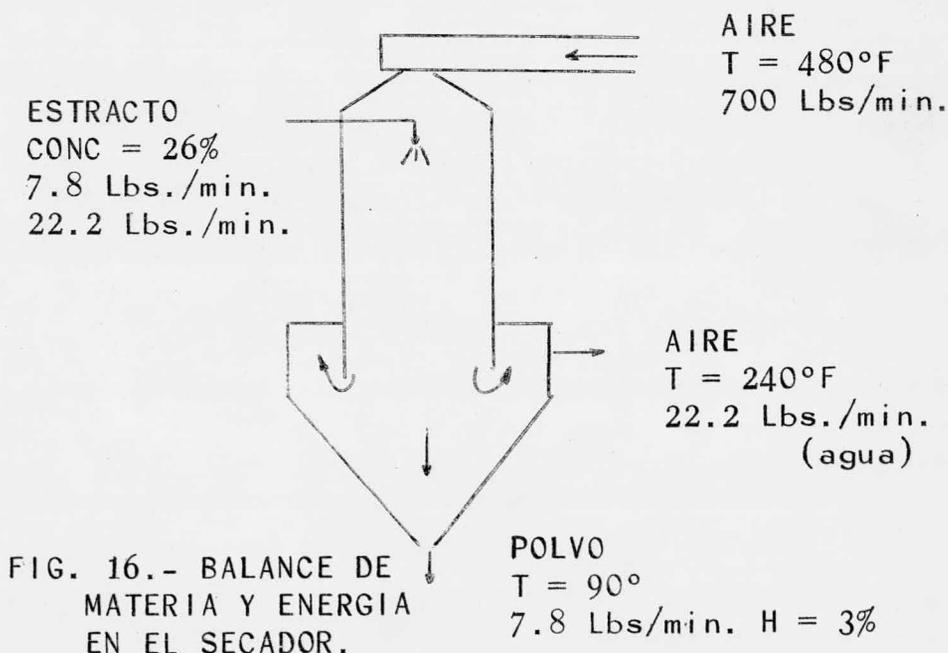


FIG. 16.- BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN EL SECADOR.

Balance de Materia y Energía

Condiciones ambientales	=	80°F 20% H.R.
Temperatura del aire de entrada	=	480°F
Calor administrado	=	Calor aire de secado + calor a vapor
Flujo de aire	=	700 lb/min a 80°F y 20% H.R.
Contenido de humedad	=	0.006 lb agua/lb aire seco
Flujo de aire	=	695.8 lb aire seco. 4.2 lb vapor de agua
Calor (aire seco)	=	Gasto \times C_p \times t 695.8 \times 0.241 \times (480-80) = 67,075.12 BTU/min.
Calor (vapor)	=	Gasto \times C_p \times t = 4.2 \times 0.5 \times 400 = 840 BTU/min
Calor total	=	67915.12 BTU/min

Extracto Sministrado al Secador

Base de cálculo	=	30 lb/min
Concentración	=	26%
Peso de los sólidos	=	7.8 lb/min
Peso del agua	=	22.2 lb/min
Temperatura	=	70°F

Calor Suministrado al Secador de la Combustión de Gas Natural.

Calor	=	67,915.12 BTU/min
Flujo de gas natural	=	3.5 lb gas/min

Peso del Agua Formada por la Combustión

Vapor de agua	=	2.1 lb/lb gas
Vapor total	=	7.35 lb/min

Aire de Salida

Temperatura bulbo seco	=	240°F
Humedad total	=	Vapor en el aire + agua en el extracto + humedad de la com- bustión del gas.
		4.2 + 74 + 7.35
		85.55 lb/min

Calor del Aire de Salida

Calor aire seco	=	$695.8 \times 0.24 \times (240 - 80)$
		336.0 BTU/min
Calor de humedad en el ex- tracto	=	21.534×977
		21039.0 BTU/min (ca- lor latente)
		$21.534 \times (198 - 70)$

$$\begin{aligned}
 &= 2,756.0 \text{ BTU/min (calor sensible)} \\
 &21.534 \times (240 - 198) \times 0.5 \\
 &452.0 \text{ BTU/min (sobrecalentamiento)} \\
 \text{Calor de humedad de combustión.} &= 7.35 \times 0.5 \times (480 - 240) \\
 &-882 \text{ BTU/min}
 \end{aligned}$$

Condiciones del Polvo fuera del Secador

Peso del polvo	=	8.46 lb/min a 3% de humedad
Polvo seco	=	7.8 lb/min
Humedad	=	0.66 lb/min
Temperatura	=	90°F

Balance Total de Materia y Energía

Calor en el sistema	=	67 075.0 BTU/min
Calor aire salida	=	26 830.0 BTU/min
Calor del vapor en el aire	=	396.0 BTU/min
Calor latente	=	21 039.0 BTU/min
Calor sensible	=	2 756.0 BTU/min
Sobrecalentamiento	=	452.0 BTU/min

Humedad de combustión = 882.0 BTU/min (negativo)

Pérdidas (por diferen
cia) = 16 544.0 BTU/min

TOTAL = 67 075.0 BTU/min

PROPIEDADES DEL POLVO

El contenido de humedad del polvo final debe ser de 3%. Si es más alto, las partículas pueden fusionarse al estar almacenadas a la temperatura del Almacén. La densidad del café instantáneo antes de empacarse en frascos, debe ser de 22g/- - 100 ml. Si es mayor o menor no concordará con el volumen deseado en el frasco. Una solución a este problema sería mezclar polvo de baja densidad con polvo de alta densidad. El café instantáneo debe tener solubilidad inmediata, cuando se le agrega agua hirviendo, o solubilizarse en no más de 10 - seg.

Una ventaja que tiene el polvo al estar la partícula más expandida y con paredes gruesas, es que sufre menos rompimientos durante el manejo y - envase. Las partículas rotas no sólo no son deseables físicamente, sino que tienen menos sabor. Esto puede comprobarse probando una bebida antes y - después de romper la partícula. Se encuentran sabores similares con partículas finas y con partícu las grandes, pero con las grandes el sabor es más - natural a café.

El color no es una propiedad crítica del - polvo, pero mucha gente prefiere un color café roji zo. La mayoría de los cafés instantáneos son de - color claro, en su mayor parte debido a los altos - rendimientos de solubles y finos. La fluidez del - polvo es otra propiedad relativa, pero es importan te al momento de envasar, ya que si no fluye bien - el polvo, los frascos quedan incompletos y ésto - puede ocasionar problemas en la línea de empaque.

No obstante la limpieza y claridad de una -
taza de café instantáneo son funciones del extrac-
to que se está secando. El secado contribuye a al-
gunos de los defectos del café instantáneo, tales-
como espuma, sedimentos y puntos flotantes. Las -
partículas quemadas y aglomeradas en el polvo, son
anormales e indeseables. Cuando están presentes -
es porque hay una falla en el equipo, la cual debe
ser corregida. La capacidad para obtener y mantener-
las propiedades del polvo enlistadas, no son fáci-
las de obtener y usualmente se escogen las dos pro-
piedades físicas comercialmente más importantes -
que son densidad y humedad.

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE SOLUBLES

Abajo del 30% de solubles, la influencia de-
la concentración es pequeña, pero entre el 30 y -
35% hay un marcado cambio.

La densidad del polvo se incrementa rápida-
mente con concentraciones arriba del 32%. Con con-
centraciones arriba del 35% se mantienen densida--
des de aproximadamente 22g/100ml., la cual es con-
siderada una densidad ideal. El proceso del café-
soluble forma invariablemente extractos que causan
ligeras densidades, lo cual puede ser resuelto con
un extracto concentrado, pero un extracto muy vis-
coso ocasiona altas densidades, resultando una par-
tícula de pared gruesa. Esto también significa -
que es necesario usar altas temperaturas del aire-
de salida para dar al polvo final el 3% de hume-
dad.

Viscosidad del Extracto.

El incremento de la viscosidad del extracto con la elevación de la concentración de solubles no es muy marcada sino hasta que se alcanza el 30%. La viscosidad es mucho más alta a concentraciones mayores del 40%. Los incrementos de viscosidad son más marcadas a temperaturas abajo de 21°C, que cerca de 93°C.

Se ha observado que en extractos que tienen una concentración por arriba del 33%, al secarse produce partículas mas grandes y se obtiene una mayor retención de aromas.

Densidad del Extracto.

La concentración de solubles en el extracto altera la densidad. Con una concentración alta de solubles y un extracto viscoso y frío se produce una esfera hueca con un espesor de pared más gruesa, una partícula más expandida, color más oscuro y mucho mejor solubilidad y fluidez. La densidad del extracto entra dentro del fenómeno de atomización, pero no es muy significativa, aparte del hecho de que se obtienen densidades más altas en el polvo que son consecuencia de altas concentraciones del extracto; una alta viscosidad es la propiedad más efectiva que influencia el carácter del producto final. Otra forma de obtener densidades altas es con la producción de una distribución no uniforme de partículas de tamaño pequeño, tal como son producidas por atomización a alta presión en extractos de baja viscosidad (extracto tibio o baja concentración. Tales densidades pueden también resul

tar de bajas presiones de atomización, especialmente con altos niveles de carbohidratos (provenientes de un tostado claro), el cual da ligeras densidades con una concentración del 27%. En concentraciones arriba del 35%, la densidad del polvo se incrementa con bajas presiones de atomizado. Un punto muy importante es la relación entre la superficie de la partícula y el peso, ya que esto es la clave en el grado de retención de sabor natural a café. Por ejemplo, una tendencia a una ligera densidad puede derivarse de un posible cambio en la mezcla, tostado, concentración del extracto, rendimiento de solubles, finos de la molienda, temperatura del extracto, tiempo de manejo del extracto, etc. Los extractos drenados individualmente, recolectados de cada percolador, son mezclados cuando el extracto decantado ha sido transferido al tanque de alimentación al secador; con esto se logra una concentración y temperatura uniforme. De otro modo hay marcadas variaciones en las propiedades del polvo debido a las capas estratificadas. Las capas de extracto se estratifican aun cuando el extracto es transferido de un tanque a otro.

Retención de Volátiles del Café (del Extracto al Polvo).

El mayor problema de mejoramiento del sabor del café instantáneo es la gran pérdida de sabor a café en la transformación del extracto al polvo en el proceso de secado. Este sabor café perdido es reconocido, pero todavía un esfuerzo correctivo no ha sido aplicado a esta etapa del proceso.

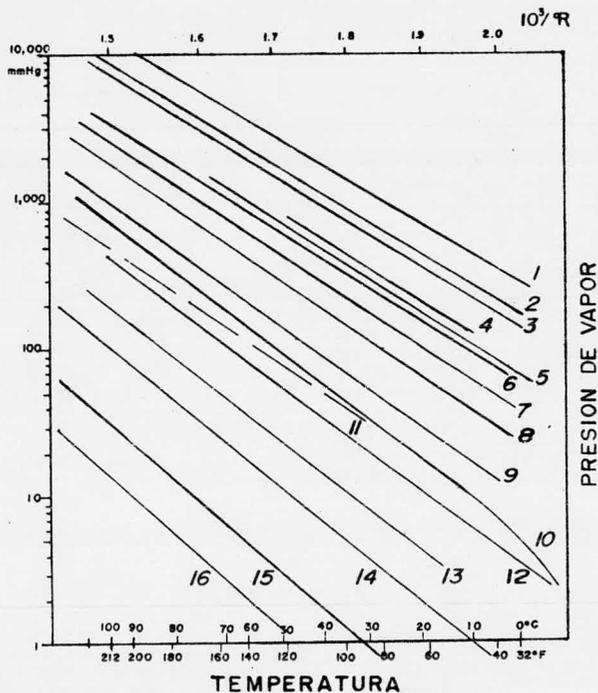


Fig. 17

PRESION DE VAPOR DE LOS VOLATILES DEL CAFE VS. TEMPERATURA

- 1- Acetaldehido
- 2- Formato de Metilo y Furano
- 3- Sulfuro de Dimetilo
- 4- Propaldehido
- 5- Acetona
- 6- Acetato de Metilo
- 7- Furano de Metilo, Isobutiraldehido y Metanol
- 8- Metil, Etil Cetona y n- Butiraldehido
- 9- Diacetilo
- 10- Agua y n- Valeraldehido
- 11- Piridina
- 12- Ac. Acetico
- 13- Ac. Propionico
- 14- Ac. Isobutirico y Furfural
- 15- Ac. n- Valerico
- 16- m-Cresol

Un análisis de las variables que influyen las pérdidas de volátiles, señalará las etapas apropiadas para minimizar las pérdidas de los volátiles del café en la práctica corriente del proceso de secado, así como mejorar la retención de sabor en un futuro. Hay que hacer notar también que existen volátiles con bajos puntos de ebullición constituyentes del café, que son retenidos durante el secado.

El factor más importante en el cambio de los solubles del extracto, con su agua asociada a los solubles secos con un 3% de humedad en forma de polvo, es la fracción de agua original y final, después de ser evaporada. De la ley general de presiones de vapor y mezclas de volátiles, la mayor parte de agua que está asociada a un volátil, la más alta será asociada a la pérdida de volátiles del café. Esto también depende de la volatilidad relativa en agua que tienen los volátiles específicos del café. La fig. 17 describe gráficamente las presiones de vapor sobre un pertinente rango de temperaturas, de la mayor parte de los aromas y sabores más importantes que han sido identificados.

Las volatilidades relativas son consideradas como una función de la presión de vapor y la composición molar en la evaporación del agua. Las presiones de vapor relativas de estas sustancias, pueden variar a muy bajas concentraciones en un extracto de café, por las siguientes razones:

- 1) Los solubles del café, por ejemplo, incrementan la solubilidad de los aldehídos presentes en el café, donde hay una real afinidad por -

los solubles y esta clase de compuestos volátiles. Esta atracción reduciría la presión de vapor relativa del aldehído al agua, comparando que se encuentra en un sistema puro agua-aldehído.

- 2) Otros orgánicos del café mezclados con los volátiles influyen el comportamiento de volatilidad de cada uno; de aquí la verdadera curva de presiones de vapor sería diferente a la de los volátiles puros.
- 3) Algunos volátiles forman constantes mezclas de puntos de ebullición (azeótropos), esto puede ser otro factor que influya la destilación.
- 4) Algunos volátiles disueltos en los solubles del café se comportan como agua, física y químicamente atraídos.
- 5) Los solubles del café ejercen fuerzas de adsorción y absorción. Por ejemplo, algunos fosfolípidos son ligeramente solubles en agua reteniendo todavía carbonilos orgánicos mejor que el agua, hay ácidos grasos y éter de petróleo solubles. Los aceites son inmiscibles con agua o con el extracto, los aceites tienen una muy alta distribución de solubilidad (coeficiente) para alifáticos y largas cadenas de carbonos y carbonilos.
- 6) Invariablemente el extracto, si no ha sido centrifugado tiene partículas finas de café, las cuales también contienen aceite, éstas son transportadores de volátiles. Adicional-

do un pequeño porcentaje de café en grano finamente molido al café instantáneo es suficiente para mejorar notablemente la impresión de sabor y aroma.

- 7) La destilación en una fracción de segundo es el tiempo apenas suficiente para el equilibrio total.

Sensibilidad del Sabor.

Sólo toma $\frac{1}{50}$ del contenido del sabor original volatilizado del café tostado (el cual, en su mayor parte, es transportado dentro del extracto en una percolación bien llevada) al impartir una sugerencia de sabor a café natural en el café instantáneo. La naturaleza ha sido generosa con el sabor del café y también ha dotado al hombre con una gran sensibilidad en la percepción de cantidades mínimas de sustancias químicas volátiles. Esta magnitud de percepción del nivel de cambio en sabor puede apreciarse mejor con pruebas de sabor y de cálculos de las concentraciones residuales de los volátiles del café.

Retención de Volátiles.

La tabla 2 nos muestra la cantidad de volátiles en el café tostado, su factor de retención observado en el secado de café instantáneo, y la cantidad correspondiente de estos volátiles encontrados normalmente en el polvo. Por comparación la cantidad de estos volátiles encontrados en el café instantáneo como los reporta Rhoades (1960) son enlistados. Para dar un significado más con-

creto de estos niveles de sabor, se hace también - una comparación del umbral de sabor de cada volátil presente en cada bebida de café. Los órdenes de - magnitud son dados por tres razones:

- 1) Los valores exactos no son conocidos en algunos casos.
- 2) En general, es difícil obtener acuerdos unánimes en cuanto a los umbrales de sabor cuando sólo se emplea una concentración.
- 3) Los umbrales de sabor varían con la calidad de la bebida (tostado, mezcla, mo lienda, etc.).

La concentración de algunos volátiles forma dos por la hidrólisis de carbohidratos, puede ser anticipada de la fracción de volátiles que se espe ra sea retenida después del secado, estos voláti-- les son los siguientes: Acetaldehído, Furano, Pro pionaldehído, Metiletilcetona, Furfural y acetona.

Un conocimiento de sabor producido por és-- tos volátiles formados por hidrólisis, en propor-- ciones tan diferentes del café tostado, combinado-- con la casi total pérdida de Formato de Metilo, - sulfuro de metilo y constituyentes volátiles compa rables en el café tostado, revelan la mayor fuente de contribución de sabor del café instantáneo. - Rhoades muestra casi 14 ppm de isobutiraldehído en el café instantáneo, lo es una importante y recono cible parte de un buen sabor a café y este nivel - de retención es cuestionable. La única fuente de-

isobutiraldehído en la hidrólisis de celulosa es el acetaldehído. Las pérdidas parciales de Diacetil, acetil propionil o Isovaleraldehído, isobutiraldehído, se presentan en niveles perceptibles de gusto. Para diacetil y acetil propionilo puede haber, tanto como 1/2 de retención de volátiles.

Los principales componentes del aroma y sabor del café instantáneo son el furfural y la piridina. El aroma del café instantáneo es dulce y el residuo es nauseabundo. Esto tiene semejanza con las notas aromáticas producidas por la piridina y el furfural, con bases del dulzor de los aldehídos pero quizás mejor relacionado con el dulzor de las acetonas. Todos los aldehídos son algo dulces en carácter aromático y de sabor. Si la mayor contribución de sabor es de acetonas o metil etil cetona, el resultado sería similar. El furfural con su olor como a heno, es característico de los cafés instantáneos. Adicionando furfural a la bebida hace el sabor más a café instantáneo. La piridina es un olor muy nauseabundo y representa el olor residual del café instantáneo y de cafés rancios. La rancidez es parcialmente un olor dominante a piridina, después de que los olores de sulfuro de dimetilo y mezclas de aldehídos se han oxidado y volatizado.

Las concentraciones residuales de volátiles en cafés instantáneo son bajas. Todos los compuestos que son menos volátiles, provienen del café tostado y son acarreados por el café instantáneo, en fracciones relativamente significantes, de aquí que ellos contribuyan con sus aromas y sabores en el café instantáneo. El resultado neto es un aroma y sabor diferente para cafés instantáneos que -

TABLA 2

SABORES VOLATILES DEL CAFE

Abundancia Natural en Café T y M - Magnitud de Retención en el Polvo del umbral de Sabor.

Volátiles del Café	Presencia en el café T y M (PPM)	Orden de magnitud del factor de reten ción de volátiles	Retención observada de volátiles en el pol vo (PPM)		Umbral de sabor PPM	
					Café Inst.	Bebida
Acetaldehído	50 - 100	Despreciable	20	0.20
Formato de Metilo	10 - 20	1/1000	0.2	0.02	3	0.03
Furano	5 - 15	1/1000	0.4	0.02	6	0.06
Sulfuro de Dimetilo	3 - 6	1/1000	...	0.006	0.6	0.006
Propialdehído 1	10 - 20	1/200	4	0.1	5	0.05
Acetona	40 - 80	1/100	55	0.8	30	0.3
Acetato de Metilo	5 - 10	1/30	...	0.3	2	0.02
Furan Metilo	5 - 20	1/10	16	1	5	0.05
Butiraldehído	10 - 30	1/10	14	1	6	0.06
Metanol	- . -	1/10	100	1
Metil Etil Cetona	10 - 20	1/5	11	4	10	0.1
N-Butiraldehído	5 - 10	1/5	0.4	0.4	1	0.01
Diacetil	15 - 30	1/2	24	15	4	0.04
Piridina	200 - 500	1/2	...	100	10	0.1
Isovaleraldehído	2 - 5	1/2	2	2.4	5	0.05
N-Valeraldehído	10 - 20	1/2	...	10	10	0.1
Furfuraldehído	100 - 400	1/2	...	50	10	0.1
Metil Mercaptano	2 - 5	1/1000	2	...	0.2	0.002
Sulfuro de Hidrógeno	2 - 10	1/1000	1	...	0.2	0.002
Acetil Propionilo	10 - 20	1/2	11	10	10	0.1

para café regular.

Los componentes en volátiles enlistados todavía no han sido considerados desde el punto de vista de su contribución, en una específica intensidad del sabor de café. Aun a partes por billón, la retención de sabores volátiles en el polvo, algunos volátiles potencialmente olorosos son muy importantes en la contribución de la impresión del sabor a café natural, por ejemplo, el sulfuro de dimetilo, el cual tiene un umbral de casi 10 ppb tiene un sabor muy potente de 1 ppm o 1000 ppb, mientras que la acetona (tiene un umbral de sabor cerca de 1 ppm en una taza de café) no es muy importante en su contribución del sabor del café, aun en varias ppm en una taza de café, de este modo el foco de atención en sabor es mantener los principales contribuyentes del sabor a café. Hay también tono, fuerza y calidad de sabor, así como concentración. Además hay un balance o rango de composición de los componentes volátiles del sabor, que definen el aroma y sabor del café, si esto variara desproporcionadamente en pérdidas de volátiles en la conversión de extracto a polvo, entonces la similitud a sabor de café disminuiría.

Cuatro de los contribuyentes de sabor más importantes, al sabor natural de café tostado está presentes en las siguientes proporciones y umbrales de sabor en el café tostado:

Volátiles del café	Café Tostado 5g. T y M por ppm en T y M	100 ml agua Umbral de sabor	Factor de concentración sobre el umbral	Café instan- táneo 1.5g- 100 ml agua ppm volátiles.
Sulfuro de Dimetilo	4	0.10	40	NO
Formato de Metilo	12	0.50	24	2
Isobutiraldehído	20	0.50	40	14
Diacetil	40	1.00	40	20

No sólo están las proporciones de volátiles en el café instantáneo, muy reducidas y fuera de balance, pero en una bebida preparada con café tostado, la abundancia de volátiles naturales es de 20 a 40 veces más alta que el umbral de sabor. Las concentraciones de los umbrales de sabor están influenciadas por las sustancias, con las cuales están asociadas. Por ejemplo, el acetaldehído es principalmente un volátil exhilarativo, con no mucho de su aroma y sabor propio. Aún cuando el acetaldehído es parte de una mezcla con menos sustancias volátiles acentúa la presencia de los más recientes.

Desafortunadamente algunos sabores volátiles producidos por hidrólisis y que son retenidos durante el secado, no son deseables ya que su contribución al sabor es un poco desagradable. No obstante, si más volátiles son retenidos el sabor natural producido por éstos, domina la impresión total del sabor de los volátiles a pesar de los sabores bases producidos por la hidrólisis. En el desarrollo de un café con mejor sabor, se busca disminuir y remover los volátiles producidos por hidrólisis. Rhoades (1960) reporta que la máxima cantidad de sabor natural a café es obtenida con un tostado completo, el cual es también el punto de máximo aroma y apreciación de sabor.

Incrementando la cantidad de solubles y volátiles con reducción de los hidrolizados, muestra un notable aumento en la retención de sabores volátiles en el polvo. Este medio para retener sabores volátiles del extracto al polvo, es a menudo balanceado posteriormente porque el polvo no es empacado inmediatamente en una atmósfera protectora, libre de oxígeno. Una mejor retención del sabor del café se puede lograr partiendo de cafés de buena calidad y cuidando las condiciones de la etapa de secado. Otra forma de aumentar la cantidad de sabores volátiles en el café sería concentrando más el extracto, con lo cual se lograría mejorar las condiciones de sabor y aroma. El problema que presenta la concentración del extracto es que no se pueden emplear temperaturas muy altas, ya que de lo contrario la pérdida de volátiles aumentaría en esta etapa.

El efecto de la concentración de solubles en el extracto para una mejor retención de volátiles es fácilmente demostrable.

Si un extracto que tiene el 40% de solubles es dividido en tres baches de los cuales dos son diluidos a 30 y 20% respectivamente y los tres baches son secados por separado. Al compararlos se muestran diferencias notables en la retención de sabor, el bache de más alta concentración muestra la mejor retención. Las concentraciones de 33,27 y 21% muestran similares resultados. Otro medio de aumentar la cantidad de sabores volátiles en la etapa de secado es aumentando la cantidad de aceites y ácidos grasos, el inconveniente que presenta es que aumenta notablemente la densidad, la cual -

puede ser corregida al mezclarlo con un café de densidad más baja y de sabor más pobre.

Liofilización.

Actualmente se ha desarrollado un nuevo proceso llamado liofilización o criodesecación, el cual es una de las técnicas más adecuadas para la conservación de sustancias biológicas y alimenticias, su campo se ha extendido dentro de la industria química notablemente.

Originalmente el secado por congelación, nació como una necesidad de conservar ciertas propiedades biológicas, interesantes dentro del campo de la medicina, tales como el plasma sanguíneo, tejidos humanos, vacunas, etc. Dentro de la misma área farmacéutica, el desarrollo de los antibióticos no hubiera sido posible sin la participación de la liofilización.

Los productos alimenticios, tales como mariscos, carnes, frutas, café, té, etc. son criodesecados para preservar valiosos constituyentes fisiológicos, sabores, aromas, estructura, así que después de la reconstitución, la calidad es casi idéntica a la del producto fresco.

Proceso.

La liofilización es un proceso de secado de un producto previamente congelado, en donde el agua contenida, transformada en hielo, es sublimada por medio del vacío. Un tratamiento así aplicado, no genera prácticamente modificaciones inter--

nas en el material, sin embargo, la versión liofilizada se torna muy higroscópica. La conservación es prácticamente indefinida cuando se hace en envases herméticos, la regeneración es tan simple como la adición de agua en la cantidad original.

El esquema siguiente es una representación gráfica general de los pasos involucrados en la criodesecación.

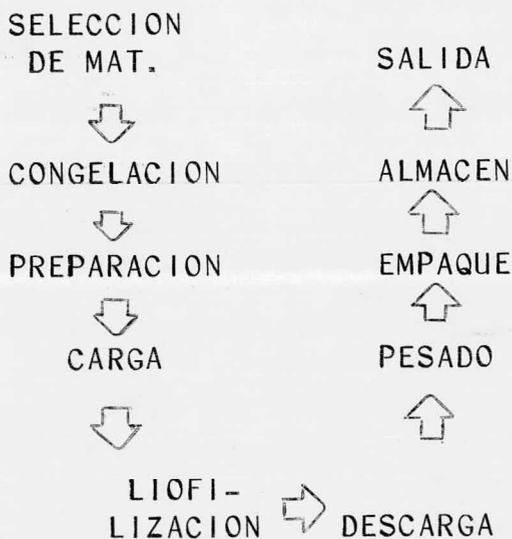


FIG. 18. PROCESO DE LIOFILIZACION.

Selección del material.

Antes de la congelación, el producto que va a ser sometido al secado por congelación, requiere de distintos tratamientos según su especie, que permitan una eficaz congelación. Por ejemplo: las frutas son rebanadas, las carnes son picadas, el pescado es rebanado, los jugos son concentrados, etc.

Congelación.

Este es un importante paso al que debe someterse el material previamente a su criodesecación, en la cual intervienen diferentes teorías de las ciencias físico-químicas, tales como el comportamiento de las soluciones a temperaturas bajo cero, la regla de fases, el punto triple o el eutéctico. El punto eutéctico es aquel en que se encuentran las tres formas del agua en equilibrio: líquido, sólido y vapor.

El punto triple varía para cada sistema o producto y su conocimiento es esencial, ya que predeterminará los parámetros de operación en el proceso de liofilización. Se registran puntos eutécticos desde 0°C aproximadamente hasta -40°C , en términos generales. La sublimación del hielo debe hacerse por debajo de la temperatura eutéctica, no permitiendo el paso por la fase líquida ya que se producirá un colapso de la estructura cristalina, sacando al sistema de las condiciones para la criodesecación.

Por estas razones es tan importante conocer el punto eutéctico de los productos a procesar; sin embargo, la congelación no se efectúa indiscriminadamente, ya que un exceso podría conducir a la formación de lo que los científicos denominan como "masas vítreas", cuya liofilización ya no es posible.

Preparación.

Una vez que el material ha sido congelado a los niveles adecuados, en algunos casos es neces-

ria una anterior preparación, como en el de los jugos o extractos que tienen que ser sometidos a una molienda, en cuartos sobre-enfriados, de modo que las condiciones para la liofilización se conserven y el material sea manejado en capas delgadas en las cuales la sublimación del hielo se facilite. Sin embargo, éste no es un esquema general de los procedimientos; en algunos casos este paso puede no estar incluido, como en el ejemplo de liofilización de fresas, las cuales son rebanadas previamente a la congelación.

Carga.

Por regla general, el material es cargado en charolas y éstas en anaqueles que son introducidas a los gabinetes o túneles de liofilización. En los casos de productos farmacéuticos como vacunas o antibióticos, son envasados en la forma comercial de presentación y cargados a los aparatos liofilizadores según se deja mencionado.

Liofilización.

Una vez cargadas las máquinas de liofilización, son cerradas herméticamente, pues su sistema de operación es a vacíos muy altos. Las hay de varios tipos: de gabinetes como los usados en la industria farmacéutica, en versiones variadas según el fabricante, todas las del tipo intermitente, y las del tipo de túnel, las que pueden ser intermitentes, semicontinuas y continuas. Estas últimas presentan dos variaciones, la horizontal y la vertical.

Es menester anotar que todos los equipos - de liofilizar son caros y su operación también, ya que independientemente de que son máquinas complejas, requieren para su fabricación de los mejores-maquinados y materiales especiales como aceros inoxidables adicionalmente tanto la instrumentación - como el equipo periférico, llegan a adquirir un alto grado de sofisticación, según lo requieren las-precisas condiciones de operación.

Gabinete de liofilización.

Generalmente se componen de las siguientes-
partes:

- 1) Gabinete o túnel
- 2) Condensadores
- 3) Bombas de vacío
- 4) Sistema de refrigeración
- 5) Sistema de calefacción

La eliminación del hielo en forma de vapor-
es un fenómeno termodinámico conocido y se lleva a
cabo en dos partes:

- I. Primer secado o sublimación.
- II. Segundo secado o difusión.

En el primer caso, donde la sublimación to-
ma lugar, aunque la temperatura del producto se -
conserva según se ha explicado abajo del punto eu-
tético, o temperatura eutéctica, es necesario -
aplicar calor para sustituir la energía de vapori-
zación del hielo, ya que de otra manera la liofiliz-
ación se suspendería. Los vapores ayuda-
dos por el vacío mecánico, son encamina- -

dos hacia el condensador después del cual, dichos vapores son eliminados en forma de líquido.

En el segundo caso, cuando los cristales de hielo se han eliminado aún permanece una humedad residual en el producto, adherida a su estructura porosa, la que ya no se sublima sino que se evapora. Por esta razón el calentamiento del material en esta etapa, es llevado a temperatura más alta, y dependiendo de la naturaleza, se puede elevar hasta 40° 60°C a condición de que ninguna de las propiedades que se requieren, sean dañadas.

El tiempo de secado es variable y depende de las características de los distintos materiales; sin embargo, podemos decir que normalmente en operación de escala industrial, se tienen tiempos desde 6-10 horas hasta 24 horas o más. Terminando el secado, el producto se descarga y pasa al área de empaque.

Los productos farmacéuticos, por ejemplo, una vez secos, no se deben exponer a la atmósfera y, por tanto, sus envases son sellados dentro de los mismos gabinetes por medio de ingenieros mecánicos automáticos. Otros productos que también pueden ser afectados por el aire, son manejados en recipientes sellados y con atmósfera inerte y empaquetados en las mismas condiciones. El empaque de los productos liofilizados, requiere de cuidados especiales, ya que han adquirido una gran avidez por la humedad.

La Criodeseccación en la Industria Alimenticia.

La participación de la liofilización en la industria alimenticia se ha ido expandiendo, si bien de manera lenta, con pasos firmes, paralelos al avance de las técnicas criogénicas y al incremento del poder adquisitivo de los países fuertemente industrializados, que han podido afrontar los precios de productos liofilizados estacionales, como algunas verduras, legumbres y frutas.

Los países nórdicos de clima frío podrían consumir, en su estación invernal, estos productos liofilizados.

Varios son los productos alimenticios, susceptibles de liofilizar y que podríamos distinguir en tres categorías:

- Productos Carnes, champiñones, frutas
estructurados: legumbres, etc.
- Productos Café, té, pulpas y jugos de
aromáticos: frutas, etc.
- Productos Leche, quesos, huevos, dietas
dietéticos: para bebés, etc.

Tecnología para la Producción de Café Soluble Liofilizado.

El notable crecimiento del consumo del café liofilizado y el desarrollo tecnológico de los países industrializados, han permitido así mismo un avance en las tecnologías empleadas en la producción, a tal grado que plantas con pocos años de operación han obsolecido a la fecha, viéndose obligadas a sustituir sus equipos anteriores por los actuales que tanto mejoran la calidad del producto, así como los rendimientos de la materia prima.

El siguiente esquema representa, gráficamente, en el sistema de bloques, los diferentes pasos del proceso de producción de café soluble liofilizado que puede ser descafeinado o normal. En el ámbito del consumo de cafés solubles, el descafeinado ha conseguido una participación cada vez más activa.

Liofilización.

El extracto concentrado es encaminado a los cuartos fríos donde es sometido a la congelación. Esta se efectúa por debajo de 30°C valor aproximado del punto eutéctico, utilizando tambores fuertemente refrigerados, los que pueden ser verticales u horizontales; algunos fabricantes ofrecen congeladores horizontales del tipo de banda, los que parecen ofrecer una operación aceptable.

En el extremo de descarga del congelador salen lascas del extracto congelado, las que son so

metidas a molienda y cribado, para dar la granulación final. En estas condiciones el material está listo para ser enviado a los túneles de liofilización.

La carga normalmente se hace en charolas - de aluminio de poca profundidad, las que se introducen a los túneles a través de compuertas especiales. En sistemas continuos el material se hace - llegar a bandas mecánicas que lo van conduciendo - a lo largo del túnel. Generalmente en la descarga se tienen mecanismos similares a los de carga.

Termina el proceso y el producto es empacado en la forma que se va a comercializar.

ESQUEMA DEL PROCESO

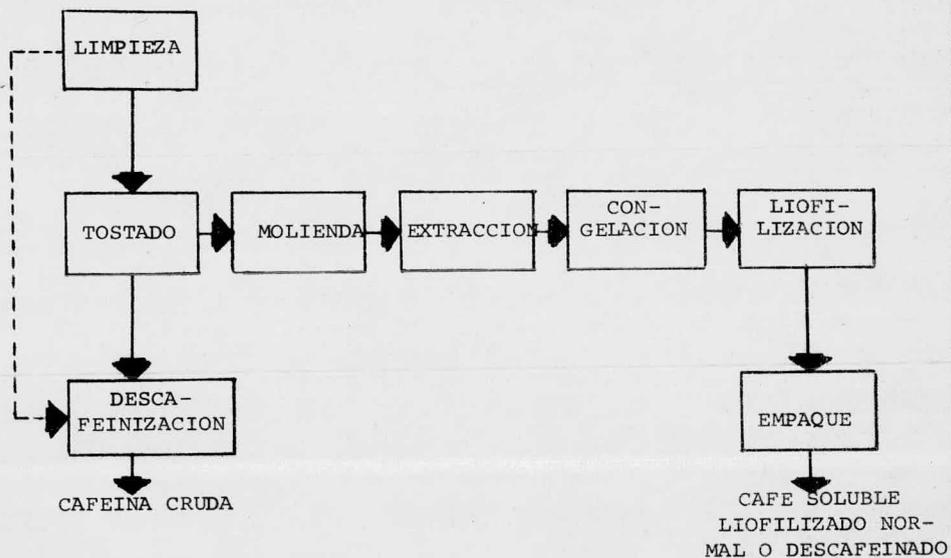


FIG. 19. ESQUEMA DEL PROCESO.
DE LA LIOFILIZACION DEL
CAFE SOLUBLE.

CAPITULO VI

EVALUACION ORGANOLPETICA.

Antes de entrar en lo que realmente es la - evaluación organoléptica del café soluble, se describirá brevemente lo que es el sabor y el olor.

El sabor una sensación compleja.

Principalmente el sabor está compuesto por el gusto y el olor. El sabor es una sensación - subjetiva muy compleja impartida al paladar y al sistema olfatorio a través de la boca. Una de las cualidades más importantes que entran dentro del - sabor es la textura. La suavidad o rugosidad, el tamaño de partícula, la solubilidad, son algunos - factores que pueden modificar el sabor. Las sensa - ciones producidas pueden ser agradables, indiferen - tes o desagradables. El sabor tiene armónicos de - caliente, frío, irritación y entumecimiento.

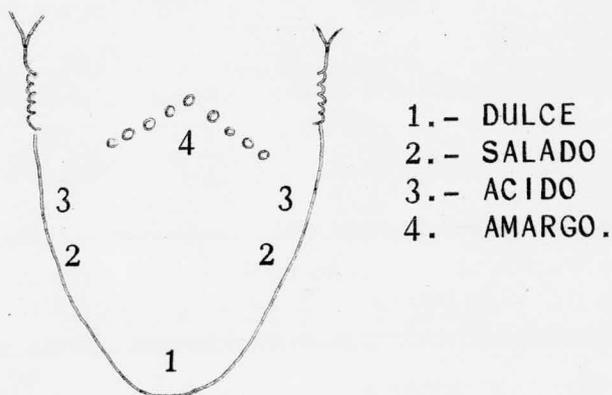


FIG. 20 AREAS SENSITIVAS DE LA LENGUA.

Percepción del Sabor.

Las superficies sensitivas en la lengua son las papilas gustativas las cuales están agrupadas en una papila. La mayor parte de las papilas muestran ser más sensitivas a más de un sabor, pero hay indudablemente una región de distribución de los cuatro principales tipos de sabores receptores; el sabor dulce es más fácil de percibir en la punta de la lengua, el amargo en la parte de atrás de la lengua, el agrio o ácido en medio y a los lados y el salado en ambos lados del frente de la lengua (Fig. 20). Cuando una sustancia sávida, o su solución, se ponen en contacto con el área sensitiva de la lengua, pulsaciones eléctricas pasan a través de varios nervios y al llegar a la corteza cerebral, ahí se estimula la sensación del gusto. El más accesible de estos nervios es la CHORDA TYPANI y es usualmente en éste donde se registran los cambios en el potencial eléctrico producidos en la fibra nerviosa consecuentemente de la aplicación de alguna sustancia sávida en la lengua. De cualquier forma el número de células olfatorias receptoras en un mamífero son contadas en millones, mientras que el número de células gustatorias son solo unos miles.

Olfato.

La posesión de olor depende de los volátiles presentes en una sustancia, los cuales son expelidos constantemente y mezclados con el aire son inspiradas por medio de la nariz. En la nariz hay una placa de pocos centímetros cuadrados de piel amarillenta, la cual es el área sensitiva para el-

olfato; una pequeña parte del aire inspirado pasa sobre esta área, y si nosotros aspiramos, esta porción es considerablemente incrementada. Como el aire con olor pasa sobre el área sensitiva, las moléculas olorosas son absorbidas por ésta; todas las moléculas de oxígeno, nitrógeno, argón y todos los demás componentes del aire junto con las sustancias olorosas están en un estado de movimiento rápido, viajando a la temperatura ambiente a una velocidad aproximada a la del oxígeno, las cuales están golpeando las superficies sensitivas olfatorias.

Los cambios de energía a los cuales está sujeto el epitelio olfatorio, estimulan a las células olfatorias. Dichas pulsaciones eléctricas van hacia las salidas nerviosas, luego al axon dentro del bulbo olfatorio y, finalmente, a la extensión frontal del cerebro. Probablemente un ciento de millones de fibras nerviosas separadas pasan dentro del bulbo; son increíblemente finas de solo 0.1 a 0.2 de diámetro, más pequeñas que la longitud de onda de la luz visible y consecuentemente imposibles de ver claramente en el microscopio óptico. Están asociadas en paquetes de 100 tal vez, pero aun en los paquetes las fibras preservan su autonomía, no obstante puede haber alguna interacción entre ellas. Al bulbo olfatorio entran estructuras globulares conocidas como glomerulos. Estos son condensados en un número muy pequeño de pocos miles de fibras de salida porque hay unas 25000 fibras olfatorias terminales en cada glomérulo. Vía las células mitrales las pulsaciones pasan a la corteza cerebral y estimulan la sensación del olfato al arribar ahí.

Sabor.

La sensación sincrónica del gusto y olor gobiernan la percepción del sabor, y esta puede ser modificada por la percepción simultánea de propiedades táctiles en la boca. En principios los procesos que conducen a la percepción de sabores son simples: la inspiración de moléculas de materiales aromáticos con el aire, su absorción en el epitelio sensitivo olfatorio y la transferencia de energía de las moléculas aromáticas a las células olfatorias y nerviosas, al paso de las pulsaciones eléctricas a la corteza cerebral después de la integración en el bulbo y una cadena similar de eventos. En el caso del sabor las sustancias sápidas se disuelven en el agua (saliva) en lugar de aire y esto es lo que gobierna las sensaciones del gusto.

El punto más importante en la degustación de café es la capacidad para reconocer y aceptar los sabores y aromas deseados, así como también sabores no comunes e indeseables. La degustación del café es un tanto compleja, pero reacciones subjetivas y circunstancias ambientales pueden hacer que el análisis del sabor y aroma sea aún más complicado. Solo repitiendo la degustación y la evaluación con diferentes grupos de probadores las reacciones al sabor y aroma pueden confirmarse.

Los sabores básicos del café surgen de los solubles no volátiles; pero muchos de los sabores atrayentes provienen de unas cuantas partes por millón de constituyentes químicos aromáticos muy volátiles.

El sabor natural del café es un fenómeno especial para probadores experimentados y cualquier olor o sabor anormal no pueden estar dentro del sistema de aceptación del sabor. El sabor varía con la concentración, temperatura, limpieza de los utensilios, la condición de los probadores, etc. Las opiniones subjetivas de los probadores puede influenciar la objetividad de la examinación del sabor del café. La siguiente lista presenta los términos de olor y sabor más comunmente empleados en la evaluación de un café.

Términos Comunes de Olor y Sabor.

- | | |
|--------|---|
| Acidez | Un sabor deseable, presente en cafés de altura. Es agudo y agradable, pero no penetrante. Es asociado con un sabor ácido (cítrico). |
| Acre | Un sabor a quemado que es agudo, amargo y tal vez irritante. |
| Agrío | Un sabor no muy agradable que es agudo y ácido. |
| Amargo | Un sabor desagradable y agudo tal como el de la quinina o casia. Para algunas personas la impresión del sabor es ácida, mientras que para otros se amarga. La contaminación con fierro causa amargor. |
| Añejo | Un café añejo implica un almacenamiento cuidadoso, lo que le da al café más cuerpo. Añejo no debe ser confundido con cosechas viejas. |

Aroma	Es originado por las sustancias volátiles del café, es agradable; Se produce generalmente cuando se le adiciona agua hirviendo.
Aspero	Un sabor desagradable, agudo, irritante.
Astringente	Un sabor que causa encogimiento o contracción de tejidos y una impresión amarga.
Blando	Un sabor suave e insípido, tal como el de la mantequilla.
Caramelo	Un sabor dulce, casi quemado, como azúcar caramelizada. Tiene una nota de sabor agradable que se complementa con el sabor del café. La pérdida de volátiles, del café refuerza el sabor a caramelo.
Cuerpo	Una sensación de gusto o sensación de boca de mayor viscosidad, usualmente asociada con cafés de sabor fuerte. Notar que no es un incremento en la viscosidad.
Cosecha Reciente	Un olor y sabor frescos, ligeros el cual refuerza las características normales de una mezcla de cafés, particularmente lo referente a sabor y acidez. No confundir con verde o agrio los cuales también están presentes en cafés de cosecha reciente.

- Cosecha Antigua Un sabor y olor en el cual la característica normal de madurez y verdosidad son débiles o de tono bajo, particularmente acidez y sabor, pero que puede reflejar también deterioración de estas cualidades dentro de un sabor moderado o parecido al papel con poco o nada de cuerpo.
- Dulce Sabor agradable como el del azúcar.
- Fermentado Un cambio químico causado por levaduras o enzimas en el café verde. Tales sabores fermentados son similares a los producidos en la fermentación de azúcar a alcohol o vinagre. Un pronunciado sabor a fermento es indeseable.
- Herboso Sabor frecuentemente encontrado en cosechas prematuras. Es causado por granos inmaduros. Sugestivo de una frescura como cuando se corta el heno o el pasto.
- Hule Olor similar al de las llantas de los automóviles. Usualmente indeseable pero muy característico. Los cafés instantáneos manejados a temperaturas arriba de (49°C) por varios días desarrolla un aroma tal como el descrito, el cual es un tanto nauseabundo.
- Instantáneo-- Caracterizado por furfurales y células solubles hidrolizadas y volátiles no encontrados normalmente en la bebida.

- Madera Sabor causado por la deterioración del café; afín a la madera. Olor picante - a madera de los sacos de fibra en los - cuales se guarda en los grandes depósitos a temperaturas altas.
- Mohoso Sabor afín al terroso.
- Natural Un café natural denota un café no lavado, por ejem: uno es preparado secando la cereza entera (proceso seco) y el - otro por fermentación de la pulpa (proceso húmedo). Usualmente el natural es más blando ya que no tiene el desarrollo de sabor y acidez del café lavado - aún siendo del mismo cultivo, y frecuentemente no tiene la claridad y uniformidad de taza, pero tiene mucho más cuerpo. "Natural" se refiere frecuentemente al proceso seco de cafés suaves.
- Quemado Un olor y sabor como a carbohidratos, - proteínas o aceites quemados, ejem., el carbón.
- Rancio Un sabor y aroma dulce, pero desagradable. Refleja la oxidación de muchos de los volátiles agradables y la pérdida - de otros. Un cambio en el olor y en - los ácidos constituyentes causan un tono parcialmente blando.
- Robusta Los cafés robusta tienen un sabor blando y poco aroma comparado con los cafés arábicas. Tienen poca acidez y la can-

tividad de aromáticos comunes es menor. -
Sin duda su alto contenido de cafeína -
(dos veces más que los arábica) es un -
factor que contribuye al mayor amargor -
de la bebida.

Sabor residual	Un sabor que permanece en la boca mas tiempo que lo usual después de tomar o comer algún alimento.
Salobre	Desagradable, amargo, con características saladas.
Sucio	Sabor desagradable, originado por un mal beneficio.
Terroso	Un sabor no deseado. Olor parecido al de la tierra recién mojada; usualmente se debe a hongos.
Verde	Un sabor causado por sobretostado, el cual se reduce cuando se desarrolla el sabor total del café. Un sabor agrio impartido por el grano verde que nunca maduro.
Vino	Reminiscente del sabor y cuerpo del vino. Usualmente se presenta en cafés de altura.

El objetivo principal de la evaluación organoléptica del café es el de comparar una bebida de café con un sabor estándar y, con esto determinar el grado de diferencia entre la bebida y el estándar y de acuerdo a esto poder determinar su

aceptación.

El método de evaluación requiere de un grupo de personas y un jefe, el cual previamente ha recibido un entrenamiento en la metodología y procedimientos necesarios para que pueda desarrollar su habilidad y confianza en la aplicación del método de evaluación del café.

Comparación entre el sabor del café soluble y el café tostado.

La función de evaluar el sabor del café verde y tostado, ha sido efectuado a lo largo del tiempo por expertos en el reconocimiento de sabores y otras características. Con la introducción de los cafés solubles, muchos de los probadores ampliaron su operación ya que tuvieron que escoger cafés verdes para el café soluble y tuvieron que desarrollar técnicas para probar el café soluble.

Sin embargo, la preparación del café soluble es marcadamente un proceso diferente al del café tostado. Químicamente los cafés solubles no tienen aceite y coloides. Un café preparado con café T y M* tiene un 10% de aceite en los solubles. Los cafés solubles tienen pocos volátiles, los cuales son la esencia del aroma y sabor real del café.

Los cafés solubles no desarrollan sabores dañados comparados con los cafés tostados. Cada libra de café verde produce casi 80 tazas de café instantáneo, comparado con 40 que produce un café tostado. El café instantáneo tiene dos veces mas-

(*).- T y M significa tostado y molido.

carbohidratos que el café tostado. El café instantáneo es más ácido (pH 4.9) que el café T y M (pH 5.1). Los ácidos se forman durante la hidrólisis del café soluble. Las diferencias en mezclas son más notorias para la producción de cafés T y M que para cafés instantáneos. Los cafés instantáneos contienen productos de hidrólisis los cuales se caracterizan su sabor. Las fuentes de sabor del café tienen una base aromática química que puede ser reconocida. Los probadores de café deberán conocer algo de la química y procesamiento del café instantáneo en orden a controlar o alterar el sabor del producto. La introducción de Químicos e Ingenieros Químicos dentro de la industria del café soluble es un hecho, y son estas personas las que tienen la responsabilidad sobre las condiciones del producto final.

Factores en la evaluación del sabor del café durante el proceso.

Café verde.- Esta influenciado por:

- 1) Botánica;
- 2) Cosecha y altitud de la misma;
- 3) Factores ambientales en la cosecha;
- 4) Procesamiento y clasificación;
- 5) Almacenamiento;
- 6) Transporte;
- 7) Mezcla;
- 8) Contaminación;
- 9) Edad.

Desarrollo del sabor y color del café tostado.- Es te esta influenciado por:

- 1) Forma de tostado;
- 2) Grado de tostado;
- 3) Si la mezcla de café es hecha antes o después de tostado;
- 4) Si es utilizada agua de apagado y cantidad;
- 5) Tiempo y condición de almacenamiento del café-tostado;
- 6) Cualquier deterioración o contaminación.

Extracto de café.- Este es determinado por:

- 1) Molienda;
- 2) Forma de extracción;
- 3) Rendimiento de solubles;
- 4) Tiempo de extracción;
- 5) Temperatura de extracción;
- 6) Concentración final del extracto;
- 7) Tiempo de almacenamiento y condiciones;
- 8) Grado de removimiento de sustancias alquitranadas;
- 9) Si los extractos son mezclados;
- 10) Deterioración o contaminación;
- 11) Modo de secado.

Polvo.- Las propiedades físicas del polvo deben:

- 1) Estar dentro de un estándar;
- 2) Tener un sabor aceptable al consumidor;
- 3) No sufrir deterioración o contaminación durante el almacenamiento, empaque y transporte;
- 4) Estar sujeto a una humedad, tiempo de almacenamiento y temperatura que no dañen las propie-

dades físicas y el sabor del polvo.

El polvo puede ser mezclado con otro de semejantes cualidades para obtener un polvo de calidad más uniforme.

Otros factores.- Deberá haber evaluación o comparación de:

- 1) Calidad del competidor;
- 2) Aceptancia del consumidor;
- 3) Modo de preparación;
- 4) Influencia del agua;
- 5) Utensilios;
- 6) Técnicas de probar.

Tipos de pruebas de evaluación.

Pruebas de diferencia.- En este tipo de pruebas lo que se pretende es detectar si existen diferencias o no entre las muestras que se prueban.

Los resultados obtenidos indicarán si existe o no diferencia apreciable entre las muestras probadas, pero no debe descontarse el factor de preferencia por gusto individual y como consecuencia, se utiliza un factor de proporcionalidad del 50% de identificación para la muestra.

Dado que las diferencias de las propiedades sensoriales de la bebida pueden ser originadas por distintas causas, en este tipo de prueba solo se puede obtener información acerca de si existe o no diferencia apreciable, sin dar a los probadores ninguna información previa que pueda influenciar su criterio.

Pruebas de preferencia.- Esta prueba depende de la propiedad particular que se prueba y de las circunstancias relacionadas con el proceso de evaluación.

Se puede llevar a cabo con un tipo de personas entrenadas, pero se prefiere verificarlas tomando al azar un grupo de personas carentes de entrenamiento, y a quienes se pide indicar su preferencia.

En este tipo de pruebas se da mayor énfasis a la amplitud de la muestra empleada que a la magnitud de error que pueda obtenerse, dado que la variabilidad es muy alta en pruebas de preferencia y la precisión está sujeta a una elección arbitraria afectada en su probabilidad por el número de personas que en ella participan.

Pruebas de clasificación.- Estas pruebas tienen por objeto el determinar el grado de intensidad de una característica dada, y por ello tiene muy limitada aplicación en la industria de alimentos, ya que los productos poseen una gran cantidad de características que actúan simultáneamente.

Pruebas de aceptación.- El propósito de estas pruebas, no solamente es determinar la influencia de una o varias características notables del producto cuya aceptación se evalúa, si no que, además, tiende a determinar el grado de preferencia subjetiva, al conjunto de cualidades propias y accesorias del producto.

Escala de Diferencia.- El grado de diferencia del sabor estándar con respecto a una muestra- esta determinado por la siguiente escala de calificación.

- 0 - No hay diferencia.
- 1 -
- 2 - Muy ligera diferencia.
- 3 -
- 4 - Ligera diferencia.
- 5 -
- 6 - Moderada diferencia.
- 7 -
- 8 - Gran diferencia.
- 9 -
- 10 - Diferencia muy grande.

Después de la evaluación se suman los valores dados por cada probador y el total resultante se divide entre el número de probadores, para obtener el promedio aritmético que, en caso de ser menor al valor medio de 5, indica la aceptación del producto, siendo ésto, más definitivo conforme a este valor más se acerque al valor mínimo empleado en la escala.

Pérfil de Sabor -

El uso básico de esta evaluación, es el describir el aroma y sabor característico de un producto alimenticio, siendo un método semicuantitativo que permite determinar la magnitud de las diferencias entre muestras individuales, ya sea juzgándolas con base a sus notas aromáticas, intensidad, orden de aparición, sabor residual, sabores básicos y cuerpo. Se puede emplear, ya sea para -

la descripción total de una muestra o para indicar las diferencias en un grupo de muestras así como, - para identificar una nota aromática característica.

Los procedimientos para la evaluación y la terminología empleada son, definidos previamente, - a fin de que los jueces, que deben estar entrenados puedan usarlos en forma comprensible e igual.

Un factor que hay que tener en cuenta en la evaluación del sabor y aroma del café, es la diferencia que existe entre el sabor y aroma del café tostado y el sabor y aroma del café instantáneo.

Cuantificación de las notas características del sabor.

La cuantificación de las notas características del sabor esta basado en la escala de calificación de intensidad dividida como sigue:

- A - Escazamente detectable
- B - Ligero
- C - Moderado
- D - Fuerte

Estos intervalos representan amplias areas de diferencias de intensidad en vez de puntos discretos. La escala puede ser expandida a un máximo de 13 intervalos en orden a mostrar pequeñas diferencias en intensidad entre muestras para cualquier característica dada. La escala expandida es como sigue:

- A - Escazamente detectable
- A - B
- A - B
- A - B
- B - Ligero
- B - C
- B - C
- B - C
- C - Moderado
- C - D
- C - D
- C - D
- D - Fuerte

Notar que los puntos de la escala indican rangos de fuerza en vez de un score numérico. Por ejemplo, una intensidad de B - C indica que la característica particular cae en alguna parte entre "ligero - moderado" y "moderado", pero esta más cerca a moderado.

Adjunto se integran algunas evaluaciones - efectuadas tanto a café tostado y molido, como al café soluble.

Hay dos propiedades de sabor en el café tostado que son altamente deseables para la retención de sabores en el café instantáneo: 1) "cuerpo de la bebida"; 2) Tostado oscuro.

El "cuerpo puede ser obtenido de las mejores propiedades naturales de un café secado en la cereza. El problema con el cuerpo de la bebida - causada por cafés de edad es que estos cafés son - usualmente asociados con sabores no deseados, espe- cialmente sabores fermentados.

El tostado oscuro le da al café instantáneo una mejor retención de sabor tanto en la extracción como en el secado, debido a que las sustancias aceitosas que se producen, ayudan a la retención del sabor.

PRINCIPALES EFECTOS DE PROCESO EN EL SABOR DEL CAFÉ SOLUBLE.

Tostado

Sabor

Causa

Falta de cuerpo, que mado, aceitoso.

Estas características de sabor son causadas por un tostado oscuro, donde el proceso de tostado ha sido llevado más allá del desarrollo del sabor completo y/o contenido óptimo de volátiles, hasta que la mayor parte de los volátiles de una naturaleza deseable son arrojados dejando una gran cantidad de residuos poco ácidos. La ruptura de la estructura celular del grano tiende a poner en libertad muchos coloides aceitosos. Tostados-oscuros son usualmente aplicados a cafés de bajo grado los cuales por este medio eliminan algunos sabores y olores desagradables.

Blando, pastoso, nuez, verde.

Estas características de sabor son causadas por un tostado ligero. Similares características de sabor se derivan también por un tostado lento donde hay mayor secado del grano, pero no es el tipo de destrucción química por destilación (pirólisis) que es necesaria para el desarrollo total de sabores inherentes en el café verde de buena calidad.

Sabores desbalanceados, quemados y verde.

Estos sabores se desarrollan por granos tostados no uniformemente, lo cual puede significar un tostado de una mezcla con diferentes propiedades físicas, tales como granos más chicos o más grandes, viejas y nuevas cosechas, granos secos y húmedos, granos densos y menos densos.

Cuerpo, acidez, aroma.

Mezclando después de tostado, es posible obtener con los diferentes cafés tostados el desarrollo completo de sabor. El problema con este tipo de operación es que lleva más tiempo que el gastado por una mezcla de cafés verdes antes del tostado.

Sabor fuerte, piridina. Un sabor fuerte, indeseable, que puede estar presente en un café instantáneo originado por la excesiva cantidad de agua utilizada en el apagado del café tostado. El agua residual absorbida en los granos, libera el CO₂ que protege al grano y permite la entrada de suficiente oxígeno al grano dañándolo considerablemente y como consecuencia ocurrirán cambios químicos antes de que el café entre al proceso de extracción.

MEZCLA

Sabor	Causa
Sabor insipido.	<p>a) Los robustas no son ácidos, entonces dan una bebida blanda cuando es empleado en porcentajes altos.</p> <p>b) Aguas de consumo alcalinas neutralizan moderadamente la acidez de la mezcla escogida.</p>
Falta de aroma.	<p>a) Cafés arábigos faltos en aromáticos.</p> <p>b) Alto en cafés braileños.</p> <p>c) Alto en robustas.</p>

Sabor	Causa
Falta de cuerpo.	a) Alto en cafés brasileños. b) Alto en cafés arábicas de baja altura.
Cuerpo, vino.	a) Alto en cafés arábica de altura. b) Alto en robustas de sabor fuerte. c) Mezclas con naturales.
Mal sabor.	a) Sabores de cafés descompuestos. b) Uso de cafés fermentados. c) Otros tipos de sabores sucios.

EXTRACCION

Acido, astringente, seco, aroma a paja.	Un alto rendimiento de solubles es acompañado por ácidos. Estos olores y sabores son fácilmente identificados. Estos sabores y aromas son objeccionables y extraños en el sabor de la bebida. El pH puede ser bajo, dependiendo de la mezcla, alrededor de 4.8.
Caramelo, aspero.	No obstante que el sabor caramelo es un sabor distintivo, cuando es dominante es objeccionable. Esto puede ocurrir en el extractor, con excesivo tiempo, condiciones de tempe-

Sabor

Causa

ratura destruyen volátiles que constituyen el sabor del café. Calentamiento o evaporación del extracto también destruye o remueve sabores volátiles.

Débil, insípido.

Una pérdida de volátiles del café puede contribuir a una bebida débil en sabor. Un alto rendimiento de hidrólisis diluye el sabor del café. Contaminación con fierro, aluminio o cobre puede destruir el sabor del café rápidamente. Exposición del extracto al aire (oxígeno) causa pérdida de sabor. Un gran inventario de solubles dentro del sistema extractor también produce un sabor insípido debido al incremento del tiempo de residencia de los constituyentes del sabor del café.

Sabor fuerte, piperidina, Tratamiento de calor, olor nauseabundo.

El manejo de los aromáticos del café en el sistema extractor con tiempos de ciclos muy largos y con un calentamiento radical entre columnas del extracto, produce un sabor característico que es fácil de identificar. Un olor y sabor similar puede desarrollarse por el manejo del polvo por periodos prolongados a tempe

Sabor

Causa

raturas elevadas en una corriente de aire o por permitir al café molido hu medecerse y por consecuencia oxidarse.

SECADO DEL EXTRACTO.

Sabor insipido.

Un porcentaje extraordinariamente alto del contenido de sabor del extracto se pierde cuando se seca a bajas concentraciones. Esta pérdida es particularmente obvia a concentraciones menores de 25% siendo mas obvia la retención a concentraciones mayores a 35%. Extractos tibios o calientes pierden mas de su sabor en el secado que el mismo extracto frío. Un polvo con un pequeño promedio de tamaño de particula tambien tiene un sabor débil tanto como un polvo de excesiva baja humedad, por ejem., 1% en lugar de 3,5% el cual es lo normal.

Quemado y caramelizado. Un sabor ocurrente no muy común, pero que puede ocurrir con altas temperaturas del aire tanto de salida como de entrada. La formación de paredes de polvo sobre la pared del secador, carboniza este polvo el cual va cayendo poco a poco dentro de la producción normal de polvo.

Sabor

Causa

Tratamiento de calor, olor nauseabundo, <u>textura</u> polvosa.	El polvo es expuesto al aire caliente por horas y días. Debido al polvo fino y no como se preparo la materia, - el aire se adhiere a la superficie de la partícula <u>dán</u> dole un aspecto polvoso.
Sulfuroso, aceitoso.	Combustión incompleta en secadores de calentamiento directo contamina el aire que es absorbido en el polvo. La completa combustión del <u>azú</u> fre todavía resulta en la <u>adsorción</u> por lo que se <u>reco</u> mienda el uso de un <u>combusti</u> ble bajo en contenido de <u>azú</u> fre.

TIPO DE CAFE				
LAVADO				
NATURAL	✓	✓	✓	
DESMANCHE				
ROBUSTA				
GRADO DE TOSTADO	B	A-B	A	
AROMATICOS Y SABOR	ESCALA	A, B, C, D		
AGUDO				
CEREAL				
FERMENTADO				
FRUTAL		B	B	
MADERA	A	A-B	A	
SUCIO				
TIERRA MOJADA	A-B	A	A	
VERDE				
OTROS				
AGRIO - DESCOMPUESTO				
MOHO				
HUMEDAD				
SABOR ACIDO	B	A	A	
SABOR AMARGO	B	A	A	
ASTRINGENCIA	B	A-B	A	
FUERZA EN LA TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	L-M	L	
CALIFICACION 0 -10	0	3	3	

TIPO DE CAFE				
LAVADO				
NATURAL	✓	✓	✓	
DESMANCHE				
ROBUSTA				
GRADO DE TOSTADO	B	B	B	
AROMATICOS Y SABOR	ESCALA	A, B, C, D		
AGUDO		B		
CEREAL				
		B	B	
FERMENTADO				
FRUTAL	A	A	A	
MADERA	A-B	A	A	
SUCIO				
TIERRA MOJADA	A	A-B	A	
VERDE	A	B	B	
OTROS				
AGRIO - DESCOMPUESTO				
MOHO				
HUMEDAD				
SABOR ACIDO	A	A	A	
SABOR AMARGO	A	A	A	
ASTRINGENCIA	A	A	A	
FUERZA EN LA TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
CALIFICACION 0 - 10	0	1	1	

TIPO DE CAFE				
LAVADO				
NATURAL				
DESMANCHE	✓	✓	✓	
ROBUSTA				
GRADO DE TOSTADO	B-C	C	B	B
AROMATICOS Y SABOR	ESCALA	A, B, C, D		
AGUDO		A	A	A
CEREAL				
FERMENTADO				
FRUTAL	B	A-B	C	B
MADERA	A	B-C	B-C	B-C
SUCIO	A	B	B	A-B
TIERRA MOJADA	A	A	A	A
VERDE	A-B	A-B	C	B
OTROS				
AGRIO - DESCOMPUESTO				
MOHO				
HUMEDAD				
SABOR ACIDO	A	A	A	A
SABOR AMARGO	A	A	A	A
ASTRINGENCIA	A	A-B	A-B	A-B
FUERZA EN LA TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	L-M	L-M	L-M
CALIFICACION 0 - 10	0	3	3-4	3

TIPO DE CAFE				
LAVADO				
NATURAL				
DESMANCHE				
ROBUSTA	✓	✓	✓	
GRADO DE TOSTADO	A-B	A	A	
AROMATICOS Y SABOR	ESCALA	A, B, C, D		
AGUDO				
CEREAL	A	C	C	
DURO				
FERMENTADO				
FRUTAL				
MADERA				
SUCIO				
TIERRA MOJADA				
VERDE	A	A-B	A-B	
OTROS				
AGRIO - DESCOMPUESTO				
MOHO				
HUMEDAD				
SABOR ACIDO	A	A	A	
SABOR AMARGO	A	A-B	A-B	
ASTRINGENCIA	A	A	A	
FUERZA EN LA TAZA LIG. - MED. - FUERTE	L	L	L	
CALIFICACION 0 - 10	0	2-3	2-3	

TIPO DE CAFE				
LAVADO				
NATURAL				
DESMANCHE				
ROBUSTA	✓	✓	✓	
GRADO DE TOSTADO	B	B	B	
AROMATICOS Y SABOR	ESCALA	A, B, C, D		
AGUDO				
CEREAL	B	B	B	
DURO				
FERMENTADO				
FRUTAL				
MADERA				
SUCIO				
TIERRA MOJADA				
VERDE		A	A-B	
OTROS				
AGRIO - DESCOMPUESTO				
MOHO				
HUMEDAD				
SABOR ACIDO	A	A	A	
SABOR AMARGO	A	A	A	
ASTRINGENCIA	A	A	A	
FUERZA EN LA TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	LM	LM	
CALIFICACION 0 -10	0	2-3	1	

CAFE SOLUBLE

165

CARACTERISTICAS				
GRADO DE TOSTADO CLARO - MED. - OSC.	M	M	M	
IMPACTO AROMATICO LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
AROMATICOS EN EL CAFE PROCESADO	ESCALA	A, B, C, D		
CARAMELO	B	B-C	B-C	
CEREAL				
DURO				
FERMENTADO				
HULE	B	B	A	
MADERA	A			
RE-CALENTADO	B	B-C	B-C	
RECINOSO				
SUCIO				
VERDE				
VINO				
OTROS				
SABOR ACIDO	A	B	B	
SABOR AMARGO	B-C	C	C	
ASTRINGENCIA	A	B	B	
FUERZA EN TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
CALIFICACION 0 - 10	-	5	5	

CAFE SOLUBLE

166

CARACTERISTICAS	0	1	2	
GRADO DE TOSTADO CLARO - MED. - OSC.	M	M	M	
IMPACTO AROMATICO LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
AROMATICOS EN EL CAFE PROCESADO	ESCALA	A, B, C, D		
CARAMELO	B	B		
CEREAL				
DURO				
FERMENTADO				
HULE				
MADERA	B	B	B	
RE-CALENTADO				
RECINOSO	A	A	B	
SUCIO				
VERDE				
VINO				
OTROS				
SABOR ACIDO	A-B	A-B	B-C	
SABOR AMARGO	A-B	A-B	B-C	
ASTRINGENCIA	B-C	B-C	B-C	
FUERZA EN TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
CALIFICACION 0 - 10	-	2.	4	

CAFE SOLUBLE

167

CARACTERISTICAS	REFERENCIA	M ₁	M ₂	
GRADO DE TOSTADO CLARO - MED. - OSC.	M	M	M	
IMPACTO AROMATICO LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
AROMATICOS EN EL CAFE PROCESADO	ESCALA	A, B, C, D		
CARAMELO	A	A	A	
CEREAL	A	A	A	
DURO				
FERMENTADO				
HULE				
MADERA	A	A	A	
RE-CALENTADO				
RECINOSO				
SUCIO				
VERDE	A	A	A	
VINO				
OTROS				
SABOR ACIDO	A	<u>A-B</u>	<u>A-B</u>	
SABOR AMARGO	A	<u>A-B</u>	<u>A-B</u>	
ASTRINGENCIA	A	<u>A-B</u>	<u>A-B</u>	
FUERZA EN TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
CALIFICACION 0 - 10	-	2	2	

CAFE SOLUBLE

CARACTERISTICAS	REFERENCIA	M ₁	M ₂	
GRADO DE TOSTADO CLARO - MED. - OSC.	OSC.	OSC.	OSC.	
IMPACTO AROMATICO LIG. - MED. - FUERTE	F	F	F	
AROMATICOS EN EL CAFE PROCESADO	ESCALA	A, B, C, D		
CARAMELO	B-C	B-C	B-C	
CEREAL				
DURO	B	B	B-C	
FERMENTADO				
HULE				
MADERA				
RE-CALENTADO				
RECINOSO	B-C	B-C	B-C	
SUCIO				
VERDE				
VINO				
OTROS				
SABOR ACIDO	A-B	A-B	A-B	
SABOR AMARGO	B-C	B-C	B-C	
ASTRINGENCIA	B-C	B-C	B-C	
FUERZA EN TAZA LIG. - MED. - FUERTE	F	F	F	
CALIFICACION 0 - 10	0	3	5	

CARACTERISTICAS	REFERENCIA	M ₁	M ₂	M ₃
GRADO DE TOSTADO CLARO - MED. - OSC.	M	M	M	
IMPACTO AROMATICO LIG. - MED. - FUERTE	M	M	M	
AROMATICOS EN EL CAFE PROCESADO	ESCALA	A, B, C, D		
CARAMELO	B	A-B	B	
CEREAL				
DURO				
FERMENTADO				
HULE				
MADERA	A-B	B	A	
RE-CALENTADO				
RECINOSO	B	A-B	B	
SUCIO				
VERDE				
VINO	B	A-B		
OTROS				
SABOR ACIDO	A	A-B	A	
SABOR AMARGO	B-C	B-C	B-C	
ASTRINGENCIA	A	B	A	
FUERZA EN TAZA LIG. - MED. - FUERTE	M	L-M	M	
CALIFICACION 0 - 10	-	4.	2	

CAPITULO VII

COMPOSICION QUIMICA DEL CAFE VERDE

El grano de café es de una composición química compleja, tan variable como su naturaleza y los cuidados que se tengan en el cultivo. De acuerdo con ésto, el análisis de la composición química se rá aproximado. En él se mostrará cuáles son sustancias solubles en agua y cuáles no.

PRINCIPALES CONSTITUYENTES

Agua.- Los cafés verdes comercializados - contienen generalmente un nivel de agua entre 10 y 13%. Las legislaciones de los estados productores así como las de los países consumidores, fijan entre 12 y 13% la tasa límite admisible. Por encima de 12.5%, la conservación del café se ve comprometida, especialmente en medio húmedo; no tarda en enmohecer y decolorarse. Por el contrario, es raro que los cafés se comercialicen con menos del - 10%.

Algunos autores, como (Morris y Wood) han demostrado cómo ciertas reacciones químicas que se producen en los cafés húmedos modifican su capacidad para dar después del tostado productos aromáticos y sabrosos y estiman que está alteración se - evita cuando el contenido de agua en los granos es inferior al 10%. También se sabe que la vida del esclote (stephanoderes) es imposible en los granos que contienen como máximo 12.5% de agua. Este porcentaje ejerce influencia sobre el tostado que es más rápido cuanto más secos están los granos. - Navellier hace observar que en el curso de dicha -

operación un café natural pierde más agua de la que contiene y explica que este fenómeno aparentemente paradójico por la liberación de moléculas de agua cuyos átomos de hidrógeno y de oxígeno son extraídos de moléculas orgánicas transformadas.

Carbohidratos.- Los carbohidratos varían de simples azúcares a disacáridos, a triosas, etc. hay almidones en el grano verde y dextrinas (almidones solubilizados por calor) en el grano tostado. Grandes moléculas de carbohidratos son pentosanas, los cuales producen manosa y galactosa en la hidrólisis. Los pentosanos son parte del gran grupo de polisacáridos llamadas hemicelulosa, los cuales son solubles en alcalí. Las holocelulosas son insolubles en alcalí. La lignina es un material amorfo de alto peso molecular, el cual es insoluble en sosa cáustica o bisulfito. La fórmula química de la lignina está relacionada con la del ácido cafeico o alcohol coniferílico. Las holocelulosas son solubles en ácido sulfúrico concentrado y produce glucosa.

Además, hay glucósidos de proteínas y proteínas que están asociadas con aceites y lípidos.- Algunos autores estiman que su presencia es capaz de influenciar la conservación de sus cualidades organolépticas.

Estas grasas ricas en sustancias insaponificables que no se eliminan con los procedimientos de refinado corrientes, lo que las hacen inapropiadas para numerosas utilizaciones. Sus características estudiadas en el aceite extraído del orujo de café son las siguientes:

Indice de yodo	97.6
Indice de saponificación	180.6
Acidez libre en ácido oleico	0.27%
Insaponificable	5.84%
Indice de peróxido	5.2

(Según Khan y Brown).

Proteínas.- Los cafés verdes contienen de 1 a 3% de nitrógeno total, formando parte de diversas combinaciones, de las cuales las principales son prótidos y alcaloides. Algunos aminoácidos azufrados (cistina, metionina) principalmente en grupos mercaptanos, contenidos en los protidos del café, juegan un papel importante en la formación del aroma del café tostado.

Cenizas.- En el café verde el contenido de cenizas es casi 60% K_2O , 15% P_2O_5 , 15% CaO y MgO (en una relación de 1:2) y 0.5% Na_2O . Los aniones son casi 5% SO_3 , 1% SiO_2 y 1% cloruros.

Ácidos y taninos.- Los granos de café contienen diversos ácidos orgánicos, especialmente ácidos fenólicos que presentan carácter de taninos. Los taninos clorogénicos están representados especialmente en los granos bajo la forma de ácido clorogénico (4-8%) en estado de clorogenato doble de cafeína y de potasio. Este compuesto se destruye en gran parte en el curso del tostado liberando el alcaloide.

Existen en el café otros ácidos orgánicos cuya detección y medida son factibles gracias a los métodos cromatográficos. Se han identificado claramente, aparte del ácido clorogénico, los ácidos: cafeico, oxálico, málico, cítrico, tartárico acético, etc.

Alcaloides y otras sustancias nitrogenadas no proteicas. Los principales alcaloides del café son la cafeína y la trigonelina; en menor cantidad lo acompañan otras bases nitrogenadas: betaina, colina.

Los cafés verdes contienen generalmente de 1-2.5% de cafeína. Los arabica son los menos ricos, con una media de 0.8 - 1.5%, mientras que los robusta el contenido varia por término medio entre 1.6 - 2.2%; algunos alcanzan un 2.8% e incluso sobrepasan el 3%.

En el café verde la cafeína está combinada en forma de una sal doble, el clorogenato de cafeína y de potasio, la cafeína o trimetil 1-3-7 xantina, es la homóloga superior de la teobromina. Su fórmula es $C_8H_{10}O_2N_4H_2O$ o bien $C_8H_{10}O_2N_4$ (cafeína anhidra).

La trigonelina es la metilbetaína del ácido nicotínico. Los cafés verdes la contienen entre 0.4 y 1.2%. Su descomposición, durante el tostado está relacionada con la aparición del ácido nicotínico (vitamina P.P o niacina).

COMPOSICION QUIMICA DEL CAFE VERDE
BASE SECA - APROXIMADO

CLASES Y COMPONENTES	SOLUBILIDAD EN AGUA	% DEL CAFE VERDE		
		%	TOTAL	SOLUBLE
1 Carbohidratos			60	
Azúcares reductores	Soluble	1.0		
Sacarosa	"	7.0		
Pectinas	"	2.0		
		10.0		10.0
Almidones	Fácilmente <u>so</u> lubilizados	10.0		
Pentosanas	"	5.0		
		15.0		
Hemicelulosas	Hidrolizables	15.0		
Halocelulosas	Fibra no hidro- lizable	18.0		
Lignina	"	2.0		
		20.0		
2 Aceites	Insoluble	13.		
3 Proteínas (Nx6.25)	Depende del % de proteína desnatu- ralizada	13		4
4 Cenizas como óxidos	Depende del % <u>hi</u> drólizado.	4		2
5 Acidos no volátiles				
Clorogénico	Soluble	7.0		
Oxálico	"	0.2		
Málico	"	0.3		
Cítrico	"	0.3		
Tartárico	"	0.4		
		8.2	8	8
6 Trigonelina	Soluble		1	1
7 Cafeína (Arábica 1.0%, ro- busta 2.0%)	Soluble		1	1
			100	100

TABLA 4

COMPOSICION QUIMICA DEL CAFE TOSTADO (BASE SECA)

	<u>% SOLUBLES</u>	<u>% INSOLUBLES</u>
1 Carbohidratos (53%)		
Azúcares reductores	1 - 2	
Azúcares caramerlizados	10 - 17	7 - 0
Hemicelulosa (hidrolizable)	1	14
Fibra (no hidrolizable)	-	22
2 Aceites		15
3 Proteínas (Nx6.25) los aminoácidos son <u>so</u> lubles.	1 - 2	11
4 Cenizas (Oxido)	3	1
5 Acidos no volátiles		
Clorogénico	4.5	-
Cafeico	0.5	-
Químico	0.5	-
Oxálico, Málico, Cítrico,		
Tartárico	1.0	-
Acidos volátiles	0.35	-
6 Trigonelina	1.0	-
7 Cafeína (arábicas 1.0%, Robustas 2.0%).	1.2	-
8 Fenolicos (estimado)	2.0	-
9 Volátiles		
CO ₂	Trazas	2.0
Esencia de aroma y sabor	0.04	-
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	27 a 35	73 a 65

COMPOSICION QUIMICA DE LOS SOLUBLES DEL CAFE Y DE LOS INSOLUBLES (GRANZA).

Compuesto químico o clase	<u>% SOLUBLES</u>	<u>% GRANZA</u>
1 Carbohidratos (3-5% de azúcares reductores) (complejos)	35.0 15.0	65 --
2 Aceites (y ácidos grasos)	0.2	18
3 Proteínas (aminoácidos y complejos)	4.0	15
4 Cenizas (óxido)	14.0	fracción de 1%
5 Ácidos no volátiles		
Clorogénico	13.0	--
Cafeico	1.4	--
Quínico	1.4	--
Otros	3.0	--
6 Trigonelina	3.5	0.10
7 Cafeína (Arábicas) (Robusta)	3.5 (7.0)	0.1 --
8 Fenoles (estimado)	5.0	
9 Volátiles		
Antes de secado - ácidos y esencia	(1.1)	no
Después de secado	no	no
TOTAL	100	98

C A P I T U L O VII

CONCLUSIONES

1. El principal efecto que tiene el proceso del café soluble sobre sus propiedades organolépticas es la etapa de secado. En esta etapa la pérdida de aromáticos por volatilización se incrementa notablemente debido a las temperaturas a las que se somete el extracto y al corto tiempo de residencia dentro del secador; entre los principales aromáticos que se volatilizan podemos citar: acetaldehído, metilformato, furano, sulfuro de dimetilo, propionaldehído, metil furano, isobutiraldehído, metanol, metil etil cetona, butiraldehído, diacetil, n-valeraldehído, piridina, ac. acético, ac. propionico, ac. isobutírico, furfural, n-ac. valérico, cresol.

Una alternativa para reducir la pérdida de aromáticos es aumentando la concentración del extracto, ya que la cantidad de agua a remover es menor. Otra alternativa para reducir la pérdida de aromáticos por volatilización es reducir las temperaturas de secado y aumentar la altura del secador, con lo cual se aumenta el tiempo de residencia del producto dentro de la cámara de secado.

2. Hace algunos años se desarrolló la técnica del secado por Liofilización (Freeze Drying), técnica que pretende preservar valiosos constituyentes fisiológicos; sabores, aromas, estructura por períodos largos, así que después de la reconstitución la calidad es casi idéntica a la -

del producto fresco. El problema que presenta este proceso es que los costos de producción son muy altos y sólo países en los cuales se obtenga el nitrógeno como sub-producto de la producción de oxígeno líquido, pueden producir este tipo de café. Además el costo de producción elevaría el precio de venta del producto terminado, el cual en México no es muy competitivo con el precio del café obtenido por aspersión.

En el desarrollo del presente se observó que hay otros factores que afectan ligeramente las propiedades organolépticas del café soluble como son:

Los cuidados que se tengan con el grano desde su cultivo hasta el producto final serán definitivos en la calidad de una buena taza de café.

El tostado es un punto clave dentro del proceso ya que es en éste, donde se desarrollan las características de aroma y sabor. Un tostado muy ligero o un tostado muy oscuro producirán características muy diferentes de aroma y sabor en el producto final.

La etapa de extracción es realmente la etapa crítica de producción ya que es en ésta donde realmente la operación se hace comercial. El utilizar cafés de baja calidad o el no seguir los lineamientos de proceso hacen que disminuya el rendimiento de la operación, lo que repercute finalmente en una menor cantidad de café soluble seco producido.

BIBLIOGRAFIA

1. Boletín Técnico Cafetalero
Instituto Mexicano del Café
Junio - Agosto 1976.
2. Chemical Engineers' Handbook
Perry and Chilton
Mc Graw Hill 1973.
3. Chemistry and Physiology of Flavors
Schultz, Day and Libbey
Avil 1967.
4. Coffee Processing Technology
Sivetz Vol. 1 y 2
Avi 1963.
5. Drying of Milk and Milk Products
Hall and Hedrick
Avi 1966.
6. Fundamentals of Food Engineering
Charman
Avi 1971.
7. El Café
R.L. Coste
Ed Blume 1968.
8. Mass Transfer Operations
R. Treybal
Mc Graw Hill 1965.

9. Principles of Unit Operations
Foust
John Wiley 1960.
10. Producción Moderna del Café
A. Haarer
CECSA 1977.
11. Recomendaciones Prácticas sobre el Beneficio -
Húmedo del Café en México
Instituto Mexicano del Café 1972.
12. Second Colloque Internationale sur la Chimie -
des Cafe's Verts Torréfiés et leurs Derivés
Institut Francais du Café et du Cacao
Mai 1965.



Impresiones Lupita

MEDICINA No. 25
FRACC. COPILCO UNIVERSIDAD
CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.
TEL. 548-49-79