

5 A
24

301802



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**CAMBIO DE AROMA Y GUSTO DURANTE EL PROCESAMIENTO
Y ALMACENAMIENTO DEL CAFE INSTANTANEO**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO
P R E S E N T A
GEORGINA BENITEZ CABRERA

MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página
ANTECEDENTES	1
OBJETIVOS	3
 <u>CAPITULO 1 - GENERALIDADES</u>	
1.1 HISTORIA DEL CAFE.....	4
1.2 BOTANICA.....	6
1.3 COSECHA.....	10
1.4 COMPOSICION.....	14
1.5 AROMATICOS DEL CAFE.....	17
 <u>CAPITULO 2 - PROCESAMIENTO DEL CAFE</u>	
a) SELECCION DEL GRANO VERDE.....	28
b) SEPARACION DE LA PULPA.....	28
1. Fermentación de los granos por microorganismos propios del grano.....	28
2. Desprendimiento químico de la capa mucilaginosa.....	29
3. Fermentación con adición de enzimas.....	30
4. Digestión alcalina de la capa mucilaginosa.....	30
c) SECADO DE LOS GRANOS VERDES.....	31
1. Utilización de aire caliente y una tela en el fondo de un tanque.....	26
2. Secado de Wilken.....	32
3. Secador de Guardiola.....	32
d) TOSTADO.....	34
1. Tostadores continuos.....	39
2. Tostadores de lecho fluidizado rotacionales.....	39
3. Sistema de tostado de baja temperatura.....	40
4. Sistemas de tostado de alta temperatura.....	43
e) MOLIENDA.....	45

CAPITULO 3 - CAFE INSTANTANEO

3.1 EXTRACCION.....	50
3.2 DESCAFEINIZACION.....	55
3.3 DESHIDRATACION.....	62
a) Método de secado por aspersión.....	63
b) Método de secado por liofilización.....	67

CAPITULO 4 - REINCORPORACION DE AROMA EN EL CAFE INSTANTANEO

4.1 TECNICAS QUE INVOLUCRAN LA RECUPERACION DE AROMATICOS VOLATILES DURANTE EL PASO DE LA EXTRACCION.....	71
a) Técnica Heyman.....	71
b) Técnica Bolt.....	72
c) Técnica Sivetz.....	72
d) Técnica Liu.....	74
e) Técnica Pflugger.....	86
f) Destilación de volátiles aromáticos al vacío.....	90
4.2 TECNICAS QUE INVOLUCRAN LA REINCORPORACION DE AROMATICOS VOLATILES AL POLVO DE CAFE INSTANTANEO O SOLUBLE.....	94
a) Técnica de plateado.....	94
b) Técnica de encapsulado.....	104
c) Técnica de aromatización por medio de partículas microporosas.....	110

CAPITULO 5 - EMPACADO Y EVALUACION SENSORIAL

5.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS ENVASES DEL CAFE INSTANTANEO.....	115
5.2 EMPACADO.....	116
a) Empaquetado de café soluble e instantáneo.....	116
b) Empaquetado de café instantáneo secado por aspersión.....	117
c) Empaquetado de café instantáneo secado por lioofilización.....	120

	Página
5.3 ENVASES PARA CAFE INSTANTANEO.....	121
5.4 EVALUACION SENSORIAL DEL CAFE INSTANTANEO.....	124
CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFIA	135

ANTECEDENTES

Dada la importancia comercial del café, y gracias al desarrollo de la tecnología se logró obtener café instantáneo cuyo principal objetivo es su completa solubilización proporcionando de esta manera, mayor rapidez en su preparación y como consecuencia mayor comodidad para el consumidor. (56)

A partir de 1957 el café instantáneo, fue procesado -- por percolación y secado por aspersion, con grandes pérdidas en el sabor y aroma, como consecuencia del proceso. (45)

El incremento en la producción de café instantáneo se inicia a principios de los años cincuenta del presente siglo, surgiendo la necesidad de incorporar aromáticos para estimular su consumo. (56) (45)

La inestabilidad y la pérdida de volátiles aromáticos en el café tostado, principalmente aldehídos, cetonas, compuestos de nitrógeno, alcoholes e hidrocarburos, no son consecuencia exclusiva de la extracción, de la aromatización, ni de la fijación sino también del envase y las condiciones de almacenamiento. (14)

La importancia en el estudio bibliográfico de las formas de reincorporar aromas en el café instantáneo, no sólo -- nos permite el mejoramiento en la calidad del producto, sino también la aplicación de estas técnicas para reincorporar aromas en productos naturales en polvo tales como jugos de frutas cítricas, té, concentrados etc. (56) (45) (14)

OBJETIVOS

Objetivos fundamentales del presente trabajo bibliográfico.

1. Efectuar una revisión bibliográfica del mejoramiento de la calidad del café instantáneo mediante métodos de -- reincorporación de volátiles propios del café

2. Describir los empaques adecuados para que el café instantáneo mantenga sus propiedades aromáticas durante su almacenamiento.

1. GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DEL CAFE

Hacia el siglo XIII, se remontan los primeros cultivos de café en Etiopía. Sobre su descubrimiento, han surgido di - versas leyendas pero ninguna ha podido ser comprobada. (21)

Desde la antigüedad el fruto del cafeto era utilizado como alimento, ya sea entero o triturado. Posteriormente se consumió como jugo fermentado y por último se extrajo para -- preparar una bebida caliente. (57)

Hasta 1700 aproximadamente, únicamente se bebía café - en Arabia conocido como "Vino Gabivah", en Turquía como "Rah-verh", posteriormente se comenzó a cultivar en Java y Ceilán, Jamaica, Santo Domingo, Bolivia, Cuba, Venezuela, Brasil y de esta forma se extendió por todo el mundo. Apartir de 1908 ad-quirió verdadera importancia comercial. (10) (57)

A la fecha el mayor productor de café es Brasil, segui do por Colombia y diversos países, ocupando México el cuarto lugar de la producción mundial. (57)

Año con año, el consumo de café es mayor, la facilidad de su preparación, su agradable presentación, característicos aroma y sabor han hecho posible que diversas industrias comercializan más de cien millones de libras de café instantáneo - anuales en todo el mundo. (10)

El café soluble o café instantáneo fue manufacturado - durante la guerra civil de los Estados Unidos, y durante la - Primera y Segunda Guerra Mundiales, pero no fue comercializa- do hasta justamente después de la Segunda Guerra Mundial en - 1957. La facilidad de preparación lo ha hecho ser aceptado -- mundialmente sin importar la idiosincracia de los países. (57)

En nuestro país, en el mercado es posible adquirir las siguientes presentaciones de café para consumo directo. (25)

TABLA No. 1

PRESENTACIONES DE CAFE

Café tostado con azúcar
 Cafe tostado sin azúcar
 Café tostado y molido con azúcar
 Café tostado y molido sin azúcar
 Café soluble e instantáneo
 Café soluble e instantáneo descafeinado

1.2 BOTANICA

Los granos del café, son producidos por los arbustos - llamados cafetos pertenecientes al género *Coffea* (*Coffea arábica*, *Coffea liberica*, *Coffea canephora*) de la familia de las Rubiáceas. Se cultiva en climas tropicales; los cafetos re -- quieren de un clima húmedo de tierras ricas en minerales; de -- ben estar protegidos de la incidencia directa de los rayos -- del sol y de los vientos fuertes. (70)

Las semillas se siembran en porciones de tierra y una vez germinadas se trasplantan a macetas como se muestra en la figura 1. (49) Cuando alcanza una altura aproximada de 30.5 a 46 cm. (que es alcanzada aproximadamente en un año), se trans -- plantan por último a su región en el campo. En el segundo o -- tercer año algunos arbustos florecen y se presentan algunos -- frutos, sin embargo, la producción completa se presenta des -- pués de cinco años. (70) (49)

El cafeto presenta hojas pulidas de color verde obscu -- ro, del cual brotan flores blancas, semejantes al jazmín; al -- canza unos 10 metros de altura pero se le mantiene podado a -- no más de 3 ó 4 metros para facilitar la recolección de los -- granos, la figura 3 muestra la rama del cafeto (*Coffea arábica* -- ca. (27)

El fruto tiene la apariencia de una cereza pequeña y -
en su interior lleva de 1 ó 2 semillas rodeadas de una pulpa
amarillenta. Los granos de café, son de color verde azulado.
(16)

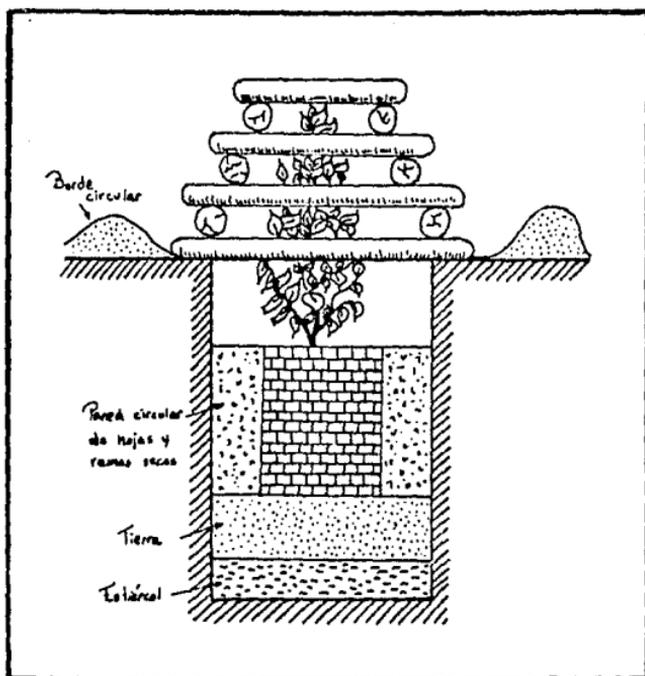


Fig. 1 Sistema empleado para proteger al desarrollo de la planta de café. (8)

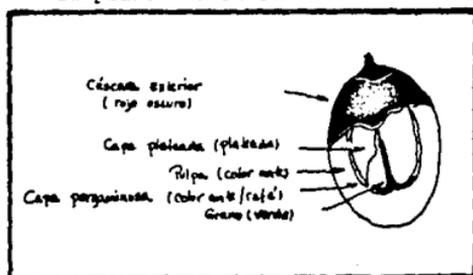


Fig. 2 Estructura del fruto del Cafeto. (49)



Fig. 3 Rama del Cafeto (*Coffea Arabica*). (70)

1.3 COSECHA

La recolección se efectúa en forma manual. Los frutos se encuentran por lo general en racimos y los recolectores seleccionan los granos de acuerdo a su madurez y al tipo de café que se desea elaborar. El grano de café verde se deja secar por lo general en las misma región de cultivo. (27)

La altitud de países como Colombia, Venezuela, Costa Rica, Guatemala y México es elevada, presentan temperaturas de 20 a 24 grados centígrados, que permiten mayor humedad en el ambiente, menor contacto directo con la luz solar, (debido a las nubes), menor cantidad de insectos y un suelo más margo (que contiene marga, piedra que se compone de carbonato de cal y arcilla), sin embargo, la planta de café presenta menor y sus granos son más pequeños. Por lo anterior y como promedio aproximado, cada cafeto produce unos 2000 frutos cada año, cada fruto contiene sólo dos granos de café y estos 4000 granos en total sólo rinden alrededor de medio Kg. de Café molido. (49) (27) (16)

Como se puede observar en la tabla No. 2, presentada a continuación, la cosecha de los granos varía de dos a seis meses dependiendo del país donde se ultive. (63) Es importante mencionar que existen cafetos que producen durante un siglo. (16)

Tabla No. 2⁽⁶³⁾

Tiempo de cosecha del café

<u>País</u>	<u>Tiempo de cosecha</u>
Brasil	Mayo - Septiembre
Medellín	Octubre - Enero
Armenia	Marzo - Mayo
Manizales	Octubre - Enero
Colombia	Bogotá
	Girardot y Neiva
	Honda y Líbano
	Bucaramanga
	Cucuta
	Marzo - Mayo
México	Enero - Marzo
	Octubre - Diciembre
Venezuela	Noviembre - Marzo
Ecuador	Junio - Agosto
Angola	Junio - Noviembre
Etiopía	Octubre - Marzo
Arabia	Septiembre - Marzo

En la tabla No. 3, se presentan las diferencias físico químicas en cuanto a la composición del café crudo y el café tostado, las diferencias principales son la pérdida de agua, caramelización de azúcares, pérdida de sustancias orgánicas, concentración de la cafeína, pérdida de fibra cruda, esto resulta principalmente por la acción del calor sobre estos componentes a la que comúnmente se le denomina "Pirólisis" que se detalla más ampliamente en la parte referente al tosto. (30)

(16)

Tabla No. 3

Composición del café crudo y tostado. (16)

	<u>Crudo %</u>	<u>Tostado %</u>
Agua	10.73	2.16
Azúcar	8.62	0.75
Cafeína	1.07	1.20
Fibra cruda	24.00	13.03
Extracto Eterio	11.08	13.75
Extracto Acuoso	30.35	12.62
Cenizas	3.00	4.03
Dextrina	0.86	-
Acido Tánico	9.02	-

La tabla No. 4, se señalan rangos de contenidos de cafeína en diferentes productos de café, se observa que el café tostado y molido contiene en promedio mayor cantidad de cafeína que el Instantáneo, éste último posee menor cantidad de cafeína en promedio por la pérdida durante el proceso ya que se solubiliza. (16) (46)

TABLA No. 4

CAFEINA CONTENIDA EN DIFERENTES PRODUCTOS DE CAFE. (66)

PRODUCTO	RANGO (mg)	PROMEDIO (mg)	
Café tostado y molido	64-124	83	Burg (1975) Gilbert, col. (1976)
Café instantáneo Soz.	29-117 40-108	66 59	Gilbert, col. (1976) Burg (1975)
Café tostado y molido	2-5	3	Burg (1976)
Decafeinado Soz.	1-2	1	Gilbert, col. (1976)
Café Tostado y Molido (Goteo) Soz.	56-176	112	Gilbert, col. (1976)
Café instantáneo (pe.colador y goteo) 5 oz.	29-176	74	Gilbert, col. (1976)

1.4 COMPOSICION

Existen diversas variedades de granos de café, sin embargo, todas producen reacciones psicológicas y físicas en los humanos. Las reacciones producidas por el café, están sujetas a diversos factores ambientales, químicos y físicos. Las personas habituadas a beber café, experimentan efectos agradables y desagradables como nerviosismo, malestar intestinal, insomnio, etc. (15)

Todos estos efectos positivos y negativos son causados por la cafeína en diferentes concentraciones en los productos de café. (66)

La cafeína no produce alteraciones mortales; sus efectos se describen como síntomas de cafeinismo. (63) (15) (30)

Los síntomas del cafeinismo se pueden dividir en cinco grupos. (8)

1. Estimulación Cerebral

- a) Mayor velocidad de pensamiento.
- b) Se incrementa la asociación de ideas.
- c) Mejoramiento de la memoria.

2. Contribución al sentimiento de bienestar.

- a) Contrarresta el sueño.
- b) Contrarresta la fatiga psicológica y mental.
- c) Hace al individuo más alerta.

3. Alivia el dolor de cabeza (migraña)

- a) Dilata algunos vasos sanguíneos y la sangre fluye con mayor rapidez hacia el cerebro.
- b) Estimula la corteza cerebral (SNC).
- c) Incrementa el ritmo de la respiración.
- d) Incrementa la urinación y/o la defecación.

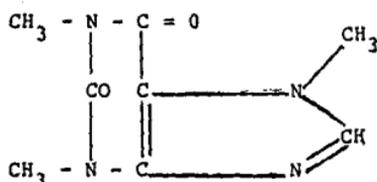
4. Aumento de la temperatura corporal.

- a) Aumento de la velocidad de circulación sanguínea y se acompaña de un incremento en la transpiración.

5. Estimulación Cardio Vascular.

- a) El pulso no se altera.
- b) La presión de la sangre no se incrementa, debido a la dilatación de los vasos sanguíneos.
- c) Sin embargo, existe un mayor bombeo de sangre hacia el corazón.

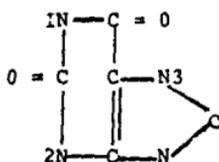
La cafeína es un derivado de la purina de E. Fisher.⁽⁶⁶⁾



Cafeína (1,3,7 trimetilxantina)

La cafeína se presenta en las semillas de café y en las hojas de té, en el mate, en la nuez de cola, se presenta en forma de cristales blancos que funden a 234°C, es poco soluble en agua fría, soluble en agua caliente.⁽⁸⁾

Es un derivado metilado de la xantina que constituye el grupo de alcaloides púricos entre los que se encuentran la teofilina, alcaloide del té; la Teobromina, Alcaloide del Cacao. Estas sustancias de distribución natural guardan una relación con las purinas y el ácido úrico.⁽⁸⁾



	1	2	3
Xantina	H	H	H
Cafeína	CH ₃	CH ₃	CH ₃
Teofilina	CH ₃	CH ₃	H
Teobromina	H	CH ₃	CH ₃

1.5 AROMATICOS DEL CAFE

La percepción del aroma se inicia con la captación de los aromáticos volátiles. Dicha captación se inicia en los receptores olfativos estimulados por el aroma, para poder percibirlo, las moléculas aromáticas deben ser volátiles y además debe existir una corriente de aire que les sirva de transporte para alcanzar los centros olfatorios de la nariz. (6)

Cada uno de los receptores olfativos tienen vellosidades que penetran la mucosa que cubre el epitelio olfatorio. Los olores estimulan estas vellosidades que producen un cambio en el potencial eléctrico que se transmite al cerebro a través del nervio olfatorio. (20)

Los seres humanos contamos con un gran habilidad para recordar aromas, sin embargo, aún se desconoce el mecanismo por el cual, el cerebro puede recibir y detectar diferencias en los aromas. (2)

Entre los métodos analíticos utilizados para obtener un perfil de aromáticos en el café hervido y café instantáneo se tienen la cromatografía de gases y la espectrometría de masas. (19)

La tabla No. 5 presenta la composición promedio de aromáticos en el café tostado y la correspondiente al café instantáneo. (66)

Tabla No. 5 ⁽⁶⁶⁾

Componentes aromáticos en el café tostado e instantáneo

<u>COMPONENTES</u>	<u>CAFE TOSTADO</u> (ppm)	<u>CAFE INSTANTANEO</u> (ppm)
Acetaldehído	2.43	0.71
Propionaldehído	0.30	0.038
Butilaldehído	0.03	0.0
Isobutilaldehído	0.64	0.14
Isovaleraldehído	0.14	0.019
Acetona	1.99	0.55
Metil etil cetona	0.78	0.11
Diacetilo	0.61	0.24
2,3-Pentanodiona	0.64	0.11
Furano	0.11	0.004
Metifurano	0.29	0.008
Sulfuro de hidrógeno	0.14	0.010
Dimetil sulfuro	0.12	0.0
Metil mercaptano	0.12	0.022
Formato de metilo	0.32	0.02
Metanol	0.78	0.03
Etanol	0.03	0.0
Isopreno	0.026	0.0
Total	9.50	2.01

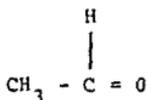
El total de componentes aromáticos en el café instantáneo se ve disminuido considerablemente, resultante de las altas temperaturas utilizadas durante el proceso de extracción.

GRUPOS DE COMPUESTOS ORGANICOS A LOS QUE PERTENECEN
LOS PRINCIPALES COMPUESTOS AROMATICOS DEL CAFE

ALDEHIDOS

Acetaldehído. Componente volátil cuyo punto de ebullición es de 21°C, se considera irritante para la membrana mucosa. Su concentración en el aroma del café es baja, encontrándose en una proporción promedio aproximada de 2.43 ppm en el café tostado. (66)

El acetaldehído es producto de la hidrólisis del café cuando se tuesta y tiene como peculiaridad el conservarse aún después del secado por evaporación, éste imparte un aroma suave y no pungente al café. (68) (66) (36)



Acetaldehído

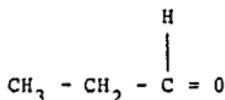
Etanal

Propionaldehído. Componente volátil cuyo punto de ebullición es de 49°C. Se presenta también en diversos frutos y tiene aroma que sugiere ciruelas o manzanas sobremaduras. (66)

Si se añade a un extraccio o a un polvo soluble, su pre-

sencia puede detectarse aún en concentraciones inferiores a 50 ppm. (68)

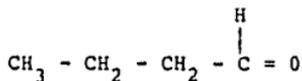
En el café tostado su concentración promedio aproximada es de 0.30 ppm. Forma parte del aroma pero no es una nota sobresaliente del sabor. (66) (36)



Propionaldehído

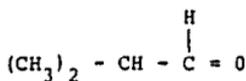
Propanal

Butiraldehído. Tiene dos isómeros el n-butiraldehído cuyo punto de ebullición es de 76°C y el Isobutiraldehído que -- ebulle a 64°C. Ambos imparten aromas relacionados con productos lácteos, particularmente aromas a suero de leche o queso tipo azul. (66) (36)



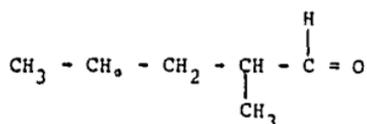
n-butiraldehído

Butanal



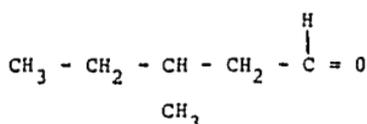
I.Obutiraldehído

Valeraldehído. Además de la configuración de cadena lar ga normal, presenta dos isómeros; con 2 metil y 3 metil. El punto de ebullición del n-valeraldehído es de 103°C⁽⁶⁶⁾ (36)



-metil valeraldehído

2 metilpentanal

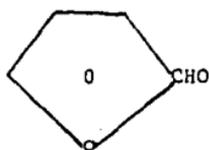


-metil valeraldehído

3 metilpentanal

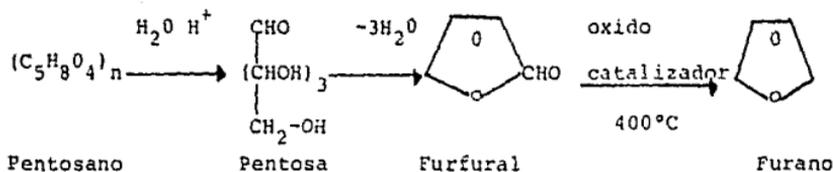
Furfural. Se presenta en cantidades insignificantes en -- granos como el maíz. La importancia del furfural en el café, -- radica en su aroma que se relaciona con el de la paja.⁽⁶⁶⁾

Comercialmente, el furfural se obtiene a partir de pen-- tosanos mediante hidrólisis ácida la cual en el caso del café ins-- antáneo se presenta durante el tostado y la extracción. Su punto de ebullición es de 162°C. (68) (36) (38)



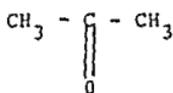
Furfural

2- Furanocarboxaldehído



CETONAS

Acetona. Componente volátil de punto de ebullición de -57°C en el café tostado se presenta una concentración promedio aproximada del 20%. Su aroma es característico de solvente orgánico, en dulce y pungente. ⁽⁶⁶⁾ Su incorporación al café tostado o instantáneo es en una concentración menor de 50 ppm, - les imparte aroma y sabor suave y cierto dulzor. ⁽⁶⁶⁾ (36)



Acetona

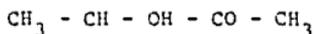
Propanona

Diacetil. "Componente volátil de punto de ebullición de 88°C . Su aroma y sabor es dulce similar al de la mantequilla, enriquece considerablemente el del café y por ello es muy importante". Su sabor puede detectarse en el café tostado aún en concentraciones de 1 a 2 ppm. ⁽⁶⁸⁾ (66)



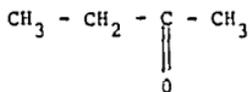
Diacetilo

Acetoína o Acetil metil carbinol. Su punto de ebullición es de 148°C. Al oxidarse da como resultado diacetilo. Su sabor es similar al de la mantequilla. (66)



Acetil metil carbinol

Metil etil cetona. Compuesto volátil de punto de ebullición de 80°C. Se presenta en el café instantáneo y es soluble de 10 a 20 ppm. Su aroma es similar a la acetona pero es menos volátil. (66) (36)



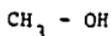
Metil-etil-cetona

Butanona

ALCOHOLES

Alcohol metílico. Su punto de ebullición es de 64°C se encuentra en el café tostado en bajas concentraciones pero aún así su presencia es detectable, aroma y saber característico a

alcohol. (66) (35)



Alcohol métilico

ESTERES

Formiato de metilo. Su punto de ebullición es de 32°C.
Se encuentra en el extracto del café en un 4%. (66)

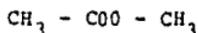
Formiato de etilo. Su punto de ebullición es de 54°C.
Se encuentra en la esencia del café en un 0.3%. (66) (1)



Ion Formiato

"Los esteres volátiles tienen olores a fruta característicos. Los esteres, junto con las cetonas son responsables del aroma y la fragancia de muchos frutos, entre ellos el café".
(1)

Acetato de metilo. Su punto de ebullición es de 57°C.
Se encuentra en la esencia del café en un 2% al 5%. (66) (1)

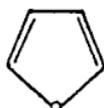


Acetato de metilo

COMPUESTOS HETEROCICLICOS

Furano y metil furano. Compuestos volátiles cuyos puntos de ebullición son: Furano 32°C y metil furano 63°C. Se encuentran presentes en la esencia del café en una concentración de 3 al 5 por ciento. (66)

El furano tiene un aroma similar al benceno pero no es desagradable, el metil furano tiene un aroma similar pero es desagradable. (68) (38)



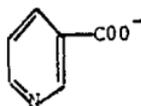
Furano

Piridina.- Su punto de ebullición es de 115°C. Tiene un aroma que se asocia con aromas quemados y sus derivados contribuyen al sabor amargo. (8) (38)



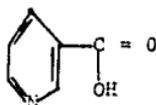
Piridina

Trigonelina. Sólido blanco cristalino que se presenta en el café verde en una concentración del 1 al 1.3 por ciento y en el café tostado en una concentración de 0.9 al 1.2 por ciento. Su sabor es amargo. (66) (38)



Trigonelina

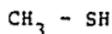
Niacina o ácido nicotínico. Se desarrolla al ser tostado el café verde; se presenta en una concentración de 100 ppm. en el café fuertemente tostado. (66) (38)



Ac. Nicotínico

COMPUESTOS DE AZUFRE

Metil mercaptano. Su punto de ebullición es de 8°C, su aroma se detecta en el aire en concentraciones de partes por billón. Como otros compuestos de azufre volátiles, los mercaptanos presentan aromas desagradables en concentraciones altas. Forma parte del sabor y aroma del café. (66) (65)



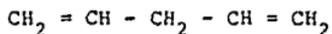
Mercaptano

Sulfuro de hidrógeno. Su punto de ebullición es de 60°C. Se caracteriza por su aroma a huevo podrido. Su presencia en el aroma y sabor en el café tostado es inferior a 1 ppm. Recuerda el aroma de palomitas de maíz. (66)

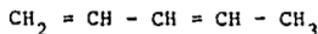
Disulfuro de Carbono. Su punto de ebullición es de 46°C. Se presenta en 0.2 por ciento en el extracto del café y aproximadamente en 1 ppm en el café tostado. Su aroma no es fuerte, más sin embargo, contribuye al aroma general del café. (66)

HIDROCARBUROS

Pentadieno. Presenta dos isómeros, sus puntos de ebullición correspondientes son 42°C para el 1,3 pentadieno y 26°C para el 1,4 pentadieno. Su aroma es fresco y aromático pero -- tiene poca intensidad en una concentración aproximada de 12 ppm. (66) (37)



1,4 Pentadieno



1,3 Pentadieno

2. PROCESAMIENTO DEL CAFE

a) SELECCION DEL GRANO VERDE

Se separan los granos verdes y maduros de los granos picados o fermentados. (49)

Es importante que la proporción de los granos inmaduros no sea elevada, pues en caso contrario no se tuestan uniformemente produciendo aromas poco agradables además de no producir el aroma característico del café tostado. (49)

b) SEPARACION DE LA PULPA

El grano se despoja de la pulpa y del recubrimiento mucilaginoso, que lo rodea. (49)

Para la separación del recubrimiento mucilaginoso y de la pulpa existen diversos métodos:

1. fermentación de los granos por microorganismos propios del grano. (59)

Comúnmente el café es colocado dentro de un tanque de -

madera en otros casos se utilizan tanques de concreto con una cantidad de agua suficiente para cubrir al grano. La primera digestión se lleva a cabo por medio de las enzimas péclicas -- propias del grano y la segunda digestión se realiza por levaduras y bacterias que culminan el desprendimiento de la capa mucilaginosa.

Después de la digestión es necesario lavar perfectamente el tanque, la falta de higiene provoca el desarrollo de microorganismos que producen sabores indeseables en el producto.

El tiempo requerido para este tipo de digestión natural es de 6 a 72 horas dependiendo principalmente, de la temperatura de la capa mucilaginosa y de la concentración de las enzimas péclicas. Por ejemplo si la temperatura es de 30°C la capa mucilaginosa es delgada se requiere de un mínimo de tiempo de 36 hrs.

2. Desprendimiento químico de la capa mucilaginosa. (59)

La pulpa del grano verde es tratada con álcali, la neutralización de grupos carboxilo de las pectinas que se encuentran en el grupo. El tratamiento con ácido diluido causa hidrólisis y despolimerización.

Este método químico es rápido pero tiene la gran desven

taja de ser una reacción exotérmica que tiene una temperatura de 38°C que destruye algunas enzimas y microorganismos propios del grano.

3. Fermentación con adición de enzimas. (59) (5)

Para acelerar la digestión de la capa mucilaginosa, se adiciona pequeñas cantidades de enzimas que también se encuentran en el grano como son pectinmetilesterasas, que hidrolizan los enlaces éster metílicos; poligalacturonasas, que rompen el enlace glucosídico entre las moléculas de ácido D-galacturónico; pectin transelimininasas o liasas tienen la propiedad de formar dobles enlaces entre los carbonos 4 y 5 de la molécula D-galacturónico, lo que trae como consecuencia el rompimiento del enlace glucosídico y la reducción de la viscosidad de las dispersiones de pectinas. La preparación de pectinasas comerciales se obtienen de hongos entre los cuales el *Aspergillus niger* es el más común.

Las enzimas rompen las moléculas largas produciendo cadenas cortas hasta simples ácidos monomoleculares y ésteres. El tiempo de reacción es reducido de 8 a 35 hrs.

4. Digestión alcalina de la capa mucilaginosa. (59)

Una solución de hidróxido de sodio, disuelve la capa mu

cilaginosa rápidamente, efecto que no degrada la calidad del -
café si se utiliza en forma adecuada, pero es peligrosa para -
la manipulación en soluciones concentradas.

Una concentración de 3 a 5% de sosa o de 6 a 8% de car-
bonato de sodio en solución se lleva a cabo de 30 minutos a --
una hora se puede también mezclar con enzimas comerciales redu-
ciéndose así el tiempo de digestión de la capa mucilaginosa.

c) SECADO DE LOS GRANOS VERDES

Se secan parcialmente, ya sea por exposición al sol o -
en secadores. Se reduce la humedad en un 53% a un 12%.⁽⁶¹⁾

El secado por exposición al sol, lleva de dos a cuatro
semanas, se voltea el grano para lograr que sea uniforme el se-
cado. ⁽³⁰⁾

El secado mecánico se lleva a cabo por diferentes méto-
dos, a continuación se mencionan algunos de los más comunes.⁽⁶²⁾

1. Utilización de aire caliente y una tela en el fondo
de un tanque. ⁽⁶²⁾

Uno de los más simples secadores utilizados consiste en
un tubo de tabique horizontal, en lo más alto existe un reci-

ducto axial con perforaciones radiales en el brazo.

La capacidad de este secador es de 5450 Kg., disminuye la humedad de un 53% a un 12% de humedad en cerca de 36 horas, se utiliza sobre todo en Costa Rica.

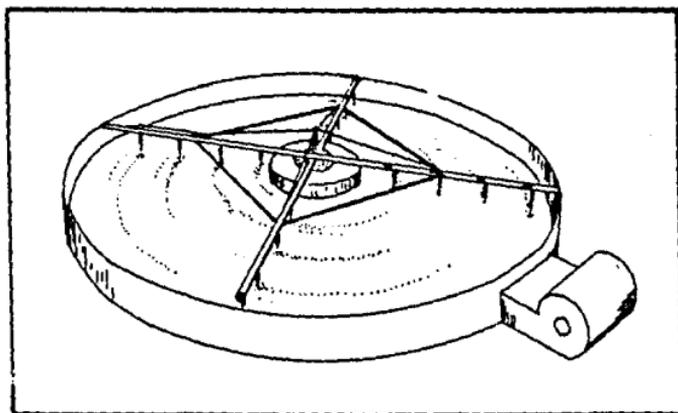


Fig. 4 Secador de Wilken. 61

d) TOSTADO

El proceso de tostado no sólo tiene como finalidad la pérdida de humedad, sino es determinante para lograr sabores y aromas deseados, los cuales son el resultado de un determinado grado de pirólisis química, de común acuerdo con el tipo de grano verde. (60)

Se entiende por pirólisis, la descomposición de una substancia por la acción del calor. El término de origen griego significa: pyr (fuego) y lysis (pérdida). (34)

El grado de pirólisis no tan sólo es determinado por el cambio físico como es: el color, la forma y la pérdida de peso sino también por diferentes grados de reacción. Estos cambios químicos cuantificados por primera vez por Polin y Aims en 1942" enmarcaron la relación de ácido destilado, la relación de grupos carbonilos, la relación de dimetil sulfuro y la relación comúnmente usada entre diacetil/acetil propionil que se muestra en la tabla No. 6 para diferentes tipos de grano de café tostado. (60)

La relación de diacetil/acetil propionil nos señala el grado de oxidación del acetil metil carbinol que da como resultado el diacetil carbinol. (34)

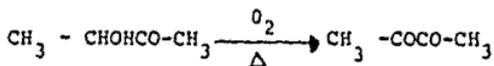
Tabla No. 6⁽⁵²⁾

Diferentes temperaturas finales de tostado de algunas variedades de granos de café verde

<u>Variedad</u>	<u>Temperatura final de tostado (°C)</u>	<u>Relación de diacetil/acetil propionil</u>
Santos	205.5	1.05
América Central	208.3	1.07
Peruano	211.6	1.14
Maracaibo, Cubano	215.0	1.23
Medellín, Armenio	216.11	1.30
Colombiano	221.11	1.65
Bucaramanga	221.60	1.67

Tabla No. 7
Grado de tostado⁽⁵²⁾

<u>Relación</u>	<u>Grado de tostado</u>
Diacetil/acetil propionil	
menor de 1.1	claro
de 1.1 a 1.3	medio
mayor de 1.3	oscuro



acetil metil carbinol

diacetil carbinol

Todas estas relaciones han podido ser cuantificadas por medio de aparatos sensibles como es la cromatografía de gases.

De acuerdo a la pirólisis se llevan a cabo numerosas reacciones químicas como son: oxidación, reducción, hidrólisis, polimerización y descarboxilación. (60)

Sacarosa. La cual constituye cerca del 7% del grano verde. Sufre una simple caramelización. Es primeramente deshidratada después es hidrolizada y conforme la temperatura aumenta es parcialmente degradada dando como resultado volátiles orgánicos, agua y dióxido de carbono. (60)

Almidón y dextrinas. En presencia de agua sufren hidrólisis para producir polisacáridos que más tarde son solubilizados en el paso de hidrólisis en el precolador. Una pequeña porción de almidón sufre caramelización y dependiendo del grado de hidrólisis sufre carbonización. (60)

Pentosa. Parcialmente produce furfural que da aroma característico a cereal.

Celulosa y hemicelulosa. Constituyen la fibra cruda del grano, la cual en su mayor parte es insoluble en agua, ocurre hidrólisis y caramelización aunque en menor grado comparado -- con moléculas de carbohidratos. Es importante mencionar que el cambio físico aparente, en la estructura celular se aprecia su ficientemente suave para permitir el hinchamiento del grano -- por la liberación de gas. (60)

Volátiles. El aroma y el sabor son formados y retenidos dentro de la estructura celular del grano. Los volátiles son - en su mayor parte aldehídos y cetonas de las protefnas y carbohidratos que sufren degradación bajo calentamiento con una pe-queña cantidad pero característico olor a sulfuros proveniente de ciertas protefnas. (60)

Protefnas. Son insolubles en agua, son desnaturalizadas a temperaturas por debajo a la temperatura de pirólisis. Prime-ramente se hidrolizan los enlaces peptídicos para dar grupos - carbonilos y aminos. El sulfuro de hidrógeno que proviene de - algunas protefnas que contienen el elemento azufre en su molé-cula, difícilmente permanece en el grano tostado, como también ocurre con el metil mercaptano y dimetil sulfuro. (60)

Es impo-rtante mencionar que debido a la presencia de -- aminoácidos y aminos liberadas durante la hidrólisis el grano de café tostado adquiere un ligero aroma a pescado y amonia -
co. 60

Cafeína. Químicamente, la cafeína es estable a la temperatura de tostado aunque existe una cierta solubilización. (60)

Aceites. En el grano de café verde, son parcialmente insaturados por lo que son susceptibles al rompimiento del doble enlace bajo condiciones drásticas de temperatura. Los aceites vegetales son glicéridos así que el calentamiento de estos en presencia de agua y ácido, causa hidrólisis que dan como resultado glicerina y ácidos grasos. La presencia de los ácidos grasos reducen la tensión superficial de los extractos de café -- disminuyendo la cantidad de espuma en taza.

Tostadores.

Existen básicamente dos tipos de tostadores, los continuos y los que son por lotes. (48)

Los tostadores continuos son usados en plantas de producción a gran escala, tienen la ventaja de la eficiencia, uniformidad de tostado y mayor rendimiento en cuanto al peso. (48)

En los tostadores de operación continua se usa comúnmente aire caliente a 318°C, durante cinco minutos, teniendo una carga de 4540 Kg/Hr. Al terminar el tostado se debe efectuar un repentino enfriamiento, esencial para poder detener la reacción de pirólisis. Frecuentemente se usa un rocío de agua que es suplementario al aire frío utilizado. (48)

Los tostadores por lotes requieren de aire caliente a 427°C durante quince minutos. Usualmente tienen una capacidad de carga de 227 Kgs., utilizándose de la misma forma el enfriamiento rápido que en los tostadores continuos. (48)

Los tostadores por quemador, comúnmente son tostadores cilíndricos perforados, que son rotados sobre gas que proporciona la combustión. Los granos son por contacto con la cáscara alcanza un calentamiento uniforme que penetra hacia el centro del grano. (48)

1. Tostadores Continuos.

2. Tostadores de Lecho Fluidizado Rotacionales.

Se define el término de "fluido" como la mezcla de gases inertes con propiedades de fluido, el término "lechos fluidizados rotacionales" se emplea para describir un lecho de sólidos el cual es fluiziado y en donde los sólidos continuamente circulan.

Los sólidos continuamente circulan hacia arriba en las regiones periféricas del tanque de reacción, en el interior de la parte superior del lecho, hacia abajo en la región interna del tanque rotacional, y en el exterior en la parte más bajo del lecho. (48)

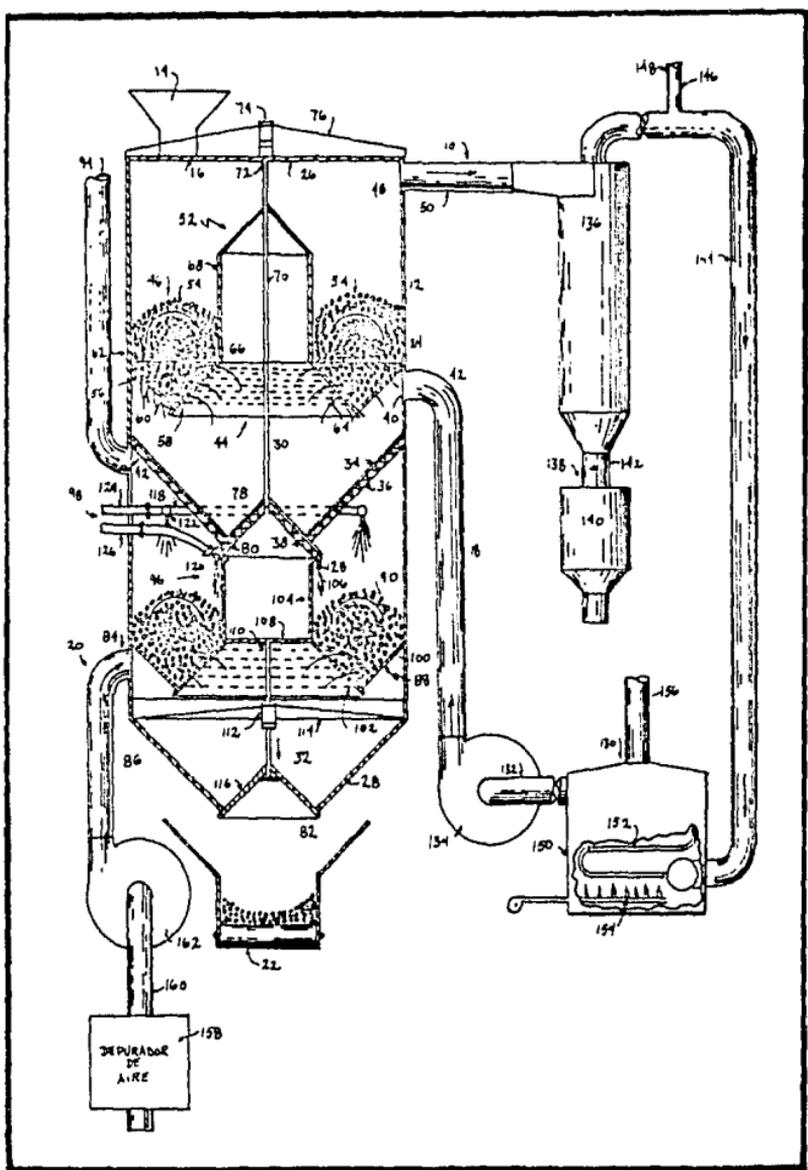


Fig. 5 Tostador de granos de café verde. (48)

3. Sistema de Tostado de Baja Temperatura.

La figura 5 muestra el aparato de tostado de café y partículas sólidas en concordancia con las principales partes de este tipo de tostador.

Sistema de tostado incluye, un tanque de reacción 12 - dentro del cual los granos de café verde son colocados desde una tolva 14 a través de una entrada 15, fluido caliente tostador y sistema circulante 18, fluido enfriador y sistema circulante 20, y un transportador 22 dentro del cual los granos tostados son descargados.

El más importante componente del sistema de tostado es el tanque de reacción 12. El tanque de reacción tiene un cilindro orientado verticalmente 24 cerrado en los más alto y en la parte más baja sellado por una pared plana 26 y comprende una base de tronco cónico 28 respectivamente. Aproximadamente en el punto medio de la corteza 24 es dividido en una sección la más alta de tostado 30 y la sección más baja de enfriamiento - 32 por un tronco cónico invertido 34. Un apropiado aislamiento 36 es usado en la parte más baja de la división 34 para minimizar la transferencia de calor proveniente de la sección de tostado 30 a la sección de enfriamiento.

Una segunda apertura 40 formada en la corteza del tan -

que de reacción 24 sobre la división 34, acomodado una boca de conducto 42 por un fluido tostado caliente. El fluido corre del conducto 42 dentro del tanque de reacción, por medio de un control de fluido 44, y después hacia arriba a través del lecho 46 de granos son tostados, pasan por un escape 48 y por último se vacía dentro de un conducto 50. En adición a las partes descritas también se cuenta con un mecanismo de descarga 52 que controla la transferencia de los granos del lecho 46 provenientes de la sección de tostado 30 a la sección de enfriamiento 32 de el tanque de reacción.

El control del fluido 44 es uno de los más importantes componentes del tanque de reacción 12 también las cámaras de mecanismo de descarga 52 controla la transferencia de los granos en el lecho 46 de la sección de tostado 30 a la sección de enfriamiento 32 del tanque de reacción. El control del fluido 44 que pasa dentro del lecho 46 de esta manera se lleva a cabo el fluidizado del lecho y rota por circulación de sólidos hacia arriba en la región periférica del tanque de reacción, en el interior del centro del tanque de reacción y hacia el exterior en la parte más baja del lecho. 46.

Las ventajas de los tostadores de lecho fluidizando rotacionales sobre los tostadores por quemador son:

1. Permite enfriar y sacar simultáneamente la carga de café tostado, en el mismo tanque de proceso.
2. Permite la captura del grano sobretostado que usualmente se elimina.
3. Permite la disminución del tiempo de tostado, por consecuencia de la transferencia de calor que es más rápida.
4. Permite menor pérdida de volátiles pues los tiempos de exposición al calor son más cortos.
5. Permite un mayor rendimiento en cuanto al peso de los granos tostados obtenidos.
6. Permite una mayor uniformidad de tostado.

4. Sistema de Tostado de Alta Temperatura.⁽⁴⁸⁾

En este proceso el aire caliente por encima de 482.22°C se pasa a través de los granos para ser tostados en tiempos -- tan bajos como 20 segundos.

Los granos de café verde son tostados por el método de lecho, dentro de una columna de profundidad variable, se intro

duce aire caliente por debajo de los granos a través de éstos, sale por la parte superior por una abertura. Se prefiere la in troducción del aire a la columna, de esta manera para mantener arriba o fluidizados. La técnica facilita una rápida manera de transferir calor, además de utilizar aire también se utiliza vapor sobrecalentado, productos de combustión de gas, nitrógeno, bióxido de carbono, etc.

La temperatura del aire caliente de 287.77°C a 398.88°C se pasa a través del lecho de los granos por un intervalo de tiempo de 30 a 90 segundos. Si se decide utilizar un rango de temperatura de 232.22°C a 482.22°C , con un tiempo de calentamiento de 20 a 180 segundos. El rango de temperatura comúnmente utilizado es de 315.55°C a 398.88°C durante un tiempo de 30 a 60 segundos. Como se puede comprender, la temperatura es in versamente proporcional al tiempo. Los tiempos cortos son preferidos porque retienen un alto contenido de sólidos solubles. La presión es variable, pero es usualmente la atmosférica.

La profundidad del lecho de café. Por ejemplo, un lecho con una profundidad de 15.24 cm. requiere de un tiempo de tostado de 60 a 180 segundos con aire caliente de 287.77 a 315.55°C , cuando se tiene un lecho con una profundidad de 5.08 cm. es -- tostado en cerca de 35 segundos usando aire caliente de 343.33 a 398.88°C .

Al final del período de tostado, es importante enfriar los granos rápidamente del mismo modo que se introdujo aire caliente para fluidizar el grano, puede utilizarse aire frío, agua o ambos.

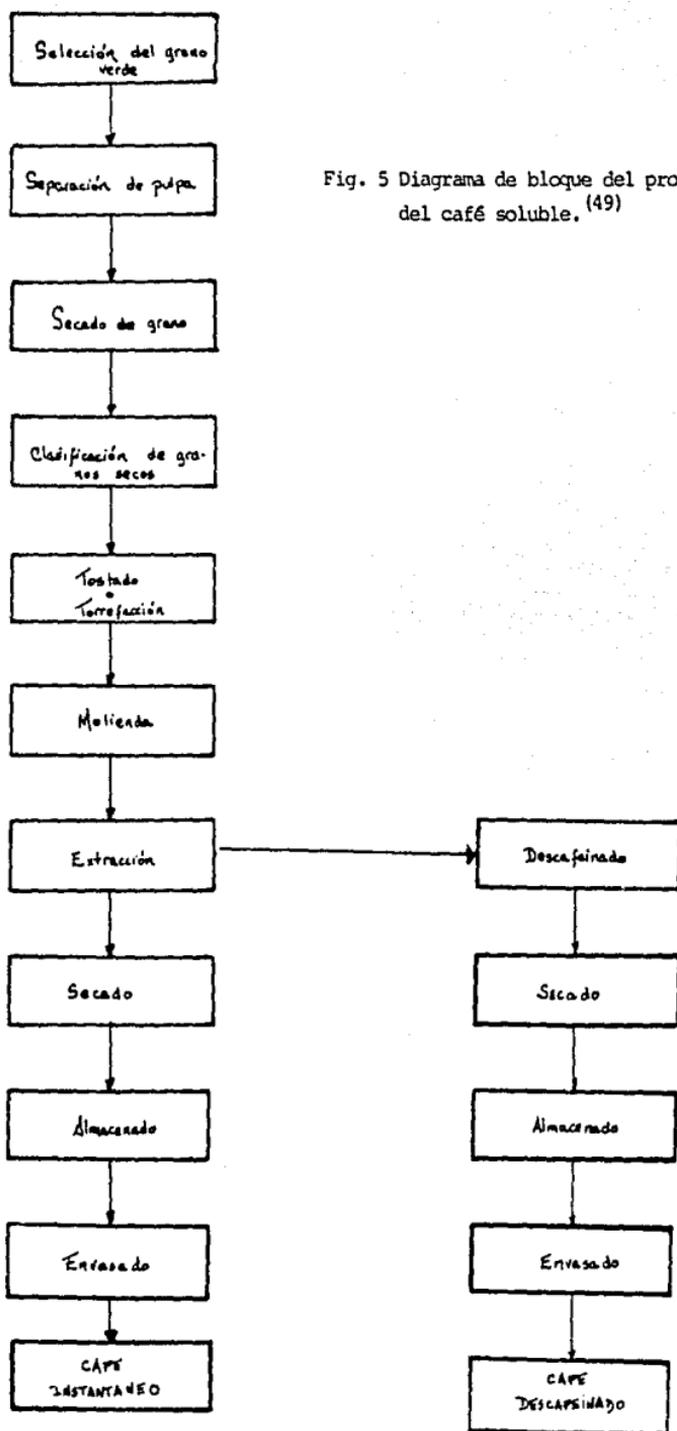
e) MOLIENDA

Después de la torrefacción o tostado, se enfrían y se muelen los granos tostados. El grado de la molienda del café tostado depende del uso al que se le destine; ya sea para un percolador, en restaurantes, en el hogar directamente o para la fabricación del café instantáneo. (31)

La clasificación mencionada en la tabla No. 6 es la recomendada por "El Departamento de Comercio" en los Estados Unidos de Norte América, que incluye tres términos: regular, goteo y fino. (31)

Es importante mencionar que el grano de café tostado fresco contiene el 100% de volátiles, pero durante la molienda del grano tostado, se pierde en la molienda preliminar cerca de 14% de volátiles aromáticos. (31)

En la Figura 5 se presenta el "Diagrama de bloque del proceso de café soluble.



Se toma un panorama completo de las operaciones unitarias del proceso de elaboración, en el cual se ha descrito hasta el momento la selección del grano verde, separación de la pulpa, secado de grano, clasificación de grano, tostado y molido. Las siguientes operaciones unitarias pertenecen a la elaboración del café instantáneo y elaboración de café instantáneo descafeinado.

Tabla No. 6 (31)

Grados de molienda del Café

	Cantidad de café retenido		Cantidad de café que pasa	Tolerancia de cantidad que pasa a través de la malla control 28	
	10-14 Malla %	10-28 Malla %	28 Malla %	No menos del %	No más del %
Regular	33	55	12	9	15
Goteo	7	73	20	16	24
Fino	0	70	30	25	40

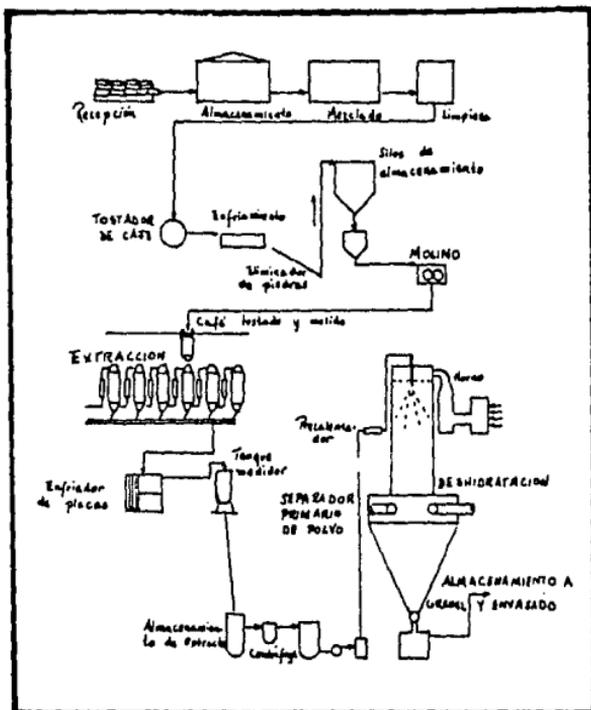


Fig. Diagrama de flujo del proceso del café soluble. (49)

3. CAFE INSTANTANEO

Aunque el café instantáneo y soluble (con leche) fue --
preparado por Gail Borden hace cerca de 100 años, el café soluble
no tuvo proyección comercial sino hasta después de la Seg-
unda Guerra Mundial. Antes de 1940, sólo un 1% del café tostado
se utilizaba para la fabricación de café soluble, pero dura-
nte la guerra este porcentaje asicende debido al consumo de
las fuerzas armadas de los Estados Unidos. De 1946 a 1961 el -
uso de café tostado para la fabricación de café soluble se incr-
ementó de un 5% a un 8%, la razón lógica fue que se ofreció
una bebida caracterfstica de café en cuanto a su aroma y sabor
con una gran ventaja en cuanto a la facilidad de preparación.
(65)

Durante la guerra, la calidad de café soluble no se tom
ó en cuenta y no fue sino hasta 1948 que se desarrollaron técni
cas para mejorar y adicionar sabor y aroma. Primeramente se
desarrolló la adaptación del método de percolación que permit-
te la obtención de un extracto concentrado; en segundo lugar
las técnicas de secado así como métodos de aromatización de caf
fé instantáneo. (55)

3.1 EXTRACCION

La extracción de los granos de café tostado y molido se lleva a cabo en una batería de extracción que incluye de 6 a 8 percoladores, unidos entre sí y que se manejan como una sola unidad. (49) (51)

Los percoladores funcionan a diferentes temperaturas, en donde el extracto se bombea de uno a otro percolador. Se hace de tal modo que el café ya percolado se filtra a través de la granza, en donde se dejan grasas y ceras que si no se eliminarán tendrían un efecto adverso en la deshidratación y estabilidad en el almacenamiento. (49)

Durante la extracción, se emplean temperaturas, de cerca de 149°C hasta 71°C donde se extraen la mayor parte de sólidos fácilmente solubles e hidroliza los carbohidratos de los granos de café, menos solubles. Tal como se muestra en la figura 7. (49)

El extracto que sale de los percoladores tiene que enfriarse rápidamente y si es posible deshidratarse inmediatamente por que el aroma y sabor pueden deteriorarse. (49)

En este tipo de extracción se utiliza generalmente agua como extractor que fluye a contracorriente al movimiento del -

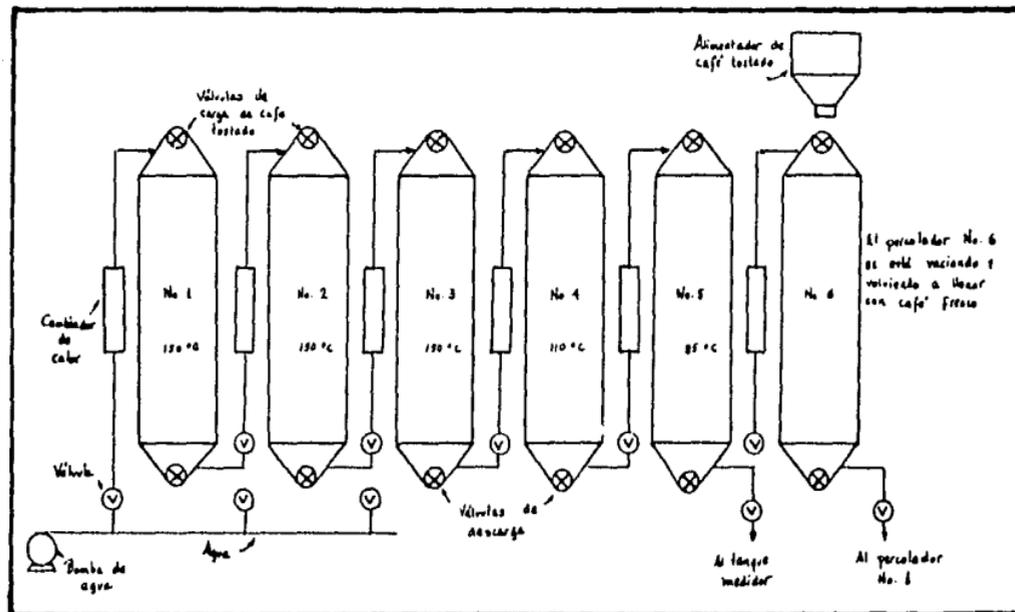


Fig. 7 Bateria de extracción a contracorriente con seis percoladores. (49)

café. El extracto obtenido de café tiene una concentración de sólidos de un 20% a un 35%, sin embargo, este extracto contiene constituyentes insolubles o difícilmente solubles, extraídos del café tostado durante el percolación. Estos constituyentes insolubles afectan primordialmente la calidad de café instantáneo o soluble que al reconstituirse con agua aparecen en forma de sedimento en taza. (11)

Para eliminar estas partículas insolubles se han aplicado diferentes métodos y equipo tales como: coladores de extracto, que utiliza filtros especiales muy finos pero este método no ha tenido éxito pues las partículas son demasiado finas para los filtros, también el uso de la centrifuga para separar las partículas insolubles, pero tiene el gran inconveniente de centrifugar también partículas que constituyen el aroma y sabor, por lo que se le considera un método poco económico e ineficaz. (5)

Compañías americanas aplican un método sencillo que se basa en la utilización del eductor o eyector que es una bomba de chorro. (51)

El eductor o eyector comúnmente se utiliza para la transformación de materiales líquidos, consiste de una cámara que aloja una perilla "venturi". Un ejemplo de eductor se muestra en la figura No. 8. (51)

El uso del eductor es aplicable a cualquier proceso de café soluble ya sea de que se use el secador por aspersión o - secado liofilizado. (51)

La agitación continua se prefiere para evitar que colapsen las partículas insolubles y formen partículas irrompibles aún con una agitación posterior. Para lograr la agitación continua, el extracto se toma del percolador hacia el tanque de - almacenamiento, conforme éste se llena una cantidad predeterminada se extrae generalmente del fondo que se deposita nuevamente en el tanque por medio del eductor. (51) (33)

Cuando se desea pasar el extracto a procesos posteriores tales como el secado por aspersión, se debe sacar el ex-tracto del vaso y pasarlo a dos corrientes; una que lo conduce al paso siguiente y otra que pasa por el eductor. (51)

Es importante la colocación del eductor ya que se tiene que colocar en la parte más baja del tanque de almacenamiento de manera que al recircular no se forme espuma, y con una in-clinación de 45° que permitirá una agitación más completa. (61)

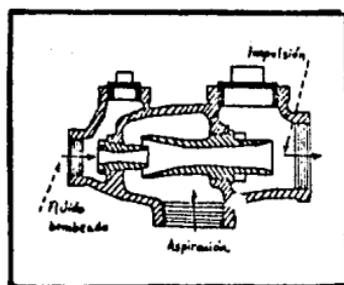
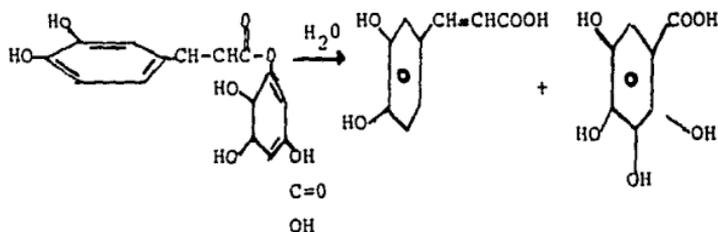


Fig. 8 Eductor o Ejector. (33)

3.2 DESCAFEINIZACION

La existencia de individuos aficionados al café, pero preocupados por los efectos fisiológicos causados por la cafeína, condujo al desarrollo del café descafeinado a principios de 1907 en Alemania. (46)

La cafeína se encuentra en el café tostado como sales del ácido clorogénico. Este compuesto se hidroliza, durante la extracción y los productos de éste son fácilmente solubles en agua caliente al igual que otros compuestos aromáticos saborizantes. (46)



ácido clorogénico

ácido caféico

ácido quínico

Los solventes comúnmente utilizados son: Benceno, Cloroformado, alcohol, acetona, acetato de etilo, así como compuestos clorados como el cloruro de metilo y tricloroetileno. (46)

La descafeinización se lleva a cabo sobre el grano verde y sobre todo el extracto de café tostado, aunque en éste el

mo la desventaja principal es la emulsión formada en la extracción líquida por lo que se refieren otros métodos. (46)

Sobre el grano verde se prefiere hacer la extracción líquido-líquido, se hincha primeramente el grano verde por tratamiento de vapor a presión, posteriormente se aplica la extracción líquido, tratando por último con vapor a presión para eliminar las trazas del disolvente. Al término de este proceso se tuestan los granos, se enfrían, se trituran y se envasa de la misma manera que el café ordinario, teniendo de un 0.07% a un 0.30% de cafeína. (46)

El café soluble o instantáneo se prefiere descafeinar por intercambio iónico, principalmente porque no perjudica el contenido de componentes volátiles desarrollados durante el tostado del café verde. (46)

La figura No. 9 es el diagrama del aparato representativo del proceso de descafeinización por resinas de intercambio iónico. Consta de cuatro torres 10 que pueden ser aumentadas dependiendo de la dimensión de las torres y de la capacidad del aparato. Cada una de las torres 10 está provista en la parte inferior de una superficie porosa 11 que tiene una cubierta 12 de tela de nylon la cual sostiene el lecho 13 que divide a la resina de intercambio iónico. (46)

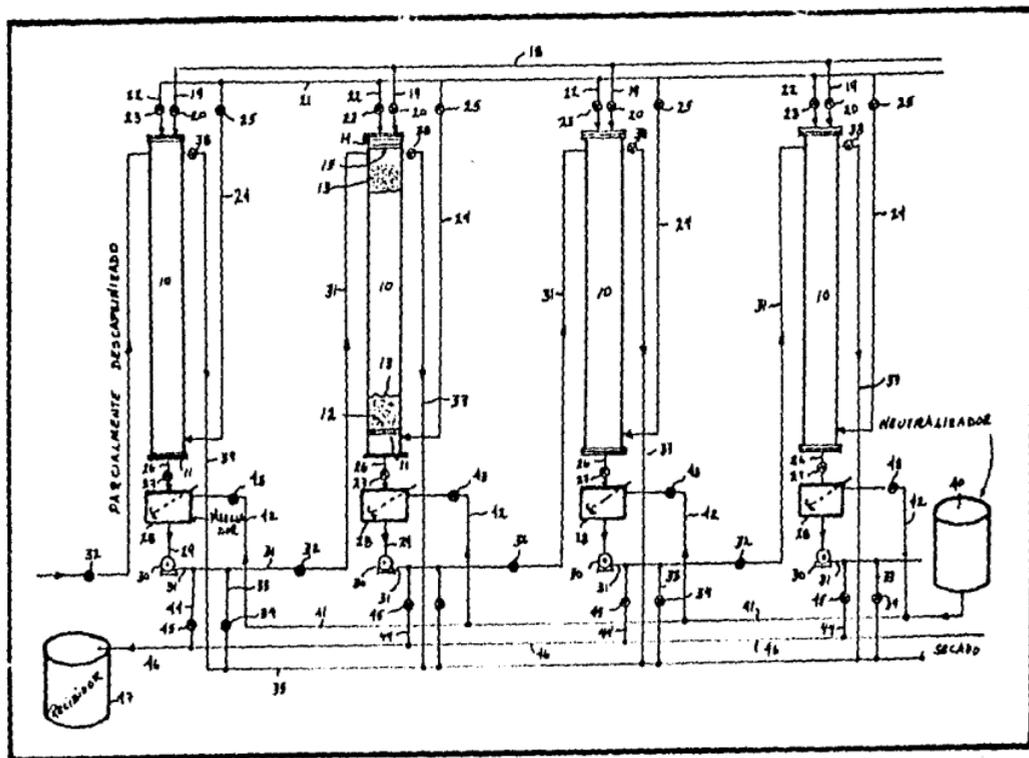


Fig. 9 Descafeinización por intercambio Iónico. (46)

Una similar división 14 con una tela de nylon 15 es colocada en la parte más alta de la torre 10 por encima del lecho de resina de intercambio iónico. La resina es de intercambio de catión (Amberlite 1R-120, una resina ácida de poliestireno sulfónico) sin embargo, otras resinas como la de ácido carboxílico y resinas de amino cuaternaria de poliestireno, son utilizadas también. (46)

La línea 18 adaptada para llevar el concentrado del café a cada una de las torres 10. Esta línea 18 es conectada a otra 19 teniendo válvulas 20 que regulan la cantidad de entrada a las torres 10. Una segunda línea 21 adaptada para conducir el agua de enjuagar o ácido de regeneración, como el ácido sulfúrico en una concentración del 7% para remover impurezas. La línea 21 se conecta a la línea 22 que introduce el agua o el ácido a cada una de las torres 10 y se regula por válvulas 23 en la parte inferior a través de la línea 24 que tiene válvulas 25.

La base de cada una de las torres 10 es conectada a una línea 26 teniendo válvulas 27 a una cámara de neutralización - 28 ésta a su vez es conectada a la línea 29 regulada por las válvulas 30 hacia la línea 31 con las válvulas 32 que conduce el flujo a la parte más alta de la torre y también está conectada a la línea 33 teniendo las válvulas 34 a una línea de drenado 35 también conectado a la línea 37 con válvula 38.

El agente neutralizador es utilizado en las cámaras de neutralización 28 proveniente de un tanque de almacenamiento 40 a través de la línea 41 conectada a su vez a las líneas 42 con válvulas 43. Las bombas 30 son también conectadas a las líneas de descarga 44 teniendo válvulas 45 en la línea 46 de la cual transporta el concentrado descafeinado al tanque de reserva 47.

En similitud con el proceso del grano verde de café son: limpiados y tostados. El grano tostado es quebrado pero no molido y es reextractado con agua o vapor a temperatura de cerca de 148,80°C, para disolver los constituyentes solubles de el grano de café. El extracto de café tiene una concentración de sólidos de 20% a 40% de los cuales contienen de un 3% a 6% de cafeína y un pH de 5 a 5.2.

El concentrado se deposita en la línea 18 a temperatura de 4.4°C a 65°C. Es alimentado desde la parte más alta de la torre 10. El extracto fluye hacia abajo a través del lecho 13 entra a la cámara de mezclado 28 de la torre correspondiente. El extracto alimentado hacia la cámara 28 es descafeinado hasta un contenido de cafeína de 0.0% a 0.01% o menos en base seca pero este extracto tiene un pH de 2. Un agente neutralizador es alimentado dentro de la cámara de mezclado 28, en forma moderada para restablecer el valor de pH de 5 a 5.2. El concentrado descafeinado es alimentado por las bombas 30 dentro de la línea 46 y por último al recipiente de reserva 47. Del reci

piente de reserva es alimentado hacia el aparato de secado por aspersión que da la forma de polvo seco que constituye el producto final.

La operación descrita es continua hasta que el concentrado entra a las cámaras de mezclado 28 con un concentrado de cafeína de 0.3% después de lo cual las válvulas 45 es cerrada y la válvula 32 es abierta para alimentar el concentrado a lo más alto de la siguiente torre, en cuanto al agente neutralizador es regulado para neutralizar el concentrado en la cámara de mezclado de la primera torre.

El concentrado descafeinado de la segunda torre es neutralizado en la cámara de mezclado 28 de la segunda torre, la válvula 45 de la segunda torres es abierta para mandar el concentrado descafeinado dentro de la línea 46. Cuando no es apreciable la descafeinización en el lecho 13 de la primera torre, la válvula 20 es cerrada y la válvula correspondiente a la segunda torres es abierta para desviar el concentrado directamente a la segunda torre.

La primera torres es reactivada por el primer abastecimiento de agua de enjuague a través de la línea 21 y la línea 22 que conecta con lo más alto de la primera torre. El agua de enjuague puede ser desmineralizada para evitar la contaminación de la resina. El flujo del agua de enjuague a través de la cá-

mara de mezclado 28 es impulsado por medio de una bomba dentro de la línea de descarga 35 a través de la línea 33.

Después del enjuague o reactivación el ácido se alimenta por la línea 21 y pasa a la torre 10 hasta que la cafeína - absorbida tiene que ser removida del lecho de resina 13. Este ácido es también alimentado dentro de línea de descarga 35 de la cual es recuperado.

Por último se cierra la válvula 23 y se abre la válvula 25 que lava nuevamente la resina pero en dirección contraria. Si se prefiere puede ser lavada la resina una o más veces.

En algunas ocasiones puede ser deseado el uso de tres o más torres en serie en el ciclo de descafeinización, dependiendo de la dimensión de cada una de las torres así como de la relación del flujo y la cantidad de cafeína que se desee remover. El afluente de cada una de las torres es neutralizado con hidróxido de potasio KOH al 2% o 4% en agua, antes de ser bombeada dentro de la siguiente torre 10. de esta manera el concentrado dura poco tiempo a pH bajo.

3.3 DESHIDRATACION

Se define como café soluble o instantáneo, al producto soluble en agua, obtenido a partir del extracto líquido seco - de café de acuerdo con las técnicas de secado. (43)

En conformidad a la definición de café soluble o instantáneo se obtienen dos tipos de café soluble. (43)

(1) Café secado por aspersion o cafe deshidratado por - atomización.

(2) Café secado congelado o café deshidratado por liofi- lización.

Aglomeración de cafe instantáneo.

La aglomeración, instantanización y secado por spray -- son operaciones unitarias que podemos separar puesto que una es consecuencia de la otra. (53) (24)

La aglomeración del café es muy delicada puesto que el polvo es higroscópico y termoplástico. Se entiende por higroscópico el poseer la propiedad de absorber y de exhalar la humedad, por termoplástico, el adquirir elasticidad por el efecto del calor. (53) (24)

a) Métodos de secado por aspersión.

Se ha desarrollado un método de "humedecimiento de una cortina de polvo de café" (Purves et al., 1973; Sienkiewicz y Begley 1973). El secado por spray del café pulverizado pasa a través de un molino el cual rompe las esferas huecas formadas pero no el aire atrapado; cuando el polvo aglomerado se disuelve se elimina la espuma ocasionada por el aire atrapado. (53) (24)

El polvo prepulverizado cae desde un alimentador vibraciones y en forma de una cortina incide con un chorro de vapor. El polvo aglomerado es dirigido dentro de la zona de secado y por último es enfriado. (24)

Otras Compañías Americanas, prefieren el método de "condensación de vapor", dentro de las partículas en polvo. Kleeman y Rothmayer, 1974. La condensación de vapor consiste en un rehumedecimiento dentro de una unidad que tiene una o dos boquillas por las cuales se inyecta vapor. El gas puede ser gas -- inerte o aire del medio ambiente. El equipo de humedecimiento y aglomeración también consta de un embudo para alimentar el - polvo como se muestra en la figura 10. 10. (24) (23)

Atomizador de Niro, la aglomeración de café, es esencialmente característico, consta de un disco rotacional dentro del cual el polvo cae inmediatamente después de ser humedecido.

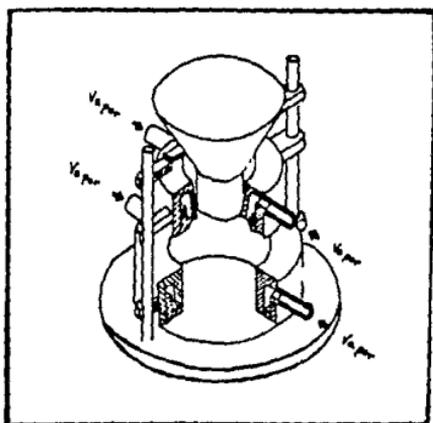


Fig. 10 Método de condensación de vapor. (53)

(Hansen and Hansen, 1974). (53)

El polvo proveniente del alimentador hacia el disco rotacional se humedce por medio de un líquido, que se aplica por una boquilla en forma de rocío y vapor. Posteriormente el polvo incide encima del área central del disco el cual gira a una velocidad de 1000 a 5000 rpm., de éste modo la aglomeración es lanzada por fuerza centrífuga, pasando a un vibro-fluidizado el cual actúa como refrigerador. (53)

La atomización de Niro o disco rotacional se muestra en la figura No. 11. (53)

En cualquiera de los métodos de atomización podemos considerar tres niveles medios de temperatura. (24)

Temperatura de entrada de aire 240°C.

Temperatura de salida de aire 110°C.

Temperatura de café deshidratado 32°C.

El extracto líquido de café entra en el atomizador con una humedad teórica comprendida entre 65% a 75% variando instantáneamente a un valor menor de 5% en el producto final. (24)

La aplicación de temperaturas elevadas en los métodos de atomización da como consecuencia la pérdida de constituyen-

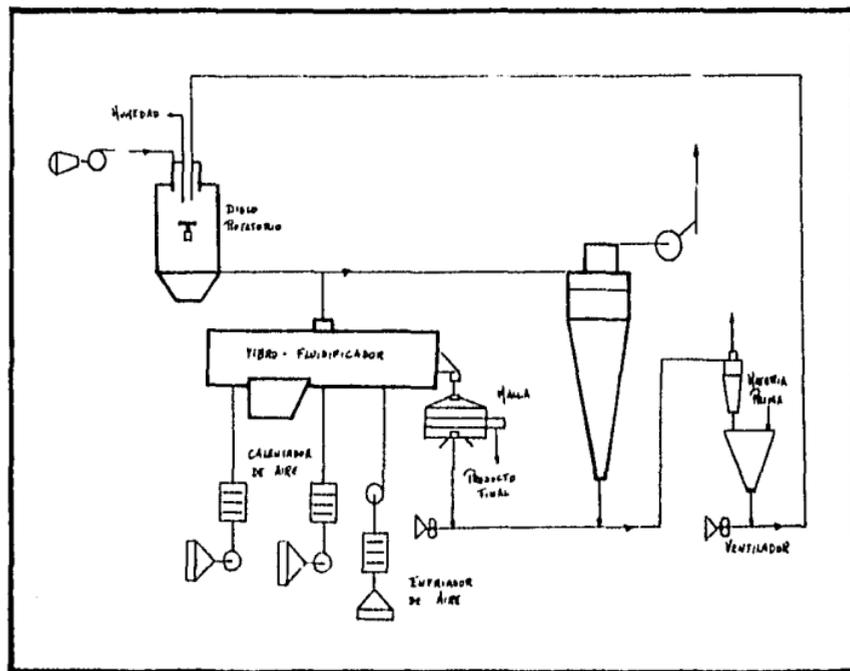


Fig. 11 Método de "Disco Rotacional", (53)
para el secado del café soluble.

tes volátiles, lo que resulta en el producto final como falta de sabor y aroma. (44)

b) Café secado por liofilización.

El secado por liofilización, se basa en el principio de sublimación, proceso que consiste en la transformación directa de un sólido en vapor sin pasar por el estado líquido. (49) (43)

Se logra lo anterior, en ciertas condiciones de baja -- presión de vapor, dentro de una cámara al vacío se aplica ca -- lor al café congelado a fin de acelerar la sublimación, y si -- se mantiene el vacío suficientemente alto, generalmente dentro de la escala aproximadamente de 0.1 a 2 mm Hg, y se controla -- el calor de manera que su intensidad sea un poco menor que la que se requiere para derretir hielo, de manera que al prose -- guir, el límite del hielo se va retirando hacia el centro del alimento. (49) (43)

El resto de hielo se sublima y la humedad del alimento queda reducida a menos del 3%. (58)

El alimento congelado permanece rígido durante la subli -- mación, las moléculas de agua que se escapan dejan huecos, lo cual resulta en una estructura, porosa y esponjosa. Es por és -- to que el café secado, congelado o liofilizado se reconstituyen rápidamente. (49) (23)

El equipo utilizado en el proceso de liofilización es -
mostrado en la figura. (49)

La ventaja principal de este método es la utilización -
de bajas temperaturas que no afectan a los constituyentes volá-
tiles, así como el poseer una reconstitución en agua rápida y
con mayor facilidad. Sin embargo, el factor de velocidad de se-
cado se ve afectado con la capa porosa que resulta del secado
fuera de la capa de hielo retrocedente, actúa como aislante --
efectivo contra la transmisión de calor. (49)

El uso de fuentes de energía con gran fuerza penetrante
como las radiciones infrarrojas y de microondas, se utilizan -
en la actualidad para evitar la disminución de la velocidad de
secado. (58)

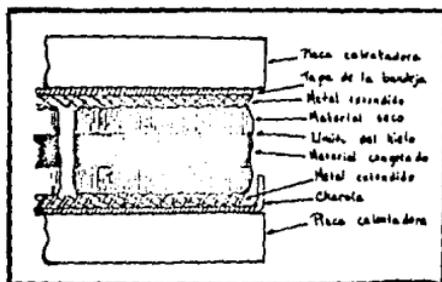


Fig. 12 Proceso de Liofilización. (49)

4. REINCORPORACION DE AROMA EN EL CAFE INSTANTANEO

Como ya se mencionó durante el tostado del café verde - se desarrollan aromas y sabores característicos del café, por lo que el café tostado contiene el 100% de volátiles, durante la molienda del grano tostado, preliminar a la preparación del café instantáneo se pierde cerca del 14% de volátiles, adicionalmente durante el desarrollo del proceso en los pasos de ex-tracción, concentración y secado existe una pérdida de cerca del 72%. De tal manera que existe una retención de volátiles - de cerca del 14%. (17) (32)

Diversos esfuerzos para mejorar el sabor y aroma del café soluble o instantáneo han sido dirigidos para capturar los componentes aromáticos y saborizantes del café tostado ya sea antes de extraer el total de los sólidos solubles de café to-stado y molido o por evaporación de extractos comerciales de café y después añadir estos componentes volátiles por diferentes métodos al extracto antes o después de ser secado por aspe-r -- sión o secado por liofilización. (32) (17)

Por motivos de conveniencia y claridad, el término co-múnmente utilizado en diversas técnicas de reincorporación de aromas en el café instantáneo es el de "gases aromáticos aca -

rreados" que abra la mezcla de dióxido de carbono CO_2 , aire y aromáticos volátiles que se encuentran dentro del intersticio vacío de las partículas molidas del café. (32) (17)

4.1 TECNICAS QUE INVOLUCRAN LA RECUPERACION DE AROMATICOS VOLATILES DURANTE EL PASO DE LA EXTRACCION

a) Técnica Heyman. (32)

Primeramente se obtiene el extracto líquido por medio de una batería de percoladores, el extracto en este punto se encuentra a una temperatura dentro del rango de $100^{\circ}C$ a $127^{\circ}C$, posteriormente el extracto líquido se pasa a través de una cámara de separación donde la evaporación instantánea de agua y aromáticos volátiles y donde los gases aromáticos acarreados son separados del extracto líquido de café. Los gases aromáticos son posteriormente condensados y se retornan al mismo extracto de café antes o después de ser concentrado.

Sin embargo, esta técnica sufre desventajas, las temperaturas altas generadas dentro del extracto de café causan degradaciones térmicas de algunos componentes, así como lo es el tiempo extra que se necesita para la reincorporación.

b) Técnica Bolt. (32)

La diferencia de la técnica Bolt y Heyman es sólo que Bolt utiliza el vapor internamente generado dentro del extracto de café para reincorporarlo a otro extracto de café antes o después de que éste sea concentrado.

Aunque existe esta diferencia existen las mismas desventajas que en la técnica Heyman.

Otras técnicas involucran la recuperación de volátiles aromáticos durante el paso de extracción o percolación. La recuperación de los volátiles aromáticos que se encuentran dentro de los gases desarrollados el humedecimiento del café tostado y molido mediante una extracción media. "La extracción media principalmente se hace con el fin de no utilizar temperaturas altas. La manera de llevar a cabo la extracción media es colocando el café tostado molido dentro del percolador, se empieza a llenar el percolador y a humedecer el café tostado y molido obteniendo así los gases acarreados".

c) Técnica Sivetz. (32)

La técnica Sivetz expone que tomando los "gases aromáticos acarreados" desarrollados durante el paso de humedecimiento del percolador, para posteriormente pasar éstos a través de

un separador de gas-líquido pero aún así puede pasar algo de extracto a la fase gaseosa. La primera separación de los "gases acarreados" son condensados por medio de agua helada manteniendo una temperatura de 0°C , este primer condensado contiene más agua y ácido acético que componentes volátiles, además de contener algo de extracto del que fue separado. Se pasan los "gases aromáticos acarreados" a un segundo condensador mantenido a una temperatura de -45.56°C por medio de agua fría la cual es enfriada por gas freón a -11°C y hielo seco a -73.3°C . Este segundo condensado es también reincorporado a un extracto de café el cual se obtiene de la forma usual y no se trata de igual manera que la extracción media, se le da el nombre de "extracto no procesado".

A pesar de la utilización de la extracción media para la obtención de los "gases aromáticos acarreados" sufre de desventajas muy importantes, como son: La recuperación de gases acarreados solamente de los gases desarrollados durante la fase de humedecimiento sin considerar los aromáticos volátiles que se encuentran en igual o mayor proporción en el extracto. Otra desventaja es la reincorporación del primer condensado al extracto, el cual es inconveniente en primer lugar por la reincorporación de agua que posteriormente será removida resultando no económico, en segundo lugar incorpora notas indeseables de sabor pues la cantidad de ácido acético impartirá sabores estridentes.

Sivetz propone reincorporar también el segundo condensado que mantiene a una temperatura de -73.3°C , considerando el equipo de refrigeración costoso ésto resulta no económico.

d) Técnica Liu. (32)

Esta técnica tiene como principal objetivo la recolección de volátiles aromáticos los cuales se desarrollan durante el paso de humedecimiento y extracción del café recientemente tostado y molido además de recolectar también los volátiles aromáticos que se encuentran en el mismo extracto.

Otro de los objetivos de esta técnica es la reincorporación de los volátiles al extracto de café antes o después de ser éste concentrado.

Refiriéndonos a la figura 13, una extracción media no mostrada que se le da el nombre de "extracto obtenido de" que es transportada por la línea 10 dentro del percolador 12, los gases aromáticos acarreados y el extracto son conducidos por medio de la línea 14 hacia la cámara de separación en donde se separará el gas-líquido. Los gases aromáticos acarreados son transportados por la línea 18 y el extracto por la línea 20.

Es importante mencionar que "la temperatura de la extracción media" es controlada así que la temperatura del "ex -

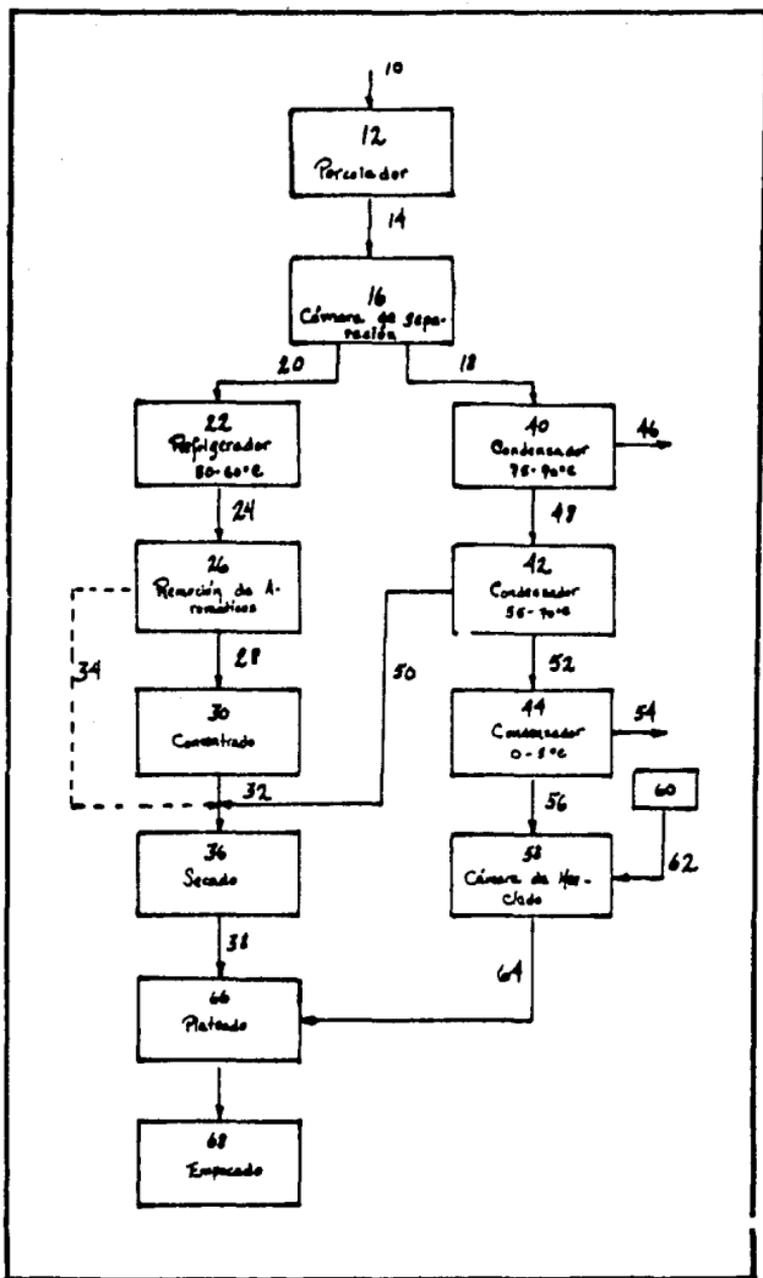


Fig. 13 Diagrama de bloque de la "Reincorporación de Volátiles Aromáticos" (Técnica Liu). (32)

tracto obtenido de" es por debajo del punto de ebullición del agua. La temperatura inicial del "extracto obtenido de" es generalmente entre 60°C y 70°C, gradualmente la temperatura aumenta hasta 80°C a 98°C a presión atmosférica. Manteniendo por debajo del punto de ebullición del agua la temperatura es posible evitar la degradación térmica de los componentes volátiles.

El extracto separado en la línea 20 es introducido a través de un refrigerador 22 para prevenir la pérdida de aromáticos que se encuentran dentro del extracto. Generalmente, el extracto separado se mantiene a una temperatura de cerca de 50°C a 65°C. El refrigerador puede ser un tipo convencional de excámara de calentamiento.

El extracto una vez frío pasa a través de la línea 24 que conduce hacia la remoción de aromáticos volátiles 26. Los constituyentes aromáticos pueden ser removidos por arrastre de vapor de el extracto. Por medio de la línea 28 el extracto libre de aromáticos puede ser concentrado en 30.

Una vez concentrado el extracto se conduce a la línea 32 en la cual se reincorporan los gases aromáticos removidos procedentes del paso 26 por la línea 34.

En la cámara de concentración, se utiliza el concentrado por congelación o evaporación a presión según se acuerde.

El extracto concentrado con la adición de aromáticos es secado utilizando métodos ya discutidos en el capítulo 2 el secado -- por liofilización y secado por aspersión.

Considerando los gases aromáticos acarreados en la línea 18 pasa a través de tres condensadores. El primer condensador 40 se mantiene a una temperatura de 75°C a 90°C, se separan agua, ácido acético y componentes con alto punto de ebullición. El primer condensado se descarta por la línea 46 principalmente por el alto contenido de agua.

Los gases aromáticos acarreados que no se han condensado, pasan a un segundo condensador 42 a través de la línea 48. El segundo condensador es opcional, se mantiene a una temperatura de 55°C a 70°C, el condensado se transporta por la línea 50 hacia la línea 32 para reincorporar aromáticos volátiles antes del paso de secado 36.

Alternativamente el segundo condensado obtenido puede ser "encapsulado" por técnicas posteriormente descritas, que reincorpora en la línea 38 después de que el extracto es secado en el paso 36.

Los gases incondensables en el segundo condensador 42 son transportados por la línea 52 al tercer y último condensador 44 que se mantiene a temperatura baja en un rango de 0°C a

5°C por medio de agua helada. Los gases que no se han condensado son liberados hacia la atmósfera a través de la línea 54.

El tercer condensado de aromáticos volátiles es muy -- inestable y se prefiere mezclar inmediatamente con un líquido (aceite comestible) que puede ser: "aceite de olivo, aceite de maíz, pero decididamente más conveniente aceite de café". Se forma una emulsión y con esto se estabiliza el condensado, generalmente son mezclados los volátiles aromáticos con el líquido aceite comestible en una proporción de 2:1 a 1:3 respectivamente. Esta emulsión es preparada pasando el condensado proveniente del condensador 44 por la línea 56 dentro de la cámara de mezclado 58 por otra parte el aceite comestible se transporta de la cámara de almacenamiento 60 que por medio de la línea 62 se conduce a la cámara de mezclado 58.

La emulsión resultante por medio de la línea 64 pasa al plateado 66 técnica posteriormente descrita. El último paso es el empacado de café 68.

Considerando el proceso de la "extracción media" se considera necesario graficar el volumen acumulado de "extracto obtenido de"; el volumen acumulado de "gases aromáticos, acarreados" obtenidos del "extracto obtenido de" como del "condensado" y el volumen de "gases aromáticos acarreados" provenientes de los dos condensadores básicos.

La figura 14 es una gráfica basada en datos reales sobre el proceso completo de la técnica Liu, muestra un considerable aumento de volátiles aromáticos recuperados por el tratamiento del "extracto obtenido de", así como del tratamiento de "los gases aromáticos acarreados".

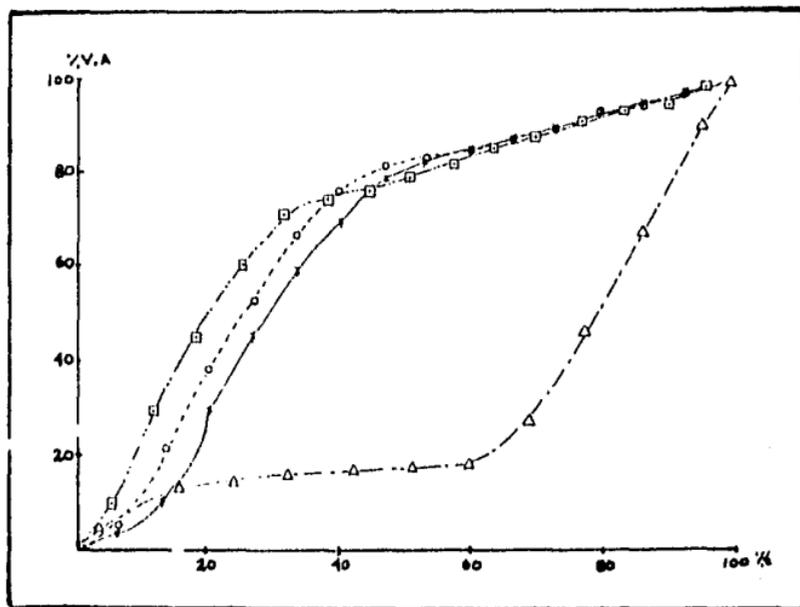
La abscisa nos representa el porcentaje del tiempo en el cual se lleva a cabo el ciclo completo de extracción. Las ordenadas nos representan el porcentaje de volumen acumulado.

La curva delineada con triángulos (Δ) representa el porcentaje de volumen acumulado de "extracto obtenido de" que está en función del porcentaje del tiempo de ciclo. Se puede observar que después del 60% del tiempo de ciclo transcurrido, menos del 18% del total de "extracto obtenido de" ha sido acumulado. Después del 60% del tiempo de ciclo la curva asciende indica aproximadamente el comienzo del paso de la extracción donde "el extracto obtenido de" comienza a entrar al percolador. Gráficamente se muestra el porcentaje del tiempo de ciclo en el cual el humedecimiento es completo que es usualmente el tiempo necesario para llenar el percolador, el tiempo es generalmente la mitad de un ciclo de extracción o el 50% del tiempo de ciclo.

La curva delineada con cuadrados (\square) representa el aumento de "los gases aromáticos acarreados" que es solamente el

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Fig. 14. Volumen acumulado contra porcentaje de tiempo de un ciclo de extracción completo. (32)



- (Δ) Volumen acumulado de "extracto obtenido de" durante el ciclo completo de extracción.
 (◻) Volumen acumulado de "aromáticos volátiles" durante el ciclo completo de extracción provenientes del "extracto obtenido de" y condensado.
 (●) Volumen acumulado de "condensado" obtenido del condensador a temperatura de 55°C a 70°C.
 (▲) Volumen acumulado de "condensado" obtenido al condensador a temperatura de 0°C a 5°C.

80% del total el 20% restante es obtenido del "extracto obtenido de". Es importante mencionar que el 80% de los gases aromáticos volátiles son los desarrollados durante la fase de humedecimiento que indica un 50% aproximado de tiempo de ciclo de extracción.

La curva delineada por cruces (x) así como la curva delineada por círculos (o) representan el porcentaje de volumen acumulado de volátiles aromáticos condensados contra el porcentaje de tiempo del ciclo, provenientes de los condensadores 42 y 44 respectivamente.

Como conclusión podemos decir que el 50% de tiempo del ciclo sólo el 80% de volátiles aromáticos son obtenidos de los gases aromáticos acarreados y el restante 20% de volátiles aromáticos se obtiene del extracto obtenido de. Con el objeto principal de explicar la importancia que tiene el obtener durante el proceso completo de extracción media, una relación de flujo o la velocidad que debe tener el "extracto obtenido de" y de los gases aromáticos acarreados es necesario explicarlo mediante la figura 15, que representa en la abscisa el por ciento de tiempo del ciclo y en las ordenadas se representa la relación de flujo de gas en cm^3 por hora.

La curva delineada por triángulo (Δ) representa la relación de flujo de "los gases aromáticos acarreados" que sa -

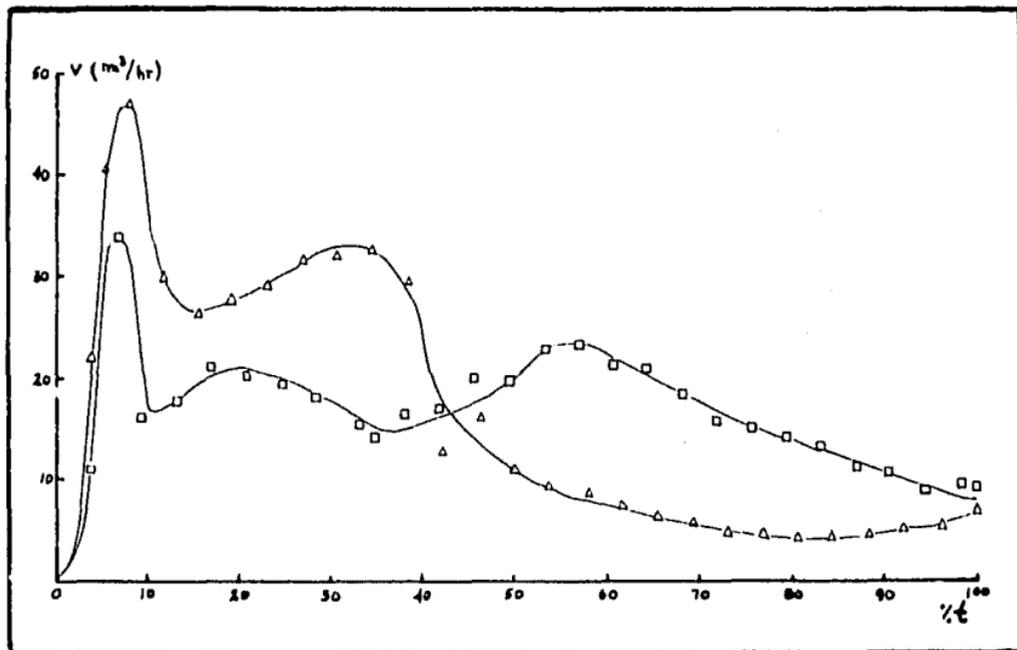
len de la cámara de separación 16 representada así en la fig. 13 durante un ciclo completo de extracción, donde el café recién tostado y molido que no ha sido pre-humedecido.

La curva delineada por cuadrados (□) representa la relación de flujo de "los gases aromáticos acarreados" que salen de la cámara de separación 16 representada así en la fig. 13 durante un ciclo completo de extracción, donde el café recién tostado y molido ha sido pre-humedecido.

En concordancia con la técnica Liu, se desea una simultánea introducción de "el extracto obtenido de" y de "los gases aromáticos acarreados" dentro de la cámara de separación, ésto depende de tener una uniformidad y relación constante -- del flujo a través del tiempo completo en que se lleva a cabo la separación de los aromáticos volátiles de "extracto obtenido de" y de los gases aromáticos acarreados.

Generalmente a la mitad del ciclo de extracción o al 50% de tiempo del ciclo es necesario llevar a cabo el paso de humedecimiento efectuado dentro del precolador 12 así señalado en la fig. 13. Los subsecuentes pasos del proceso son dirigidos a condensar los gases aromáticos de los gases aromáticos acarreados y a la recuperación de gases aromáticos del extracto obtenido de. La eficiencia de la técnica Liu se basa precisamente en la remoción de los gases aromáticos efectuado

Fig. 15 Velocidad de Flujo contra por ciento de tiempo de un ciclo de extracción completo



- (Δ) Relación de flujo de "gases aromáticos acarreados" durante un ciclo completo de extracción de café tostado y molido que no ha sido pre-humedecido.
- (□) Relación de flujo de "gases aromáticos acarreados" durante un ciclo completo de extracción de café tostado y molido que ha sido pre-humedecido.

en el paso 26 nombrado así en la fig. 13. Es importante men -
cionar que debe existir un contacto estrecho entre el "extraç
to obtenido de" y el "vapor acarreador" para efectuar lo ante
rior debe existir un flujo relativamente bajo durante la pri-
mera mitad del ciclo.

Por otra parte pero también de gran importancia es men
cionar que "los gases aromáticos acarreados" desarrollados du
rante el paso de humedecimiento surgen del percolador 12 así
nombrado en la fig. 13 como se ve inmediatamente la relación
de flujo disminuye para dar un flujo relativamente constante,
apreciable en la curva delineada con cuadrados (□) en la fi-
gura 16.

Comprendida la importancia de la relación de flujo, so
bre todo en la primera mitad del ciclo de extracción y tenien
do en cuenta que los gases aromáticos son desarrollados duran
te el paso del humedecimiento en el percolador se sugiere una
opción durante el proceso de acuerdo a la técnica Liu donde -
se adiciona un percolador más, para ésto es necesario esquema
tizarlo mediante la fig. 16 en donde se utiliza la misma refe
rencia de numeración que en la fig. 13 para inidcar los pasos
de la técnica Liu.

El proceso consta primeramente de suministrar una ex -
tracción media por medio de la línea 10 dentro del prercola -
dor 12.

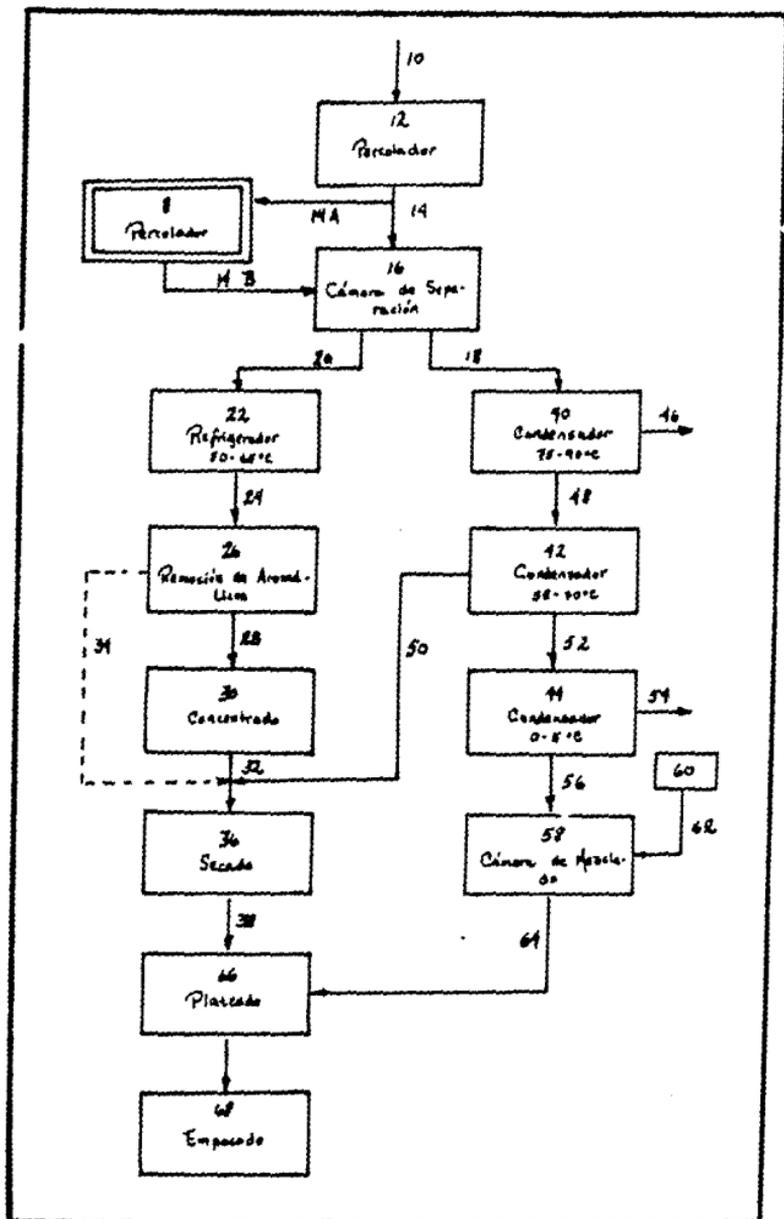


Fig. 16 Reincorporación de volátiles aromáticos (Técnica Liu) con adición de un percolador 9. (32)

El producto contenido en el percolador 12 comúnmente - referido como "extracto obtenido de", también contiene café - recién tostado y molido no-extractado el cual tiene que ser - pre-humedecido en previas extracciones en donde desarrollan - "los gases aromáticos acarreados". Después "el extracto obte- nido de "empieza a fluir a una velocidad constante y uniforme que se divide dentro de las líneas 14 y 14 A respectivamente.

La porción del "extracto obtenido de" que entre en la línea 14 se pasa directamente a la cámara de separación 16 en donde se separa el "extracto obtenido de" de los gases aromá- ticos acarreados. La porción de "extracto obtenido de" que en tra la línea 14 A es simultáneamente introducida al percola - dor 8 donde se humedece el café tostado y molido seco. Los ga ses aromáticos acarreados y el extracto obtenido se pasan a - través de la línea 14 B dentro de la cámara de superación 16.

Esta variación u opción de aumentar el percolador 8 se hace con el objetivo principal de obtener una mayor cantidad de "extracto obtenido de" y de "gases aromáticos acarreados".

e) Técnica Pfluger. (44)

En las anteriores técnicas se han incorporado aromáti- cos volátiles al extracto de café antes o después de ser seca do.

Los métodos convencionales utilizados como es el secado por spray que tiene la considerable inconveniencia de la pérdida de volátiles aromáticos por la aplicación de altas temperaturas y el método de secado por liofilización que aunque preserva los aromáticos volátiles es un método costoso y los tiempos de secado son prolongados. (54) (9) (40)

Por lo que incorpora el aroma antes de ser secado el extracto no resulta conveniente. (54) (9)

Los objetivos principales de la técnica Pfluger son: la obtención de un proceso económico y simple para incrementar la retención de aromas en el café soluble, la retención de los volátiles aromáticos adicionados al café soluble durante el secado y la aplicación de una aromatización conveniente al café soluble de bajo contenido de aromático. (44)

El método se basa principalmente en la reincorporación de un alto nivel de aromáticos en el café soluble mediante un proceso el cual comprende el humedecimiento de polvo de café seco con un líquido acuoso que contiene volátiles aromáticos de café. El café humedecido es mezclado con el líquido acuoso para obtener una distribución uniforme de volátiles aromáticos, así como de la humedad formándose una pasta. (44)

La pasta se seca para tener un contenido de humedad es

table tomando en cuenta que la menor cantida de agua usada ha ce posible la mejor retención de los aromáticos volátiles y - como consecuencia el fácil secado. El polvo de café soluble - se humedece entre un 5% a un 20% en peso del total de sólidos del café.

El líquido acuoso transportador de volátiles aromáti - cos se puede también reincorporar el extracto de café convenu - cional obtenido directamente del percolador, que tiene una -- concentración de sólidos de 25% a un 30%. (44)

Es importante mencionar que el líquido acuoso transpor - tador de volátiles aromáticos se obtiene por diversos métodos tales como "la destilación de aromas por vapor atmosférico" y "destilación de aromas al vacío seca (DVA) (Dray Vacuum aroma)", descritos posteriormente. (44) (55)

Una vez que el líquido acuoso es adicionado a los sóli - dos de café se mezcla, se forma una masa con humedad uniforme de cerca de 5% al 20%, se seca con una temperatura por debajo del punto de fusión del producto. La temperatura usada en el secado varía con respecto al contenido de humedad de la masa.

Los niveles de humedad de cerca del 15% de humedad en la masa ocurre el fundido del producto a una temperatura que exceda los -25°C por lo que a los 13% de humedad en el --

rango de 60°C al 66°C y al 3% de humedad el rango es de 82°C a 93°C. (7)

El extracto puede ser subdividido en pequeñas partículas o gránulos para tener una mayor superficie de contacto - que facilite el secado. Después del secado es necesario enfriar el extracto para completar la solidificación. El secado se efectúa por una evaporación simple. (44)

La tabla No. 7 establece una relación entre la temperatura máxima de secado y el contenido de humedad con respecto al porcentaje de sólidos, tomando en cuenta la temperatura recomendada utilizada para evitar la temperatura de fusión del producto.

El producto obtenido es altamente aromatizado debido a la retención substancial de los aromáticos volátiles adicionales, como sugerencias se puede mezclar con café soluble en polvo secado por aspersión en una concentración de 10% al 20% en base al peso del café soluble en polvo secado por aspersión.

Relación entre la temperatura máxima y contenido de humedad con respecto al por ciento de sólidos.

Tabla No. 7⁽⁴⁴⁾

<u>Contenido de sólidos</u>	<u>Máxima temperatura</u>	<u>Temperatura recomendada</u>
82%	-25°C	-25°C
84%	-25°C	-25°C
86%	15°C	- 1°C
88%	43°C	26°C
90%	62°C	32°C
92%	71°C	38°C
94%	77°C	49°C
96%	82°C	49°C
98%	82°C	49°C

f) Destilación de volátiles aromáticos al vacío.⁽⁵⁵⁾

El método de arrastre de volátiles aromáticos al vacío fue establecido por primera vez por Lemonnier (1954), el cual utilizó café tostado y molido con aproximadamente un 2% de humedad.

Los gases aromáticos acarreados se obtienen directamente del percolador, posteriormente se enfrían a una temperatura de cerca de 2°C con el objetivo principal de condensar los volátiles aromáticos del café.

El enfriamiento se lleva a cabo por medio de pasar los gases aromáticos acarreados junto con el dióxido de carbono (gas) a una temperatura de -40°C dentro de un laberinto.

El dióxido de carbono actúa como un conductor de los gases aromáticos acarreados hacia un baño de hielo seco el cual lo forma el gas freón -78°C . Adicionalmente se utiliza espuma como aislador de temperatura.

El rendimiento de condensado acuoso es solamente de -- 0.5% es decir que por cada 90,800 g. de café tostado y molido sólo se obtendrán 454 g. de condensado.

El condensado acuoso obtenido es de color amarillo verdoso que cambia en pocos minutos y temperatura ambiente a un color rojizo oscuro y con un ligero olor a tabaco. Se debe principalmente a la oxidación de los aldehídos presentes en el condensado acuoso, para evitar la oxidación del condensado debe enfriarse a -7°C para esto se utiliza gas nitrógeno lo cual hace este método poco comercial.

g) Destilación de vapor de café tostado. (55)

Para efectuar este método se utiliza café tostado y molido, se humedece en el percolador con el extracto a una temperatura de 104°C esto trae como consecuencia, la aparición de

vapor que conduce el flujo del extracto. El vapor humedece el café tostado y molido e impulsa a los volátiles aromáticos y a los volátiles del sabor antes de que sean cubiertas las partículas de café tostado y molido por el extracto.

En caso de que el vapor sea precalentado en la columna del percolador la producción de volátiles aromáticos y volátiles del sabor ocurre rápidamente y en cantidades mayores.

La recolección de la esencia de café se efectúa según la técnica Heyman (1947). Los gases aromáticos pasan a través de condensadores, que utilizan agua helada y salen a una temperatura aproximada de 2°C.

El primer condensado obtenido es esencialmente agua -- que recién obtenida es clara y en pocos minutos se torna gris, este condensado se desprecia.

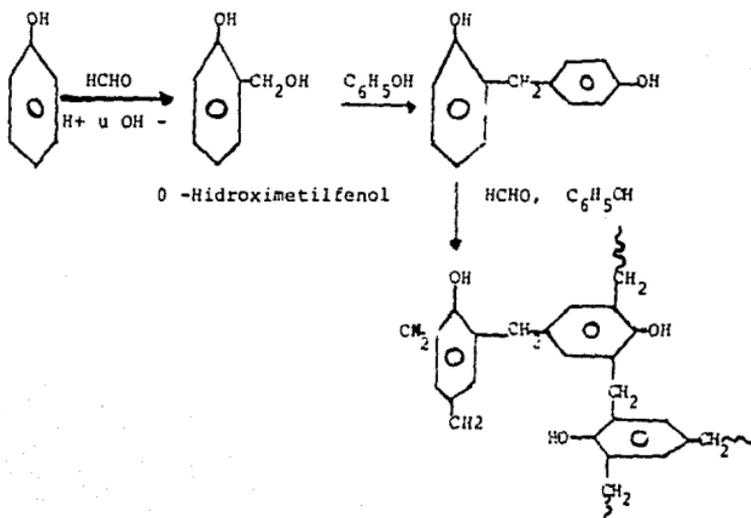
El segundo condensado es esencialmente gas nitrógeno - congelado el cual transporta los volátiles aromáticos además de tener en muy poca cantidad agua. El colectado es de color amarillo-verdoso.

Es importante mencionar que el gas nitrógeno utilizado por primera vez por Rhoades (1958) retarda la oxidación manteniendo la temperatura aproximadamente a 2°C. pero para la es-

tabilidad del condensado se necesita una temperatura por debajo de los -7°C . Lo que hace que este método sea poco costoso.

El condensado además de presentar un olor característico a tabaco se torna en color rojo obscuro y por último de un precipitado de color negro. Lo anterior es debido al grado de polimerización que presentan los fenoles y aldehídos en presencia de ácido acético. Los fenoles son inestables y enrojecen en presencia de oxígeno y luz. El olor característico a tabaco es debido a la oxidación de los aldehídos presentes en el condensado.

Polimerización de Fenoles. (40)



4.2 TECNICAS QUE INVOLUCRAN LA REINCORPORACION DE AROMATICOS VOLATILES AL POLVO DE CAFE INSTANTANEO O SOLUBLE

a) Técnica de Plateado. (64)

Mediante la técnica de plateado los aromáticos volátiles son reincorporados en forma líquida o como "aceite de café", que se obtiene por la técnica Liu mencionada con anterioridad.

La técnica de plateado se efectúa sobre el producto en polvo de café instantáneo o soluble. El objetivo fundamental de esta técnica es la dispersión uniforme del aroma en el producto en polvo de café soluble o instantáneo, para con esto tener una igual cantidad de aroma en cada paquete obtenido al final del proceso de aromatización.

El proceso de plateado se describe a continuación utilizando para esto diferentes figuras que hacen más fácil la descripción del proceso. Refiriéndose ahora al dibujo de la figura 17 se muestra el equipo general proyectado para un llenado continuo de recipientes o paquetes con un producto en polvo o gránulos, en este caso partículas de café soluble o instantáneo.

El equipo incluye un filtro horizontal,⁽⁵⁾ comprende una

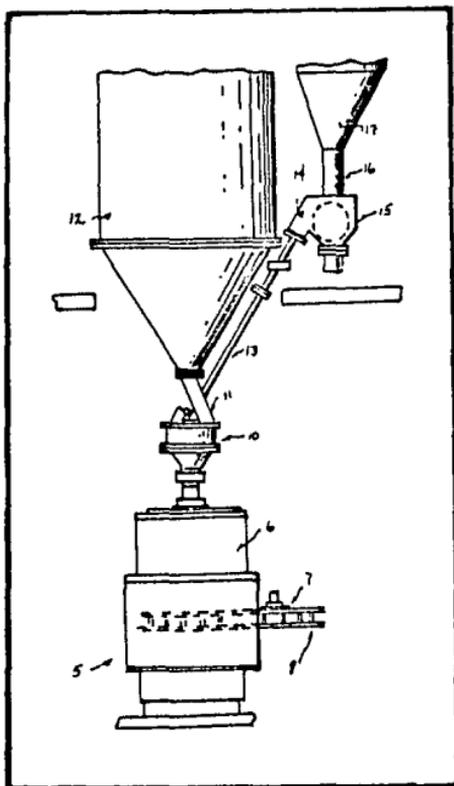


Fig. 17 Vista general del aparato de aromatización por plateado y llenador de recipientes con partículas en polvo aromatizadas por la técnica de plateado. (64)

estructura rotacional⁽⁶⁾ alrededor de la cual hay recipientes⁽⁷⁾ que son conducidos por una cadena conductora⁽⁸⁾ que permite un llenado continuo a una medida determinada.

Por medio de un mezclador⁽¹⁰⁾ se recibe el polvo aglomerado o en forma de gránulos a través de una serie de tubos⁽¹¹⁾ que toman el producto de diferentes áreas y niveles del depósito abastecedor⁽¹²⁾ obteniéndose así una recolección uniforme.

Es importante mencionar que la mayor porción de producto en polvo se mantiene dentro de abastecedor⁽¹²⁾ y una menor fracción del producto en polvo se mantiene en la tolva⁽¹⁷⁾, - esta menor fracción se aromatiza en el sistema de plateado⁽¹⁵⁾ que a su vez se mezcla con la mayor fracción de producto en polvo en el mezclador⁽¹⁰⁾ por medio de un conducto⁽¹³⁾ conectado al sistema de salida del sistema de aromatización de plateado.⁽¹⁵⁾

El abastecimiento de la fracción menor de producto en polvo es aromatizado o plateado con "aceite de café", en una concentración en peso aproximada de diez veces la concentración deseada en el producto final resultante al empacar el -- producto en polvo.

Concordante, el ajuste de la mezcla es tal que al ar-

matizar o platear la menor fracción ésta constituye el 10% -- del producto final, tomando en cuenta que el 90% restante de producto en polvo no es aromatizado y sólo es mezclado con el 10% de fracción de producto en polvo.

La figura 17 muestra la fracción menor de producto en polvo que es alimentado hacia el sistema de aromatización o - plateado,⁽¹⁵⁾ el producto a aromatizar es alimentado por gravedad al conducto⁽¹⁶⁾ del ensamblaje de la tolva.⁽¹⁷⁾

En la figura 18 delinea la rueda de platos ensamblados de acuerdo al sistema de aromatización o plateado. La fracción menor del producto en polvo alimenta los platos⁽¹⁵⁾ los cuales están comprendidos en una cámara limitada por la pared más alta,⁽²¹⁾ la pared del fondo⁽²²⁾ y la del frente⁽²³⁾ que permanece inclinada y unida al tubo de descarga.⁽¹⁴⁾

Las figuras 18 y 19 b en las que se puede observar una serie de espacios marcados con rayas⁽²⁶⁾ que son usados para proveer de espacios longitudinales entre los cuales pasa la - descarga por la que pasa el producto continuamente en cantidades iguales durante la operación.

En las figuras 18 y 19 b la tolva,⁽²⁵⁾ inmediatamente - abajo se muestra la rueda de plateado⁽³⁰⁾ montada sobre la columna⁽²⁹⁾ trabajando en una estructura ensamblada. La superfi

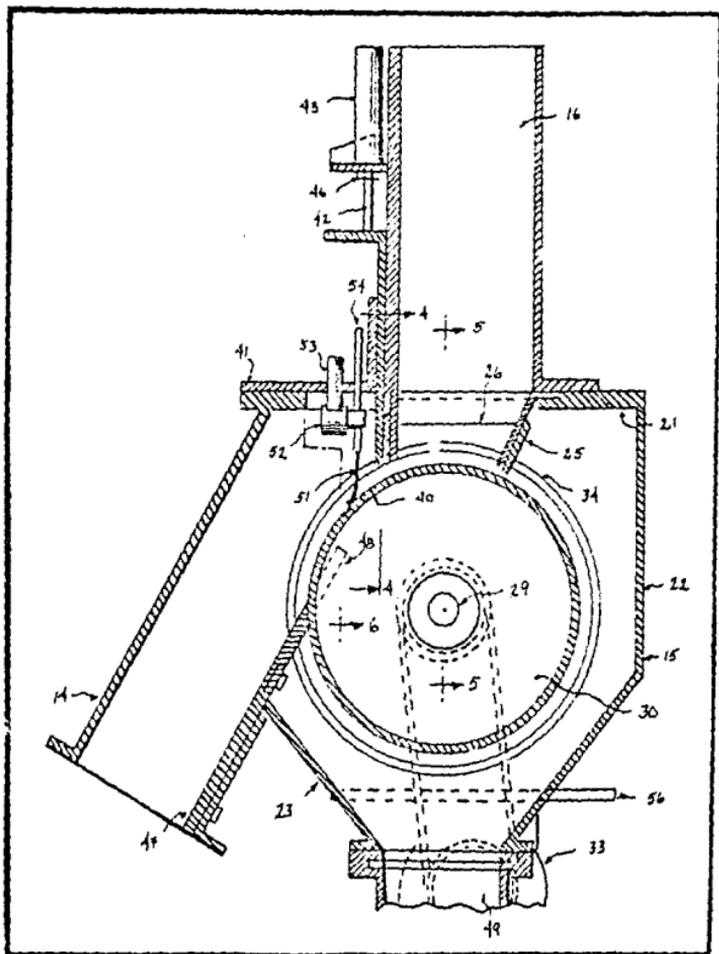


Fig. 18 Vista seccionada del aparato de aromatización por medio de la técnica de plateado. (64)

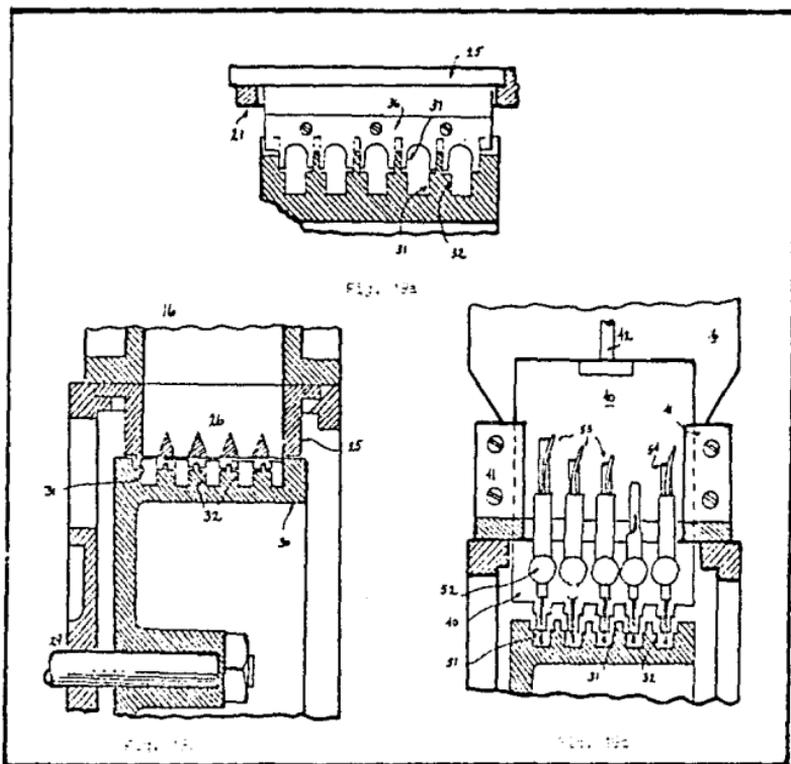
cié de la rueda es unida con rayas longitudinales que representan muescas circulares⁽³¹⁾ montadas sobre la columna.⁽²⁹⁾

Las líneas⁽³²⁾ cortan las muescas que caminan para formar la espalda de la pared de la muesca la cual permite que la porción más alta de cada muesca. El arreglo o relación entre la rueda y la tolva es de tal manera que las muescas son alineadas con la salida de descarga y con las porciones de -- descarga.⁽³²⁾

Como se muestra en la figura 18 la rueda⁽³⁰⁾ es manejada mediante un motor⁽³³⁾ apropiadamente unido a la columna⁽²⁹⁾ de acuerdo a las manecillas del reloj y en sincronización al llenador.⁽⁵⁾ El plato raspador⁽³⁴⁾ previene que el producto en polvo sea esparcido hacia la tolva de almacén.

La figura 20 a, delinea el plato raspador⁽³⁴⁾ formado por puntas⁽³⁵⁾ cuyo contorno está conectado con la superficie de las muescas formándose de esta manera un sellado efectivo para prevenir que el producto en polvo se esparza.

En la figura 19 a, en donde se aprecia el plato raspador⁽³⁶⁾ con puntas⁽³⁷⁾ las cuales están afiladas para acomodarse en la porción superior de las líneas de la rueda⁽³²⁾ para prevenir el derrame del producto restringiendo con esto el flujo del material de la tolva.



"Equipo para la Elaboración del plateado"

Fig. 19a Vista seccionada a lo largo de la línea 4-4 de la fig. 2. (64)

Fig. 19b Vista seccionada de líneas 5-5 de la fig. 2. (64)

Fig. 19c Vista seccionada de la línea 6-6 de la fig. 2. (64)

En la figura 19c, montada enfrente de la pared de la tolva existe una puerta⁽⁴⁰⁾ donde hay las guías laterales⁽⁴¹⁾ que tienen un deslizamiento vertical, aseguradas a la pared de enfrente del conducto alimentador.⁽¹⁶⁾ En la pared superior de la puerta⁽⁴⁰⁾ hay una unión a la varilla⁽⁴²⁾ conectándose con un pistón de un activador neumático⁽⁴³⁾ que se muestra en la figura 20c, asegurado a la pared del alimentador.⁽¹⁶⁾

La función del activador neumático⁽⁴³⁾ es el aplicar una presión de aire a través de las líneas⁽⁴⁴⁾ las cuales pueden ser eléctricamente controladas por la válvula⁽⁴⁵⁾ que actúa como regulador del conducto de descarga de la tolva permitiendo que el producto caiga dentro de las muescas de la rueda de platos.

En la figura 18, el producto en este punto se lleva a la rueda, en la cual se encuentran las muescas que caen al conducto de descarga.⁽¹⁴⁾ Montado en el interior de la pared del conducto de descarga⁽¹⁴⁾ hay un raspador⁽⁴⁷⁾ cortado en forma de puntas⁽⁴⁸⁾ dispuestas para embonar el área de la superficie de las muescas, cualquier partícula puede ser tamizada a través de la interfase del raspador⁽⁴⁷⁾ que cae a la parte interior del almacén el cual está bierto y provisto de un cajón adecuado.⁽⁴⁹⁾

El "aceite de café" en la figura 20c, es inyectado en -

forma de flujo por medio de agujas⁽⁵¹⁾, controlado el flujo - por la válvula⁽⁵²⁾ figura 19c, es activada eléctricamente a - través de la línea.⁽⁵³⁾ El aceite de café enriquecido es con- ducido por líneas⁽⁵⁴⁾ que es la salida de la bomba⁽⁵⁵⁾ la que se puede apreciar en la figura 20b.

En la figura 20b, se muestra claramente que cada bomba⁽⁵⁵⁾ es conectada en su entrada a la línea,⁽⁵⁷⁾ descargado el líquido a la línea⁽⁵⁸⁾, por medio del conector con forma de T a una válvula⁽⁵⁹⁾ a la línea.⁽⁵⁴⁾ Del lado opuesto al conduc- tor en forma de T, se encuentra una válvula⁽⁶⁰⁾ conectada a - una línea⁽⁶²⁾ ésta a su vez conectada a una entrada múltiple.⁽⁶³⁾

En la figura 20 c, se muestra la entrada múltiple⁽⁶³⁾ además se muestra el manejo de cada una de las bombas que in- cluye un engranaje⁽⁶⁴⁾ que engranan a la vez al engranaje⁽⁶⁵⁾ montado sobre la columna.⁽²⁹⁾

Cada válvula⁽⁶⁰⁾ dibujada en la figura 20b, es contro- lada eléctricamente por el conductor eléctrico.⁽⁶¹⁾ Es impor- tante mencionar que tal y como se muestra en la figura 19c, - la carga del inyector⁽⁵¹⁾ está dipuesta centralmente en la po- sición baja de la muela respectiva⁽³¹⁾ en la rueda de platos - la cual contribuye al plateado uniforme de tc las las partícu- las del producto en polvo, en este caso café instantáneo o so

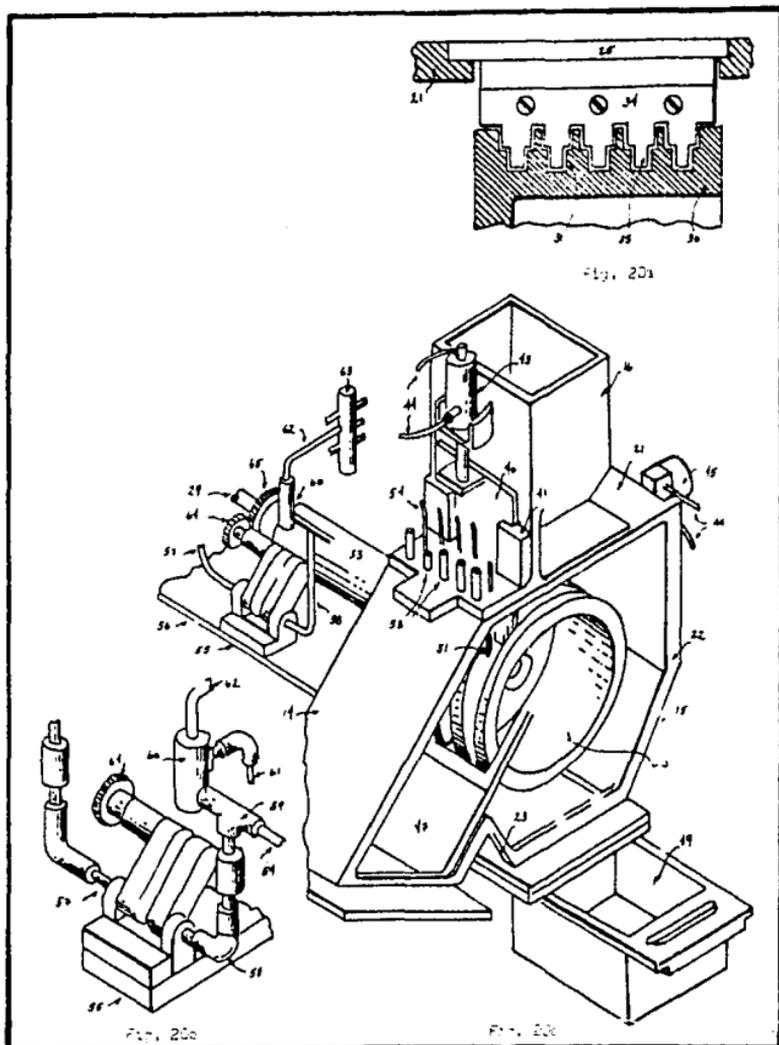


Fig. 20 Figura isométrica de la rueda de platos ensamblada de acuerdo a la técnica de plateado. (64)

luble. Después de ésto se lleva el producto aromatizado al -
conductor descargador.

Cualquier rastro de producto en polvo que se pueda que
dar por fuerza de gravedad es removido por el raspador⁽⁴⁷⁾ --
tal y como se muestra en la figura 18.

b) Técnica de encapsulado. (26) (13)

La técnica, relaciona el proceso de producir cápsulas
de café que implica el unir partículas finas de una emulsión
estable de aceite de café (que actúa como un transportador de
los aromáticos volátiles del café) con partículas finas de ca
fé instantáneo o soluble y/o substitutos en polvo de café.
(26) (13) (12)

El objetivo primordial del encapsulado es el de rein -
corporar el aroma al café soluble en polvo, aunque también es
el de preservar el aroma en el producto aún cuando el recipien
te se abra. La encapsulación del aroma del café tiene el sig
nificado de conservar el aroma por periodos largos de tiempo
en el café instantáneo o soluble. El aroma del café instantá
neo o soluble puede ser retenido hasta 7 meses sin degrada --
ción en la calidad. (26) (13)

La cápsula de café tiene una variedad de dimensiones,
tiene un promedio de diámetro de 250 a 600 micras en figuras

redondas, hasta 2.25 a 3.35 mm. en figuras redondas. Los análisis han demostrado que la pared selladora de la cápsula es altamente impermeable brindando una retención del aroma por - largo tiempo, se ha comprobado que mientras más grande sea la cápsula más impermeable es la pared selladora y pueden contener una gran cantidad de aceite aromatizado. (13)

El espesor de la pared de la cápsula puede variar en - un promedio de 0.1 a 0.4 mm. que generalmente depende del tamaño de la cápsula. (13)

La cápsula no tiene ningún olor, pero en el momento de la adición de agua caliente se rompe y libera el aceite aromatizado en 15 a 30 segundos y se disuelve totalmente en 90 segundos. Se hace de manifiesto el aroma cuando las cápsulas se rompen al agitar con la cuchara.

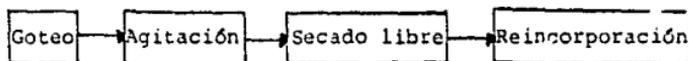
Preparación de la emulsión, se obtiene mezclado una - cantidad de aceite de café (obtenido por extracción del café molido) con una parte de destilado de café, tal y como se -- aprecia en la técnica Liu. Después de homogenizar esta emul - sión se mantiene a 25°C, no se observa desintegración en 24 - horas. (13)

La preparación de las cápsulas puede hacerse por va -- rias técnicas como son: goteo, rociado, congelación y congela

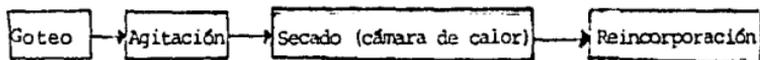
ción con tratamiento de vapor. (13)

Goteo.

1. Se permite un goteo de la emulsión, que cae en una superficie de café instantáneo en polvo, se agita la mezcla - formándose las cápsulas, se seca al aire libre por un período de varios días, por último se reincorporan al café instantáneo. (13)



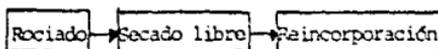
2. Se permite un goteo de la emulsión, que cae en una superficie de café instantáneo en polvo, se agita la mezcla - formándose las cápsulas, se secan por medio de una lámpara de calor en 1 a 2 horas, por último se incorporan al café instantáneo. (13)



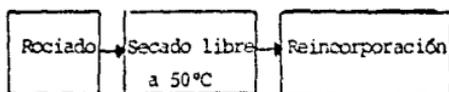
3. Se permite un goteo de la emulsión, que cae en una superficie de café instantáneo, el secado se efectúa a 50°C en cuestión de minutos para después reincorporar las cápsulas al café instantáneo. (13)

Rociado.

4. Se efectúa un rociado grueso dirigido hacia una superficie de café instantáneo, a una distancia de 20 cm. Estas cápsulas obtenidas se secan a temperatura ambiente en varias horas y por último se reincorporan al café instantáneo. (13)

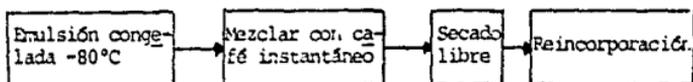


5. Se efectúa un rociado grueso dirigido hacia una superficie de café instantáneo, a una distancia de 20 cm., tomando en cuenta que el polvo se mantiene a una temperatura de 50°C permitiéndose así el secado en pocos minutos y por último la reincorporación al café instantáneo. (13)



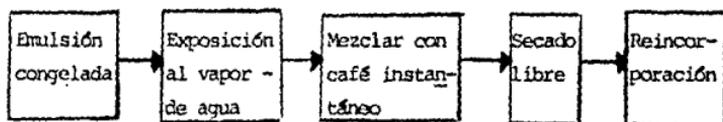
Congelación.

6. La emulsión es congelada a -80°C, las partículas una vez congeladas son agregadas al café en polvo instantáneo, permite que las cápsulas se secan en un tiempo un poco mayor que por el método de goteo o rocío en el secado libre, y por último se reincorporan al café instantáneo. (13)



Congelación con tratamiento de vapor.

7. Las partículas de la emulsión congeladas son expuestas a vapor de agua antes de ponerlas en contacto con el polvo para formar una película de agua alrededor de la cápsula. Se ha observado que el exceso de humedad es absorbido por el polvo alrededor de la cápsula y por último se reincorpora al café instantáneo. (11)



Es importante mencionar que en todos los métodos descritos con anterioridad las cápsulas pueden ser simplemente mezcladas con el polvo de café instantáneo, por simple oclusión, preferentemente después de cernir por una malla de 8 mesh (2.3 mm.). En cuanto al nivel de incorporación de las cápsulas de café instantáneo puede variar dentro de límites amplios, pero es común de un 1% al 10% dependiendo de las cápsulas. (12)

Como regla general, las cápsulas pequeñas se incorporan con mayor proporción al café instantáneo como consecuencia de que una cápsula mientras más grande, más impermeable es y puede contener una mayor cantidad de aceite aromatizado que las más pequeñas. (13)

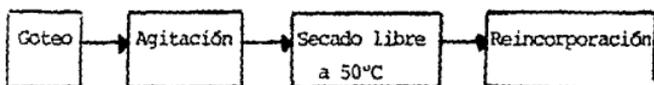


Tabla No. 8

Relación de la dimensión de la cápsula y el por ciento en el café instantáneo. ⁽¹³⁾

<u>Dimensión</u>	<u>Por ciento en el café instantáneo</u>
420 - 600 micras	7.2%
600 - 850 micras	4.6%
850 micras - 1.20 mm.	3.2%
1.20 - 1.70 mm.	2.3%
1.70 - 2.35 mm	1.8%
2.35 - 3.35 mm.	1.4%

Tabla No. 9

Ejemplos de goteo, rociado, congelación y congelación con tratamiento de vapor. ⁽¹³⁾

<u>Técnica de preparación</u>	<u>Secado</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Contenido de aceite aromatizado</u>
1. Goteo	secado libre	2.35-3.35 mm.	35%
2. Goteo	secado lámpara de calor	2.35-3.35 mm.	35%
3. Goteo	secado a 50°C	2.35-3.35 mm.	35%
4. Rociado	secado libre	420 micras-2.35 mm.	8-35%
5. Rociado	secado libre	420 micras-2.35 mm.	8.35%
6. Congelación	secado libre	1 mm.	20%
7. Congelación con tratamiento de calor.	secado	1 mm.	20%

c) Técnica de aromatización por medio de partículas microporosas. (22)

La técnica, consiste en el rocío con una solución acuosa dentro de un solvente orgánico el cual puede ser etanol al 100% el que deshidrata el líquido acuoso y forma poros esféricos. Con lo anterior se forman los poros microporosos de café soluble, los cuales se mezclan con el café soluble secado por aspersión o secado liofilizado. (22)

La técnica de aromatización por medio de partículas microporosas no solamente se utiliza para aromatizar café soluble sino también se utiliza para aromatizar jugos de fruta en polvo, concentrados de bebidas en polvo, mezclas de postres - como puede ser las gelatinas y té. (7) (71)

El objetivo primordial de esta técnica radica en la reincorporación de aroma al café soluble o instantáneo, aunque también es el de preservar el aroma por períodos prolongados y el de proporcionar aroma en el espacio de cabeza en el empaque utilizado para el café soluble o instantáneo. (22)

Las partículas microporosas, poseen microporos los cuales tienen un promedio de diámetro menor de 200 micras, los poros preferidos son aquellos que tienen un diámetro menor a 50 micras dichos poros tienen un radio de menos de $110 \text{ a } (110 \times 10^{-8} \text{ cm.})$ aunque se prefieren de radio de 50 a (50×10^{-8}) .

Los microporos con radios menores a 3 a (3×10^{-8}) no son deseables pues pueden excluir moléculas de componentes aromáticos deseados.

Existen varios métodos para producir partículas solubles secas comestibles obtenidas de soluciones acuosas de materiales vegetales las cuales dan como resultado partículas con diámetro menor a 200 micras, tales como:

- a) El secado por spray produce partículas pequeñas pero no poseen una estructura microporosa.
- b) El secado liofilizado produce partículas microporosas pero tienen un radio de poro de 10,000 a ($10,000 \times 10^{-8}$ cm.) que resultan demasiado grandes a los poros que se necesitan.
- c) El atrapamiento de aromáticos volátiles por partículas secas se lleva a cabo por medio de una absorción y una condensación capilar (por ejemplo la licuefacción de vapores en poros). "los aromáticos volátiles son congelados dentro de la estructura microporosa, un pequeño porcentaje de estos aromáticos -- ejercen una pequeña presión, el mecanismo de condensación capilar no se lleva a cabo en poros con un tamaño de diámetro superior a las 200 micras". (22)

Se efectúa por medio del rocío de una solución acuosa, que tiene menos del 40% en peso de sólidos, típicamente del 25% al 35% en peso; dentro de un flujo criogénico fluido que tiene una temperatura por debajo de los -100°C ., preferentemente nitrógeno líquido con un subsecuente secado por liofilización se procede con estas partículas microporosas que tienen un radio de menos de 50 a $(50 \times 10^{-8} \text{ cm})$. (22)

El congelamiento instantáneo resulta de la formación en solo un momento de pequeños cristales de hielo al contacto con el fluido criogénico dichos cristales se encuentran a través de toda la estructura de la partícula lo que forma las partículas microporosas. (22)

d) Otro Método para producir partículas microporosas secas es por medio del rocío de una solución acuosa dentro de un solvente orgánico, como es el etanol al 100%, el cual deshidrata el extracto y forma poros esféricos de sólidos solubles. (22)

Las partículas microporosas preparadas de esta manera tienen un promedio de radio de menos de 50 a $(50 \times 10^{-8} \text{ cm})$. El tamaño de radio pequeño de las partículas porosas lo hace ideal para aplicarlo en el café soluble o instantáneo. (22)

En el caso de café instantáneo se utiliza partículas -

molidas secadas por spray que son rociadas sobre una solvente orgánico etanol al 100%, se produce con esto partículas micro porosas con un deseable radio en promedio un promedio de diámetro menor de 200 micras. (22)

En la utilización de este método en café instantáneo - se adiciona un 2% de partículas microporosas en peso al café instantáneo.

Los métodos de contacto de las partículas porosas con los aromáticos volátiles son: (22)

1) Colocar partículas porosas y un condensado de dióxido de carbono (CO_2) mezclar a una temperatura de -40°C , se permite con esto que el dióxido de carbono (CO_2) se sublima - (pasar del estado gaseoso al sólido sin pasar por el estado líquido). (3)

2) Encerrar el absorbente (partículas microporosas) y el aroma condensado a presión, se aumenta la temperatura dentro de un recipiente para evaporizar el hielo y con esto proveer de una elevada presión.

3) Combinar el condensado de aroma concentrado con las partículas porosas a un nivel el cual no excesivamente húmedo.

4) Conducir un flujo aromático gas de bajo contenido -
de humedad a través de una cama o columna de partículas poro-
sas.

5. EMPACADO Y EVALUACION SENSORIAL

5.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS ENVASES DEL CAFE INSTANTANEO

Desde que el café instantáneo o soluble se empezó a -- ser producido se empleó el envase en metal (lata), pero durante la Segunda Guerra Mundial por lo que la escasez del envase de metal orilló a los productores a envasarlo en frascos de - vidrio, al término de la guerra, los productores utilizan de nuevo el envase de metal pero por alguna razón el ama de casa no lo compra. (29)

Las compañías americanas realizan encuestas a las amas de casa y encuentran varias respuestas. El ama de casa prefiere ver el producto antes de abrir el envase, el envase de vidrio posee tapas que permiten abrir y cerrar con facilidad el frasco dándole en ésto mayor protección contra la pérdida de aroma y sabor y por último el frasco puede se reutilizable. (29) (11)

En base a lo anterior y al relacionar las funciones -- del envase se puede concluir los requerimientos principales - que deben poseer los envases utilizados para el café instantaneo o soluble.

Proteger el contenido y presentar al producto de la manera más atractiva posible para atraer al comprador. (29)

En cuanto a la protección del contenido en el caso de café instantáneo no sólo lo protegerá de la suciedad y el polvo sino lo protegerá principalmente de la humedad ya que el producto se considera altamente higroscópico. El producto al adquirir humedad pierde su "flujo libre" y se encoje formando una masa obscura que para el ama de casa causa la sensación de inservible. (18) (67)

La segunda protección es objetivamente contra la pérdida de los volátiles aromatizantes y saborizantes reincorporados al café instantáneo, es importante mencionar que esta pérdida se presenta fundamentalmente durante el almacenamiento y cuando el envase es abierto y cerrado continuamente durante el consumo. (29)

5.2 EMPACADO

a) Empaquetado de café soluble o instantáneo.

Los envases pasan por lo general a una inyección de aire donde se elimina polvo o cualquier suciedad que pueda estar presente dentro del envase. (47)

En la zona de llenado el envase pasa a la máquina llenadora en donde se efectúa un vacío para poder llenar con facilidad, de no ser así el polvo se escaparía por todos lados debido a la gran velocidad de las líneas de llenado y por último se coloca las tapas.

Como ya se ha mencionado en el capítulo 2 existen dos principales clases de café instantáneo el obtenido por secado por aspersión y con una humedad máxima de un 3% y el obtenido por secado por liofilización con un contenido de humedad máximo de 2.6%. Tomando en cuenta que cada uno de los procesos de secado es diferente la manera de ser empacados es también diferente. (47)

- b) Empaquetamiento de café instantáneo secado por aspersión. (47)

Un proceso para aromatizar café instantáneo secado por aspersión es precisamente mediante la reincorporación de aceite de café, el empaquetado se efectúa de inmediato en una atmósfera libre de oxígeno como se muestra en las figuras a y b. La figura a, como se puede apreciar es la aromatización del café instantáneo secado por spray.

La producción de una cortina de polvo sobre una superficie cónica 1, el polvo proviene de un tubo suplementario 2.

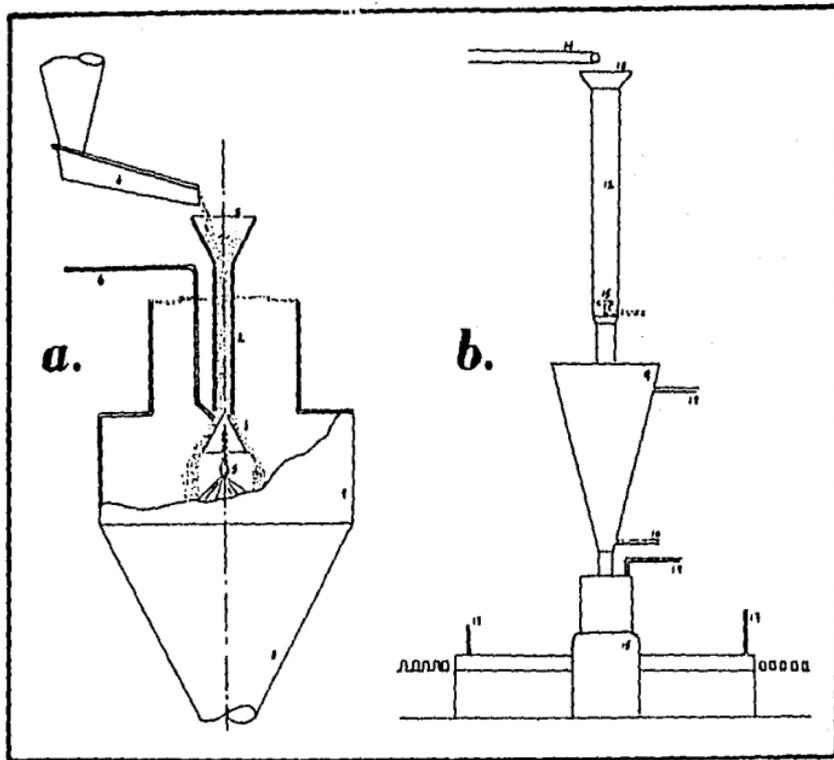


Fig. 21 Envasado de café instantáneo secado por spray. (47)

La distribución sobre la superficie cónica y el tubo suplementario tiene un eje común. Mediante una variación de la inclinación anular entre la superficie cónica 1 y la parte más baja de tubo suplementario 2, el espesor de la cortina de polvo y la relación de flujo pueden ser variados.

El tubo suplementario es alargado y se coloca dentro de un embudo 3, dentro del cual gotea el polvo alimentado desde el alimentador 4. Debajo de la distribución de la superficie cónica, está depositada una boquilla de rocío o spray 5 para poder rociar el aroma líquido el cual proviene del alimentador 6.

El polvo una vez aromatizado es depositado dentro de una cámara cerrada 7, la cual está dentro del cono 8.

En la figura b, se produce una aspersion de la cortina de polvo que proviene por así decirlo de la figura a, y que es depositada en una cámara cerrada 9, en la cual se proporciona una atmósfera libre de oxígeno que es un gas inerte como es (dióxido de carbono, nitrógeno o gases raros) introducido por la línea 10. El líquido aromatizado es suplementado por la línea 11. El tubo suplementario 12 es colocado dentro del embudo 13, dentro del cual el polvo se gotea desde el alimentador 14. Cerca del final del tubo suplementario 12 es colocado un difusor 15 por el cual un gas inerte es adicionado

dentro del polvo que se mueve hacia abajo en el tubo suplementario. El gas inerte, debido a la sobrepresión presente en la cámara 9, cruza el polvo a contracorriente, por lo que transporta el oxígeno hacia arriba. Cuando sale del tubo suplementario 12 al final el polvo es libre de oxígeno. Después de -- ser aromatizado, el polvo es dirigido hacia la máquina de empaquetamiento 16. Se empaqueta bajo una atmósfera libre de oxígeno dentro de un envase el cual es hermético y sellado bajo -- una atmósfera libre de oxígeno. Un gas inerte es suministrado por la línea 17 en la máquina de empaquetamiento.

c) Empaquetamiento de café instantáneo secado por liofilización. (66)

El extracto de café tiene un contenido de humedad por debajo de 1.7% en un rango más elevado se absorbe demasiada - humedad durante el empaquetamiento y el resultado es un deterioro durante el almacenamiento.

Después de que el extracto es secado, bajo atmósfera - de oxígeno y exposición a la humedad durante el procesamiento posterior y empaquetamiento, en concordancia con esto es necesario romper el vacío en la cámara de secado por liofilización mediante el uso de un gas inerte como es el nitrógeno, el cual sirve para penetrar el producto y formar una película molecular de gas inerte. El dióxido de carbono, argón y otros pueden ser usados.

En la formación de esta película protectora, es preferible que el café liofilizado sea premolido para tener una partícula con una dimensión deseada antes de secar y que es mejor protegido por la película de gas inerte.

El producto es expuesto a condiciones ambientales por un mínimo de tiempo el cual asegura un contenido de humedad de menos de 2.5%. Por ejemplo, cuando el extracto es secado a un nivel de humedad por debajo del 1.7%, el vacío con nitrógeno y después expuesto por cinco minutos a condiciones ambientales de 26.6°C y una humedad relativa del 70%, el producto seco absorbe cerca de 0.5% a 0.8% de humedad y durante el empaquetado absorbe cerca de un 0.2% de humedad, adicionalmente absorberá durante el almacenamiento cerca de 0.2% de humedad. Si la humedad del producto no se mantiene por debajo de 2.5%, el café instantáneo presenta una desagradable torta no deseada.

5.3 ENVASES PARA CAFE INSTANTANEO

La forma general en la que se comercializa el café es en forma de mezclas de café tostado y molido además del café instantáneo (secado por spray y secado por liofilización). (28)

El café instantáneo se vende o comercia en dos tipos de mercado: el de mayoreo y menudeo. El mercado de mayoreo

abarca hoteles, restaurante e instituciones, que resulta un mercado poco extenso pues el café tostado y molido se prefiere por las grandes cantidades preparadas y de inmediatamente servidos aunque en pequeñas cantidades se ofrece al público especialmente el café instantáneo descafeinado en empaques individuales.⁽¹¹⁾

Por lo anterior es fácil deducir que el mayor mercado es al menudeo pues su principal consumidor es el ama de casa que lo consume esporádicamente durante el día por lo que tiene que abrir y cerrar el envase por varias veces. (29) (11) (18)

El envase de metal posee una tapa de metal con rosca que resulta poco satisfactorio, pues presentan problemas de similitud es decir, que entre el cuerpo y la tapa no existe acoplamiento, resulta difícil el abrir y cerrar el envase debido a que el metal se dilata y contrae dependiendo de la temperatura ambiente. (50)

Otro tipo de tapa para el envase de metal es el tipo fricción pero resulta también poco satisfactorio pues queda demasiado apretado para abrir y cerrar. (29) (11) (50)

Las ventajas del envase de metal son: el no romperse por golpes y caídas, menores costos en el transporte por ser más ligeros que los de vidrio. (29) (59)

El envase de vidrio no es del 100% vidrio pues cierran con tapas de metal, la unión entre metal y vidrio no es suficientemente hermético por lo que se utiliza una tapa de papel o compuesto elástico sobre un disco de cartón y así obtener un mayor cerrado. (29) (11)

Como mayor protección se pega a la boca del frasco una membrana de papel parafinado que además de evitar el paso de humedad garantiza al consumidor que el contenido del frasco no ha sido tocado antes de llegar a sus manos. (29) (11) (50)

Al principio los frascos de vidrio significaban un problema en el momento de colocar en el anaquel los envases pues éstos se resbalaban con frecuencia y se rompían provocando pérdidas numerosas. Se pensó por esto en un diseño de frasco que en la parte del fondo tuviera una forma especial que embocara con la tapa para evitar el resbalamiento de éstos. (29) (11) (69)

Las ventajas de los envases de vidrio son: permite él ver el productor antes de abrir el envase, facilidad al abrir y cerrar el envase y posibilidad de reutilización del envase. (29) (11)

Regularmente se envasa café instantáneo descafeinado con empaques de cuatro caras selladas de papel/hoja de aluminio/poliestireno. (29) (11)

Evaluación sensorial del café instantáneo.

Se deben de hacer diferentes evaluaciones sensoriales u organolépticas para determinar la posible aceptación del producto por el consumidor; estas pruebas son decisivas para continuar con el desarrollo del producto, puesto que una muestra representativa de los consumidores puede indicar el grado de aceptación o rechazo que tendrá el producto en el mercado. Durante todos los pasos de la fabricación del café se deben vigilar su sabor y olor, ya que a pesar de que desde el punto de vista de calidad sea de primera, lo que determina su aceptación final son sus propiedades organolépticas. (4) (41) (42)

La prueba sensorial por lo general, se lleva a cabo por lo menos con diez jueces entrenados, en una habitación limpia, silenciosa, ordenada, libre de olores y con una temperatura confortable. (42) (63)

Los jueces que realizan la prueba sensorial se sientan enfrente de una mesa con un eje rotatorio, las tazas se colocan alrededor de la mesa y por último se les proporciona un recipiente al lado derecho de cada juez. (63)

La preparación de la muestra es como sigue: Se toman dos gramos de café instantáneo se colocan en tazas de porcelana blanca con agua pura y hervida se disuelven. Se identifica -

can y se dejan enfriar a temperatura ambiente, con el fin de que el calor no enmascare o resalte aromas características.⁽⁶³⁾

La forma en que se lleva a cabo es tomar una cucharada de café instantáneo ya preparado, se acerca a la nariz, se efectúa una fuerte inhalación, enseguida se hace una fuerte -- inhalación, enseguida se hace un fuerte enjuague dentro de la boca para que el aroma ascienda por la nariz, la cucharada de café se escupe dentro del recipiente colocado a la derecha -- del juez. El proceso se continúa hasta terminar con todas las -- muestras.

Las diferencias básicas en la composición química del café instantáneo las cuales influyen en el gusto en taza.⁽⁶³⁾

- (1) El café instantáneo tiene cerca de la mitad de ca-feína en taza que el café hervido.
- (2) La acidez así como el nivel de carbohidratos en el café instantáneo son más altos que en el café her-vido.
- (3) El café instantáneo contiene menos aroma y sabor -- que el café hervido.
- (4) El café instantáneo es menos sensible a cambios de

mezclas de diferentes tipos de grano en el sabor y aroma.

- (5) El café instantáneo pierde casi todo el ácido acético, teniendo orígenes de acidez que el café hervido.

- (6) El café instantáneo tiene un sabor característico a hervido causado por el calentamiento.

CONCLUSIONES

PREPARACION DEL GRANO

1. Fermentación de los granos por microorganismos, resulta un método económico comparado con los métodos de desprendimiento químico de la capa rucilaginosa, y la digestión alcalina de la capa mucilaginosa pero tiene la desventaja principal de utilizar un tiempo prolongado.

2. El desprendimiento químico de la capa mucilaginosa, tiene la desventaja de destruir enzimas y microorganismos propios del grano, aunque utiliza un tiempo menor que el de fermentación natural.

3. La digestión alcalina de la capa mucilaginosa, resulta ser más económico y rápido que la fermentación de los granos por microorganismos y desprendimiento químico de la capa mucilaginosa.

TOSTADO

4. Los tostadores por lote, solamente permita tostar pequeñas cantidades, con menor rendimiento, con mayor pérdida

de volátiles aromáticos, existe un sobretostado y se lleva a cabo en un tiempo mayor a comparación con los tostadores continuos.

5. Los tostadores de lecho fluidizado rotacional, utilizan menor tiempo de tostado que el de tostado por lotes, y se obtiene mayor uniformidad en cantidades más grandes en comparación con el de tostado de altas temperaturas resulta ser este último el de menor tiempo, mayor uniformidad y rendimiento que los anteriores.

EXTRACCION

6. En los coladores de extracto, la desventaja radica en el paso de partículas pequeñas que degradan la calidad del café instantáneo con presencia de sedimentos en taza, mientras que en el método de centrifuga, la desventaja principal es que también separa partículas que son constituyentes de aroma y sabor en el café instantáneo.

7. En el método de obtención de extracto se utiliza el eductor o eyector que tiene la ventaja de proporcionar una agitación continua con el propósito de evitar la formación de espuma lo que resulta al disolver el café soluble en taza.

DESCAFEINIZACION

8. La descafeinización se realiza sobre el grano verde pues con el extracto se forma una emulsión líquida que perjudica la calidad del café en taza.

9. En la extracción líquido-líquido, la desventaja principal está en la utilización de altas temperaturas que trae como consecuencia la pérdida de volátiles aromáticos propios del café.

10. El intercambio iónico, las ventajas sobre el método de extracción líquido-líquido es la no utilización de temperaturas altas que dañen los constituyentes volátiles aromáticos, permite la descafeinización de grandes cantidades.

e

SECADO

11. El café secado por spray, aunque existen diferentes métodos tienen la desventaja principal de utilizar altas temperaturas que destruyen los volátiles aromáticos del café instantáneo, por lo que se prefiere el secado por liofilización.

12. En el secado por humedecimiento de una cortina de polvo de café no rompe las esferas huecas de aire por lo que

resulta una desventaja en la calidad al momento de reincorporar en taza con agua con presencia de espuma.

13. En el secado por condensación de vapor, cuenta con equipo de humedecimiento y aglomeración que permite una mayor uniformidad de secado en comparación a los demás métodos y la posibilidad de secar grandes cantidades.

14. El secado por atomizador de Niro, cuenta con un vibrador-fluidizado que actúa como un refrigerador con el que protege el aroma y sabor del café instantáneo ventaja sobre los demás métodos de secado por spray.

15. El secado por liofilización, la obtención de una estructura porosa y esponjosa, permite una mayor superficie de contacto que da una mayor solubilización al café instantáneo. Otra de las ventajas es la no utilización de altas temperaturas que no deterioren los volátiles aromáticos del café instantáneo. La desventaja es que es un método costoso. En el secado por liofilización por microondas, nos ofrece las mismas ventajas que el secado por liofilización, pero es más costoso.

16. La destilación de vapor de café tostado, aunque el rendimiento es un poco mayor que el de destilación de aromáticos volátiles las desventajas son las mismas.

Recuperación de aromas

17. La técnica de Heyman, de recuperación de aroma la cual tiene la desventaja de la utilización de altas temperaturas que deterioran los componentes aromáticos volátiles, así como el tiempo necesario para reincorporar el aroma.

18. La técnica Bolt, la desventaja como en el método anterior es la utilización de altas temperaturas y tiempo prolongado en la reincorporación.

19. La técnica Sivetz, se aplica la extracción media en comparación con las dos técnicas anteriores, por lo que utilizan menor temperatura que no destruyen los constituyentes volátiles aromáticos, la desventaja radica en la incorporación del primer condensado que resulta poco económico y con sabores estridentes. La no recuperación de los aromáticos volátiles del extracto es una desventaja pues se encuentra una gran cantidad de ellos en el extracto.

20. La técnica Liu, utiliza la extracción media por lo que no utiliza altas temperaturas que dañan los constituyentes volátiles aromáticos, reincorpora el segundo y tercer condensado, la utilización opcional de un percolador más para la obtención de mayor cantidad de componentes volátiles aromáticos. El método permite reincorporar aromáticos volátiles des-

pués de ser secado el café por diferentes métodos.

21. Destilación de volátiles aromáticos al vacío, en comparación con las otras técnicas de recuperación de aromáticos volátiles es la de menor rendimiento, el condensado es susceptible a oxidación y para evitarla hay que disminuir la temperatura que es costoso.

REINCORPORACION DE AROMA

22. Técnica Pfluger, es económica e incrementa la retención de aromas en el café soluble, pero tiene la desventaja que utiliza para la recuperación de aromas los métodos de destilación.

23. Técnica de plateado, en comparación a la técnica Pfluger es más completa pues utiliza el aceite de café o en forma líquida el condensado de aromáticos con una distribución uniforme con una reincorporación que se efectúa después del secado por aspersion o liofilización.

24. Técnica de encapsulado, la ventaja principal de este método es la conservación del aroma aún por períodos prolongados así como el conservarlos en el empaque aunque éste se abra y se cierre continuamente. La cápsula tiene la ventaja de no poseer olor ni sabor propios y se disuelve sólo al con

tacto con agua caliente.

25. Técnica de reincorporación por partículas microporosas, una de las ventajas de este método es que no utiliza altas temperaturas que deterioren los volátiles aromáticos, permite reincorporar el aroma después de ser secado el café instantáneo, la desventaja es que resulta costosa la condensación capilar, así como la formación de microporos.

ENVASADO

26. Empacado de café soluble secado por aspersión, la principal ventaja es el de proporcionar una atmósfera inerte durante la aromatización y sellado, conservando los componentes volátiles aromáticos.

27. Empacado de café secado por liofilización, proporciona una atmósfera inerte durante la aromatización y sellado, conservando los componentes volátiles aromáticos.

28. Envase de vidrio, posee tapas que permiten abrir y cerrar el frasco dándole mayor protección contra la pérdida de aroma. La unión entre metal y vidrio es mediante una tapa de papel o compuesto elástico sobre un disco de cartón que le da mayor protección contra la pérdida de aromáticos cuando permanece cerrado, mayor facilidad de acomodo en el anaquel -

ya que la tapa coincide con la parte de abajo del frasco, permite ver el producto antes de abrir el frasco, protege el producto contra suciedad, polvo y humedad.

29. Empaques de cuatro caras, la ventaja principal es la utilización individual, protección en contra de humedad y pérdida de aromáticos, pero la desventaja es que al abrirlo se pierde toda protección.

Como resultado en la industria del café, cada compañía aplica y desarrolla sus métodos de reincorporación y conservación de aromas, de acuerdo a sus sistemas para la obtención de diferentes grados de calidad en el café instantáneo.

Mi opinión personal acerca de los métodos de desarrollo de aromáticos volátiles es el de la técnica Liu, lo considero el mejor, básicamente porque recupera los aromáticos volátiles desarrollados mediante una extracción media y los aromáticos volátiles que se desarrollan en el extracto, por lo que alcanza un 100% de extracción de volátiles aromáticos.

La eficiencia de la técnica Liu es la opción de utilizar los métodos de reincorporación de aroma planteados en esta tesis.

El proceso de reincorporación de aromáticos volátiles, que a mi juicio, es el más eficaz, seguro y sencillo, es el de

la técnica de plateado, pues sólo reincorpora el aroma a una porción del total de producto permitiendo una uniformidad de aroma en el producto que se empaca.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Allinger, N.L., et al. "Grupos Funcionales con enlace múltiple entre el oxígeno y el carbono: grupo carbonilo". en "Química Orgánica" Allinger, N.L, et al (Editor) Editorial Reverté, S.A. España. pag. 268 (1979).
- (2) Amores. J. E. "Stereochemical theory of olfaction" in "Chemistry and Physiology of flavors", H.W. Schultz., et al (Editor) the AVI publishing Company Inc. U.S.A. pag. -- 119-121 (1967).
- (3) Ander, P., Sonnessa, J.A. "El estado líquido" en "Principios de Química", Ander, P., Sonnessa, J.A. (Editor) Editorial Limusa. México pag. 407, 420, 421 (1978).
- (4) Badui D.S., et al "Evaluación organoléptica de los alimentos" en "Química de los Alimentos", Badui D.S., et al -- (Editor), Alambra Mexicana, México., pag. 312-314 (1981).
- (5) Badui, D.S., et al "Carbohidratos", en "Química de los -- alimentos" Sivetz, M., et al (Editor), Alambra Mexicana, México pag. 91-94 (1981).
- (6) Badui, D.S., et al "Sabor y Olor" en "Química de los Alimentos" Badui, D.S., et al (Editor), Alambra Mexicana, México pag. 294-295 (1981).
- (7) Baling, T.T., Mahlmann, J.P. Modification of aqueous Coffee aroma. General Food Corporation, White Plains, U.S. patent: 3810999 (1974).
- (8) Bevan A.J., et al (Estimulantes del sistema nervioso -- central" en "Fundamentos de Farmacología", John A. Bevan, et., al (Editor), Karla Happer S. Row Latinoamericana, -- U.S.A., pag. 336-339 (1976).

- (9) Bomben, J.L., Bruin, S., Thijssen, H.A.C., Merson, R.L. Aroma recovery and retention in concentration and dryign of foods. *Aduances in food Research*. 20: 111 (1973).
- (10) Brinch Larsen, I. Soluble coffee Manufacture. *Tea and coffee Trade Journal*. 153: (7) 18-19, 40 (1981).
- (11) Brody, A.L. "Coffee" in "Flexible Packaging of food" y - Brody, A.L. (Editor) CRCPRESS U.S.A. pag. 39-43 (1979)'
- (12) Clifford, S.B. Soluble Coffee Process and product. General Food Limited, Banbury, England. U.S. Patent: 4107339
- (13) Coffee aroma improvement. Societ Des. Produits. Nestlé -- S.A. U.S. patent: 2028093 (1980).
- (14) Corbin, I. FDA. Status. *Food Techonology*. 36: (9) 48-50 (1982).
- (15) Fabre, R. "Cafeína" en "Toxicología", Fabre R., Truhaut, R. (Editor) *Paraninfo México* pag. 35-36 (1977).
- (16) Fisher S.H., et al. "Cacao, café, Té y hierva mate" en - "Análisis Moderno de los Alimentos", Harry John Stone - Fisher., et al (Editor) Editorial ACRIBIA España pag. - 115-116 (1981).
- (17) Franklin, H.R., Herman, M. M., et al. Soluble Coffee of improved Stability and Flavor. General Foods Corporation Inc. J.S. patent: 4045586 (1977).
- (18) Harris, N.E., Boshov, S.J., Rahman, AR. Roberson M.M., - Marbrouk, A.F., Shelf life Studies. *Journal of food Science*. 39: (1) 192-195 (1980).
- (19) Harris, N.E., Bishov, S.J. Rahaman, A.R. Roberson, M.N., Mabrouk, A.F. The History of Instant Coffee. *Journal of food Science* 39: (1) 192-195 (1974).

- (20) Hoagland M.L. "The Flavor and Aroma of Food" in "Food - Chemistry", Hoagland M.L., et al (Editor) The A.V.I. Publishing Company Inc. U.S.A. pag. 152-154 (1978).
- (21) Howard, R.R., Barone, J.J. History and use. Food Technology 36: (9) 40-43 (1982).
- (22) Hudak, F.S. Method for producing aromatized microporous substrates. U.S. Patent: 4389422 (1983).
- (23) Hugnaglel, W., Blanc, M. Balimann, W. Soluble Coffee process, Societe'd Assitance Technique pour products Nestlé S.A., U.S.A. patent: 4374864 (1983).
- (24) Jensen, D.J. Agglomeration, Instantizing and Spray Drying Food Tecnology. 29: (6) 60-68 (1984).
- (25) Jiménez F., J. "Café" en "Alimentos y Bebidas", Jiménez G.J. (Editor) Editorial Trillas México., pag. 68-73 --- (1983).
- (26) Jolly, M.D., Nacci, A.T., De Deglie, G.J. Method for --- aromatizing soluble coffee. General Foods Corp. U.S. Patent: 4044157 (1977).
- (27) Karassawa, Kazuo. Coffee in Japan. Tea and Coffee Trade Journal. 155: (6) 14-15 (1983).
- (28) Kroger, M., Igoe, R.S. Edible Containers. Food product - Devepolmentt. 5: (7) 74, 76, 78, 79 (1971).
- (29) Lee, S. To Choose container for yours instant coffee. Trade Journal. 140: (6) 11, 22-23,32,37-38 (1971).
- (30) Leviton M.D. Behavioral Effects. Food techonlogy 36: (9) 44-447 (1981).
- (31) Lockhart E.E. "Coffee Grinds II". The coffee brewing center. Publication No. 39 New York (1969).

- (32) Lui, R.T. Separating volatile aromatics from roasted and ground coffee. Societe D'Assistance technique pour - - Produits Nestlé, S.A. U.S. patent: 4379172 (1983).
- (33) Manual de Ingenieria Quimica Perry 6-13, 14. (Editor Mc. Graw Hill (1973)).
- (34) Morrison, T., et al. "Alcanos" en "Quimica Orgánica, Morrison, T. et al. (Editor) Fondo educativo Interamericano, S.A. pag. 114-115 (1976).
- (35) Morrison, T.R., et al. "Alcoholes I" en "Quimica Orgánica" Morrison, T.R., et al (Editor) Fondo educativo Interamericano, S.A., México pago. 510 (1976).
- (36) Morrison, T.R., et al. "Aldehidos y Cetona" en Quimica - Orgánica, Morrison, T.R., et al (Editor) Fondo educativo Interamericano, S.A. México pag. 636-639 (1976).
- (37) Morrison, T.R., et al "Alquinos y Dienes" en "Quimica Orgánica" Morrison, T.R., et al. (Editor) Fondo educativo Interamericano, S.A. México pag. 269 (1976).
- (38) Morrison, T.R., et al "Compuestos Heterocíclicos" en -- "Quimica Orgánica" Morrison, T.R., et al (Editor) Fondo educativo Internamericano, S.A. México pag. 1025-1026, - 1030 (1976).
- (39) Morrison, T.R. et al "Fenoles" en "Quimica Orgánica", Morrison, T.R., et al (Editor) Fondo educativo Interamericano, S.A. México pag. 829 (1976).
- (40) Morrison, T.R., et al "Macromoléculas Polímeros y Polimerización" en "Quimica Orgánica, Morrison, T.R. et al. (Editor) Fondo educativo Internamericano Mexico pag. 1068 (1976).
- (41) Norma Oficial Mexicana "Alimentos para Humanos- Café Soluble" NOMF-139-1981.
- (42) Norma Oficial Mexicana "Café tostado y molido". D.G.N. - p. 13- 1968.

- (43) Pereira de Almeida, A.R. Uma Industria Em Desenvolvimien to Reordenamiento 29: (7) 9-13 (1973).
- (44) Pfluger, A.R. Aromatization of instant coffee. Granted to General Foods Corporation, S.A. Canadian Patent: 823142 (1969).
- (45) Pintauro N.D. et al "Coffee chocolate and tea flavors", in "Food Flavoring", Pintauro N.D., et al (Editor), Noyes Data Corporations. U.S.A. pag. 148-167 (1976).
- (46) Pintauro N.D., et al "Decaffeinated Soluble Coffee" in -- Soluble Coffee Manufacturing Processes" Pintauro N.D., et al (Editor) Noyes Development Corporation U.S.A. pag. 225-232- (1969).
- (47) Pintauro N.D., et al packaging of Soluble coffee" in "Soluble coffee manufacturing processes", Pintauro, N. et al (Editor) Noyes Development corporation U.S.A. pag. 238-248 (1969).
- (48) Pintauro N.D. et al "Roasting" in "Soluble Coffee Manufacturing Processes", Pintauro N., et al. (Editor) Noyes Development Corporation U.S.A. pag. 3-11 (1969).
- (49) Potter N.N. "Bebidas", en "La ciencia de los alimentos", Potter N.N. et al (Editor) EDUTEX, S.A. México pag. 586, 591-594 (1978).
- (50) Potter N.N. "Operaciones Unitarias de la Industria Alimentaria" en "La ciencia de los alimentos" Potter N.N., et al. (Editor) EDUTEX, S.A. México, pag. 106-107 (1978).
- (51) Process for the manufacture of soluble coffee Product. U.S.A. patentN 3969533 (1976).
- (52) Rhoades W. J. Coffee Aroma Analysis". "The Coffee Brewing Center". Publication No. 52 New York (1969).

- (53) Ryves, R.R. y Jeffery, J.W. Process for producing Spray dried agglomerated soluble coffee product. General foods Inc. U.S. patent 4368100 (1982).
- (54) Shome, B.T. Problems concerned with spray drying of instant coffee powder. Journal of food science and technology (Mysore). 7: (6-17) (1970).
- (55) Sivetz, M., et al "aromatizing Soluble Coffee". in - - Coffee Processing Technology", Sivetz, M., et al (Editor) - AVI Publishing Company Inc. U.S.A., pag. 1, 39-46 (1963).
- (56) Sivetz, M. et al "Aromatizing Soluble Coffee", in "Coffee Processing Technology", Sivetz, M. et al (Editor), AVI - Publishing Company, Inc. U.S.A. pag. 1-2 (1963).
- (57) Sivetz, M. et al "Coffee and tea technology", in "Elements of food Technology" Norman W. Desrosier., et al (Editor) AVI. Publishing Company Inc. U.S.A. pag. 601-613 (1984).
- (58) Sivetz, M. et al "Freeze and other types of Drying" in Coffee Processing technology", Sivetz M., et al (Editor) - AVI Publishing Company Inc. U.S.A., pag. 456-506 (1963).
- (59) Sivetz, M., et al "Green Coffee Processing", in "Coffee Processing Technology". Sivetz, M., et al (Editor) AVI - Publishing Company Inc. U.S.A., pag. 76-83 (1963).
- (60) Sivetz, M. et al. "Green Coffee Processing at the Roasting Plant" in "Coffee Processing Technology", Sivetz, M., et al (Editor) AVI Publishing Company Inc. U.S.A. pag. 230-237 (1963).
- (61) Sivetz, M., et al "Machine Drying of Coffee I", in "Coffee Processing Technology", Sivetz, M. et al (Editor), AVI Publishing Company Inc. U.S.A., pag. 120-125 (1963).
- (62) Sivetz, M., et al "Machine Drying of coffee. II Descriptions of Driers", in "Coffee Processing Technology", Sivetz, M. et al (Editor) AVI Publishing Company. Inc. U.S.A. pag. 129-133 (1963).

- (63) Sivetz, M. et al "Physiological and Psychological effects of coffee", Sivetz, M., et al (editor), AVI Publishing - Company Inc. U.S.A. pag. 62-123 (1963).
- (64) Stoeckil, R.W., Berry, M.D. Aromatizing Apparatus. General Foods Corp. U.S. patent: 4355571 (1982).
- (65) Streitwieser A. et al "Alcoholes, ésteres, tioles y sulfuros" en "Química Orgánica" Streitwieser A., et al. (Editor) Interamericana, S.A. de C.V. México pag. 206 -- (1979).
- (66) Streitwieser, A. "Compuestas Heterocíclicos" en "Química Orgánica", Streitwieser, A. et al (Editor) Interamericana, S.A. de C.V. México pag. 1110 (1979).
- (67) Jassan, C.G., Russell, G.F. Sensory and Gas Chromatographic profiles of coffee Beverage headspaces volatiles - entrained on porous polymers. Journal of foods Science. 39: (1) 64-68 (1971).
- (68) Trugo., L.C., Macrae, R., Dick, U. Determination of purine alkaloids and trigonelline in instant coffee and other beverage using high performance liquid chromatograph. Journal of the Food and agriculture. 3: 34, 300-306 (1983).
- (69) Utilización de los Complejos Múltiples. "Fevilles Multi - Couches" Revue Suisse de L'Aluminum pag. 1-3 (1976).
- (70) Wilson C., Loomis E.W. "Rubiáceas" en "Botánica". Carl - Wilson., Loomis E.W. (Editorial) Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana México pag. 317-318 (1978).
- (71) Winter, G.M., Gautschi, V., Stoll, M. Flavoring Agent. Firmenich Cie, Geneva Switzerland, U.S. Patent: 3917872 (1975).