



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANALISIS DE LAS TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCION DE CACAO A PARTIR DE LAS MATERIAS PRIMAS.

TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: QUIMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

MIRIAM LIBERTAD ARRIAGA AVILA



MEXICO, D. F.



EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUIMICA

2018200

AÑO 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

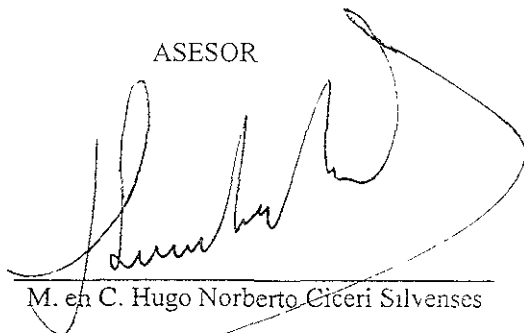
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

JURADO ASIGNADO

Presidente	Prof. Hugo Rubén Carreño Ortiz
Vocal	Prof. Marco Antonio León Félix
Secretario	Prof. Hugo Norberto Ciceri Silvenses
1er suplente	Prof. María de Lourdes Gómez Ríos
2do. suplente	Prof. Zoila Nieto Villalobos

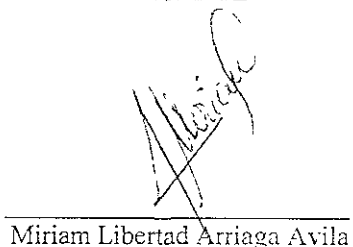
El tema fue desarrollado en las diferentes bibliotecas de la UNAM y del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

ASESOR



M. en C. Hugo Norberto Ciceri Silvenses

SUSTENTANTE



Miriam Libertad Arriaga Avila

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios haberme dado la luz en este día tan especial,
que me inunda de alegría, el aliento de vida y la oportunidad
de tener a mi familia,
a mis amigos y trascender en la vida
como profesionista, conociendo el fascinante mundo de la química.

Siempre tuve un sueño y hoy lo cristalicé. Dedico este trabajo a quienes por su paso me formaron y apoyaron
incondicionalmente, por la confianza que me brindaron, gracias por darme
la oportunidad de adquirir el conocimiento, gracias por esta herencia inagotable,
con todo mi amor a mis padres:

María Graciela Avila Nápoles y Enrique Arriaga Silva
por ejemplificar la disciplina diaria, el amor a la vida y el trabajo constante,
a ellos que sembraron en mí el anhelo de alcanzar esta meta,
que me infundieron fortaleza en cualquier situación,
por ser el pilar donde siempre me puedo recargar,
con todo mi amor y eterno agradecimiento.

Con especial cariño a mis tres hermanos Genaro, Vicky y Martín por los momentos tan increíbles que hemos compartido, por ser mis amigos, por el apoyo incondicional en situaciones tan especiales y por hacerme regresar nuevamente a la vida, por ser mi mundo

A mis abuelitas Sara Silva Santamaría y María Luisa Luna Soto, quienes fueron mis segundas madres, por su capacidad de amarnos, por sus días dedicados a mi vida y por ser parte de mi formación, donde quiera que se encuentren estarán felices de compartir mi dicha

A mis tres sobrinos Erick, Itzel y Dafne por su frescura, alegría y por hacerme tan feliz

A mis cuñados, Diana, José Luis y Daniela por su apoyo y formar parte de mi familia

Con profundo agradecimiento a mis tías Celia y Olivia Avila Nápoles, a mi tío Luis Luna Soto por alentarme, por su ejemplo como seres humanos, por ser partícipes de mis logros, por su sinceridad y amor verdadero.

A mi primo Gerardo Castillo Arriaga por ser tan fresco y consentirme siempre

A mi prima Karyna Luna Avila por ser mi amiga, confidente y pilar en mi corazón

A mi amiga Laura Maya Rodríguez, mi confidente de toda la vida, con quien cuento siempre, tan positiva y por infundirme siempre la confianza de seguir adelante, por todos los bellos momentos que hemos vivido juntas.

A mi amigo Marcos Ordaz Tellez por ser tan íntegro, honesto y por el apoyo brindado durante la carrera..

A mis amigos, primos y todas aquellas personas tan lindas que me apoyaron y vivieron junto a mí los altibajos para cristalizar este logro de ser profesionista.

A la UNAM, a la Facultad de Química y a mis maestros por mi educación y formación como ser humano y profesionista.

A TODOS MIL GRACIAS.

CONTENIDO		Página
❖ CAPITULO I		
INTRODUCCION		
1.1	Historia del cacao	1
1.2	Generalidades	2
1.3	Objetivo	4
❖ CAPITULO II		
DESCRIPCIONES TECNICAS PARA LA		
PRODUCCION DE LOS DERIVADOS DE CACAO 4		
2.1	Tecnologías para la elaboración de los productos de cacao	4
2.2	Limpieza de las habas de cacao	7
2.3	Tostado	7
2.4	Trituración y cribado	8
2.5	Alcalinización de la almendra de cacao	9
2.6	Molienda	9
2.7	Alcalinización ó tratamiento holandés del licor de cacao.....	11
2.8	Prensado del licor y trituración	13
2.9	Manteca de cacao	14
2.10	Producción de cacao	14

❖ CAPITULO III

DISCUSION

3.1 Análisis de las diferentes tecnologías.....	16
3.1.1 Ventajas y desventajas de las tecnologías.....	19
3.1.2 Cambios químicos y propiedades.....	19
3.1.3 Tendencias actuales.....	21
3.2 Conclusiones.....	23

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA	25
Tabla 2.1.1 Tecnologías para la elaboración de productos de cacao.....	4
Tabla 3.1.1 Tabla de ventajas y desventajas de las tecnologías	20
Diagrama 2.10 Diagrama general para la producción de cacao	15
Diagrama 2.1.2 Diagrama general para la producción de cacao y opciones de producción.....	10

CAPITULO I

INTRODUCCION. Historia y generalidades del cacao

1.1 Historia del cacao.

El oro, la plata y las piedras preciosas no fueron los únicos tesoros que trajeron los conquistadores españoles bajo el liderazgo de Hernán Cortés a principios del siglo XVI. Los orígenes del cacao, el llamado alimento de los dioses se remonta al llegar los españoles a América cuando descubrieron unos pequeños granos de color marrón que los indios empleaban para preparar una bebida deliciosa, aunque amarga, denominada “xocoatl ó chocoatl”, origen maya de la palabra chocolate que conocemos hoy en día. Los antiguos aztecas usaban los granos de cacao como moneda. El emperador azteca Moctezuma consideraba que esta bebida debía ser consumida por los guerreros y la elite, porque revestía de un sabor sagrado y era ceremonial para los dioses. El botánico sueco Linnaeus, que conocía la buena fama del cacao asignó un género a la especie vegetal, a la que llamó *Theobroma cacao* L. el “alimento de los dioses.

El cacao llegó al viejo mundo en el año de 1544 cuando fueron presentados los granos de cacao al que se convertiría en el nuevo Rey de España, Felipe II. En 1615, cuando la infanta Ana de Austria, hija de Felipe III de España, se casó con Luis XIII de Francia, llevó la receta del chocolate como parte de su dote. Los ingleses tuvieron que esperar hasta el año 1657, momento en que se comenzaron a vender bebidas preparadas a partir de cacao en las casas de chocolate de Londres. En el siglo XVII, los españoles comenzaron a cultivar los granos de cacao en la isla de Fernando Poo, actual Bioko, frente a la costa Africana. Sin embargo, el desarrollo más importante del cacao como artículo de consumo a escala mundial se inició en torno a 1880, cuando los ingleses establecieron plantaciones en la actual Ghana. Hoy en día la costa occidental de Africa es todavía la mayor zona productora de cacao del mundo, aunque también en América

Central y las Antillas es un cultivo destinado a la comercialización, así como en algunas zonas de Asia como Malasia, Indonesia y Filipinas, donde desempeña un papel muy importante en la economía de estos países.

1.2 Generalidades

La transformación de cacao significa básicamente convertir el cacao en grano, en cacao sin cáscara, cascarilla, licor, manteca y cocoa en polvo. La fabricación de estos diferentes productos implica múltiples operaciones. Después del cultivo, cosecha y fermentación de las habas, la transformación requiere utilizar una serie de tecnologías para su aprovechamiento completo e integral. Entre los países productores se encuentra México con una producción aproximada de 50,000 ton. anuales. Los principales estados que participan, es Tabasco ocupando el primer lugar y Chiapas el segundo. Los mayores productores a escala mundial son los países africanos, dentro de los que destaca la Costa de Marfil con una producción de 700,000 ton. anuales.

El haba de cacao es la semilla del pequeño árbol conocida en botánica científicamente con el nombre de *Theobroma cacao* L. Se cultiva hoy en todas las regiones de la selva tropical húmeda, principalmente entre los 20°N y 20°S de latitud del Ecuador. El árbol de cacao es pequeño, crece hasta unos 6 m de altura, las hojas son perennes y llegan a tener 20 cm de longitud. Necesitan de una atmósfera templada a 26.6°C y húmeda. Los frutos maduros tienen una cubierta cérea sobre la pared del tejido denso y lignificado que llega a medir a veces más de 1 cm de espesor. Dentro del fruto se encuentran de unas 30 a 40 semillas incluidas en la pulpa mucilaginoso y dulzaina. Gran parte del alimento almacenado en los cotiledones, está compuesto por la grasa llamada manteca de cacao, la cual llega a constituir la mitad del peso de la semilla seca. Existen dos tipos de cacao: el Forastero, que tiene los cotiledones de color púrpura, y el

Criollo, con los cotiledones blancos. El color procede de las antocianinas y en la actualidad, una proporción muy elevada de la cosecha mundial de cacao es Forastero. Hay un tercer tipo llamado Trinitario. Parece ser que este se originó por la hibridación entre los cacaos Forastero y Criollo.

Las mazorcas de cacao se recogen maduras, cortando el pedúnculo leñoso. Para obtener las semillas, se abren las mazorcas de pared gruesa, se pueden esparcir al sol, o desecar en secadores mecánicos hasta disminuir a 7% el contenido de humedad.

La fermentación se lleva a cabo de diversas formas artesanalmente, pero todas consisten en apilar una cantidad de habas frescas con pulpa suficiente, los microorganismos producen calor, elevan la temperatura para llevar a cabo la fermentación y se airea constantemente las habas de cacao. Puede ser como es común entre los pequeños granjeros de unos cuantos acres en África Occidental, que se distribuya en montones cubiertos con hojas de plátano o, como es normal en las plantaciones más importantes, en cajas o con agitación. Para saber si la fermentación está completa se hace con la prueba de corte, que consiste en abrir por lo menos 100 habas, longitudinalmente. Las habas totalmente fermentadas son de color pardo, con las espiras de los cotiledones que tienden a separarse cuando el haba está convenientemente seca.

Las habas de cacao se transportan y almacenan en sacos de cañamo, que son resistentes, pueden acomodarse y se facilita obtener muestras. Una vez en la fábrica se lleva a cabo la transformación completa. Las operaciones que implican la elaboración de los diferentes productos son la limpieza para eliminar la materia extraña, el tostado para desarrollar el aroma y sabor, la trituration para eliminar la cascara, la molienda de la almendra y el prensado para obtener cocoa en polvo, manteca de cacao y por último el licor de cacao que son los productos finales y que a su vez sirven como subproductos para elaborar diferentes productos en el ramo de alimentos y farmacia.

Este trabajo ofrece una alternativa de las diferentes tecnologías que se utilizan durante el proceso del cacao a partir de su materia prima que se basan en distintos principios para lograr obtener los productos tales como la cocoa en polvo, el licor y la manteca de cacao con las características organolépticas, físicas y químicas satisfactorias para el consumidor.

1.3 OBJETIVO:

Analizar y citar las tecnologías que existen para fabricar el licor de cacao, la manteca de cacao y la cocoa en polvo a partir del cacao como materia prima y sus usos en la industria.

CAPITULO II. DESCRIPCIONES TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE LOS DERIVADOS DE CACAO

2.1 Tecnologías para la elaboración de los productos de cacao

La tabla 2.1.1 muestra las diferentes tecnologías que se usan en cada uno de los pasos del proceso para la transformación de los diferentes productos a partir de las habas de cacao como materia prima.

Tabla 2.1.1. Tecnologías para la elaboración de los productos de cacao

TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN CADA PASO DEL PROCESO	PROCEDIMIENTO	MATERIA PRIMA	OPERACIÓN	Nº DE ETAPAS
Buhler System, Buhler Brothers Ltd.	Limpieza	Haba de cacao ferm.	Eliminación de la materia extraña	3
Burns Thermalco	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por conducción	5
Tambor rotatorio	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por conducción	4
Tostador esférico	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por conducción y convección	7
Tostador Miag	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por conducción	6

Alta frecuencia	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por convección	4
Barth Sirocco Type, Batch Roaster	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por conducción	4
Micronizing, Co; UK, Ltd. & G.W. Barth GmbH	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	4
Fluid Bed Roaster	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	13
Probat Roaster	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	7
Buhler System STR2, Buhler Brothers Ltd.	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	5
Tornado Roaster, G.W. Barth GmbH	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	5
Buhler STK, Gebruder Buhler	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tratamiento térmico por micronización	3
Barth System, G.W. Barth GmbH	Tostado	Haba cacao limpia y ferm.	Tambor de infrarrojo Indru	4
Buhler System SUDS 40-858, Buhler Brothers Ltd.	Trituración y eliminación de la cascara	Haba cacao tostada	Triturador de impacto y cribado	6
Savy Jeanjean & Baker Perkins Ltd.	Trituración y eliminación de la cascara	Haba cacao tostada	Triturador de rodillos dentados y cribado	3
Bauermeister Maschinen Fabrik	Trituración y eliminación de la cascara	Haba cacao tostada	Triturador de rodillos dentados y cribado	3
Barth System, G.W. Barth GmbH	Alcaliniza ción de la almendra	Almendra de cacao	Reactor de Alcalinización	5
Buhler System, Buhler Brothers Ltd.	Alcalinización de la almendra	Almendra de cacao	Reactor de Alcalinización	5
LBCT System, Buhler Miag Ltd.	Alcalinización de la almendra	Almendra de cacao	Reactor de Alcalinización	10
Buhler System, Buhler Brothers Ltd.	Molienda	Almendra de cacao	Molino de rodillos	6

Baker Perkins Ltd.	Molienda	Almendra de cacao	Molino de discos	5
Cocoa Mill Type MPH4, Carle & Montanari Ltd.	Molienda	Almendra de cacao	Molino de bolas	5
Wieneroto W45C, Wiener Co.	Molienda	Almendra de cacao	Molino de mazos	5
Lehmann System, Lehmann Maschinen Fabrik GmbH	Molienda	Almendra de cacao	Molino de discos	5
Luwa Thin Layer Evaporator, Buss Luwa AG & Petzholdt	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	5
Columna Petzomat, Petzholdt GmbH	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	5
Convap Thinfield Evaporator, Alfa Laval Inc.	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	5
Bauermeister Cocomavap Unit, Gebruder Bauermeister & Co	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	5
Lehmann KFA, Lehmann Maschinen Fabrik GmbH	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	6
Carle Monatanari. PDAT, Carle & Monatanari Ltd.	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	6
Leniger & Baverloo	Alcalinización del licor de cacao	Licor de cacao	Evaporador de capa fina	5
Gebruder Bauermeister & Co.	Manteca de Cacao	Licor de Cacao	Prensa Horizontal	10
POV.540.b2.14, Carle & Montanari Ltd.	Manteca de Cacao	Licor de Cacao	Prensa Horizontal	10
Loders & Nucoline	Manteca de Cacao	Licor de Cacao	Prensa expeller	5
Baker Perkins Ltd.	Manteca de Cacao	Licor de Cacao	Prensa hidráulica	6
Buhler System, Buhler Brothers Ltd.	Cacao en polvo	Torta de Cacao	Trituración y cribado	7
Carle Monatanari. ISC, Carle & Monatanari Ltd.	Cacao en polvo	Torta de Cacao	Trituración y cribado	12

Fuentes: Bernard W. Minifie. *Chocolate, cocoa and confectionery*, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75, Richardson Researches, Inc., USA, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75. (1986).

E. B. Jackson. *Sugar confectionery and chocolate manufacture*, Editorial Leonard Hill, Great Britain, pp. 121. (1985).

S. T. Beckett. *Fabricación y utilización industrial del chocolate*, Editorial Acribia, España, 69, 72-74, 77-78, 80-82, 84-85, 87-91, 95. (1988).

2.2 Limpieza de las habas de cacao

Cuando llegan las habas de cacao fermentadas y desecadas en sacos a las plantas manufactureras, el primer paso dentro del proceso de transformación es la limpieza y eliminación de materias extrañas como polvo, arena, madera, piedras, cuero, metales y materiales fibrosos. El proceso inicia con la alimentación de la materia prima que pasa a través de una reja para eliminar materia extraña de mayor tamaño, posteriormente pasa por unos tamices de agitación continúa para eliminar las impurezas gruesas como piedras o vidrio y partículas pesadas, simultáneamente un separador magnético rotatorio retiene partículas de hierro y otro dispositivo aspira el polvo, este procedimiento se repite por segunda vez hasta la salida del producto limpio.

2.3 Tostado

El tostado consiste en someter a un tratamiento térmico las habas de cacao para abrir la cascara del producto vegetal y desarrollar un aroma y sabor característico. Existen tostadores de muy diversos diseños, pero el principio fundamental es el mismo en todos. Debe aplicarse calor suavemente y por un período de tiempo suficiente para permitir una penetración constante en cada grano sin quemar la cascarilla, producir el aroma y el sabor que se desarrollan por el calor. Cuando la temperatura de tostado oscila entre 104.5 y 121°C se puede eliminar la cascara y obtener un cacao fácil de quebrar para la pulverización. El principio de los procesos es un choque

térmico con aire caliente, con vapor saturado o con radiación infrarroja, durante los cuales el contenido de humedad de los cotiledones no debe bajar de 3.5%. Los procesos de micronización y el tambor de infrarrojos Indru, utilizan la tecnología de radiación infrarroja. En el proceso de micronización, la radiación tiene lugar sobre un transportador de lecho fluido, durante el tratamiento las habas de cacao cruda son sometidas a energía radiante en intervalos de 60 a 120 segundos, a una temperatura entre 99 y 104.5°C la energía se concentra sobre la superficie, el vapor que se acumula sobre los cotiledones, hace reventar las cubiertas sin que se reduzca sustancialmente el contenido hídrico de los cotiledones. En contraste con el sistema de micronización, el sistema Indru es un tratamiento por infrarrojos, donde se exponen las habas de cacao a la radiación infrarroja en un tambor rotatorio, dotado de un transportador interior en espiral. La alimentación de las habas de cacao se efectúa de forma continua de tal modo que cuando gira forman una capa simple y penetra el calor con mayor uniformidad que en el transportador de lecho fluido

2.4 Trituración y cribado

El principio de separación de la cascara y el grano se basa en la diferencia de densidad aparente entre los fragmentos y la cascara. La parte que tiene valor en el grano de cacao es la almendra, la cubierta tiene menos valor. La maquinaria utilizada para este doble proceso combina acciones de cribado o tamizado y el efecto aventador del aire. Normalmente se trocean las habas de cacao mientras están todavía calientes después del tostado. Se separan en lo posible, las cubiertas y en algunos casos el germen de las habas de las almendras trituradas que es amargo y difícil de moler, en la trituración solamente deben pasar habas de cacao enteras, es por esto por lo que se separan las habas rotas con una criba preliminar, después del tratamiento térmico. Las habas de cacao quebradas van a parar directamente a la primera criba con agitación, las habas de

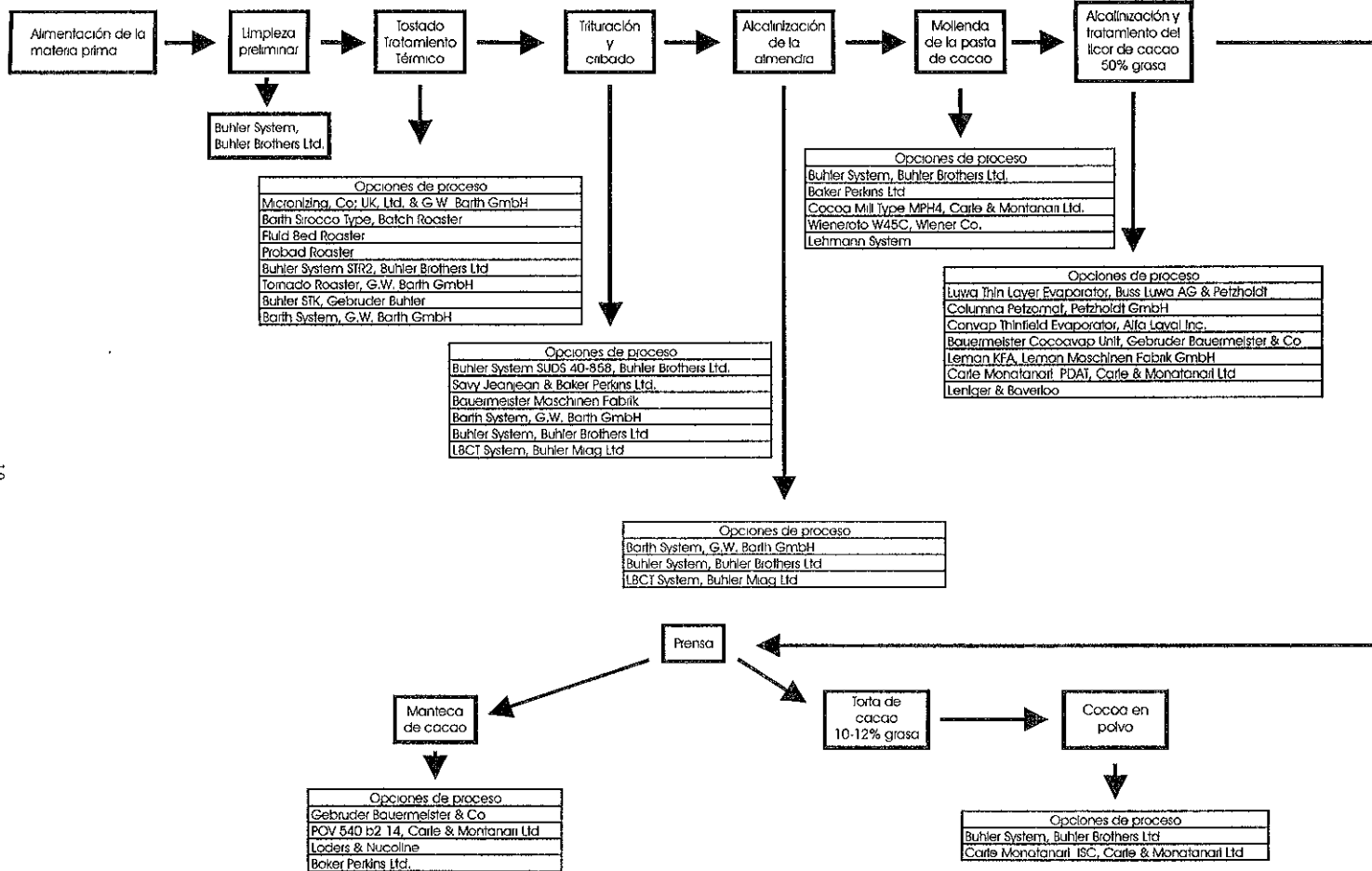
cacao se proyectan individualmente a velocidad muy elevada, contra pantallas intercambiables dispuestas radialmente. Se separan las cubiertas de las habas quebradas en cribas con agitación. El aire extraído del triturador se purifica para evitar la contaminación de otros productos y la polución atmosférica

2.5 Alcalinización de la almendra de cacao

Con el fin de desarrollar el sabor, disminuir la carga bacteriana y la acidez se alcalinizan las partículas de la almendra finamente divididas. Se pueden optimizar las condiciones de la reacción previamente triturando la almendra hasta un tamaño de partícula de 1-4 mm. Al final del proceso se puede eliminar, sin problemas, cualquier sustancia indeseable que pueda permanecer. El sistema funciona con presión para ayudar a penetrar el álcali a las almendras en un menor tiempo. El tiempo estimado es de 1 hr a 80-85°C. También es posible usar soluciones fuertes de álcali. Para la alcalinización se utiliza principalmente carbonato ó hidróxido de potasio, sodio ó amonio, ó hidróxido de calcio. Se usa en concentraciones de 2.5 a 3 partes de carbonato de potasio por cada 100 partes de almendra, en donde varía el pH de 6.8 a 7.5, el pH modifica la coloración de un café claro a un rojo profundo

2.6 Molienda

La molienda consiste en disminuir el tamaño de partícula de los granos de cacao a una temperatura entre 93 y 115.5°C. El cacao quebrado es un conglomerado celular que contiene aproximadamente 50% de manteca de cacao entre las células, cuando se rompen las paredes celulares mediante la molienda, la grasa humedece las partículas celulares fraccionadas, funde la manteca para poder incorporarla a toda la masa y formar una pasta fluida, de aspecto cremoso. Para la molienda se utiliza la trituración previa, en molinos de palas. Durante este proceso, la manteca de cacao ya liberada por las células agrupadas, se funde como resultado de la elevación



Fuentes: Bernard W. Minifie, *Chocolate, cocoa and confectionery*, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75, Richardson Researches, Inc., USA, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75. (1986).
 E. B. Jackson, *Sugar confectionery and chocolate manufacture*, Editorial Leonard Hill, Great Britain, pp. 121. (1985).
 S. T. Beckett, *Fabricación y utilización industrial del chocolate*, Editorial Acirbia, España, 69, 72-74, 77-78, 80-82, 84-85, 87-91, 95. (1988).

de la temperatura, licuándose la masa. El producto, que es todavía relativamente de partícula grande se reduce muy finamente en una o dos etapas posteriores, según su destino final.

Durante la trituración fina es importante liberar completamente la grasa de las células agrupadas, para lograrlo se utilizan molinos de discos, de rodillos, de mazos y de bolas. Un desarrollo moderno en la molienda fina de las almendras para obtener licor, es una máquina descrita como un molino vertical de bolas. La base de este sistema consiste en un cilindro que contiene un rotor y bolas para la molienda hechas de un acero especial. Las almendras alcalinizadas son empujadas por una bomba dentro de la base del cilindro, durante su trayectoria se somete a la acción de las bolas con agitación. Progresivamente se reduce el tamaño de partícula conforme la pasta va recorriendo el cilindro. Las revoluciones del agitador se deben mantener bajas, para evitar el desgaste de las bolas, el agitador y el tanque. Las bolas son de acero templado y la velocidad controlada de operación evitan la contaminación metálica siendo insignificante.

Otro sistema de trituración fina es el moderno molino de discos en el que se incorpora un tratamiento a vacío entre la unidad preliminar y la de trituración fina. El molino tiene una tubería de entrada, tres zonas de trituración, con lo que se obtiene el licor de cacao de partícula fina y cremoso.

2.7 Alcalinización ó tratamiento holandés del licor de cacao.

La alcalinización es el proceso mediante el cuál se adiciona una solución alcalina para eliminar sabores astringentes, disminuir la acidez y desarrollar el sabor, color y aroma. La calidad del licor de cacao depende del origen y de la calidad de las habas usadas. Algunos licores tienen carácter ácido, los granos más fermentados tienen un pH de 5.2 a 5.6, principalmente aquellos donde la materia prima procede de Malasia y Sudamérica. Pueden tener notas ahumadas o de

enmohecimiento, varios propósitos se han hecho para eliminar estos sabores, pero el resultado ha sido la remoción tanto de buenos como de malos sabores, Se utilizan soluciones de álcali con mucho menos agua, que la que se utiliza en la alcalinización de las almendras.

Existen diferentes tecnologías para tratar el cacao, desarrollar el sabor, eliminar la humedad y tostar, entre los que destacan los evaporadores de capa fina, el licor de cacao a tratar pasa al cilindro a través de la camisa de calentamiento, y con la ayuda de un anillo de separación, se distribuye por la pared interior de la columna, formando películas finas. Aquí es alcanzada por las palas de un rotor de alta velocidad y se proyecta violentamente formando una capa fina de pasta sobre el conjunto de la superficie interior caliente. La capa fina de pasta de cacao fluye hacia la parte interior, el calor elimina componentes volátiles de bajo peso molecular. La temperatura que se alcanza en este proceso es de 115°C, para asegurar la evaporación del agua. Frente a cada pala rotatoria se forma una onda que gradualmente se va transformando en una zona turbulenta a medida que va pasando entre las palas del rotor y la pared anterior del cilindro. Con las sustancias de viscosidad elevada, esta turbulencia produce buena transmisión de calor. La agitación intensa en la onda resultante impide la formación de cortezas en la capa interior del cilindro y también evita el recalentamiento de la masa.

Los vapores desprendidos por los productos durante el tratamiento ascienden por una columna en contracorriente y hacia el filtro de salida de vapores. Las partículas arrastradas por la corriente de aire son arrojadas por el rotor de alta velocidad y fluyen hacia atrás a la zona de evaporación. Después los vapores expulsados, libres de componentes sólidos y líquidos, van a parar a la unidad de condensación. La pasta de cacao tratada alcanza la parte inferior de la zona de evaporación en unos cuantos segundos. Se extrae con una bomba, se enfría en un amasador

estático a temperatura inferior a 80°C y se almacena en un depósito con bomba de circulación y camisa calefactora dispuesta para el procesamiento posterior, el pH final queda entre 7.1 y 7.6

2.8 Prensado del licor y trituración.

Después de obtener la torta de cacao parcialmente desgrasada, es necesario reducirla a un polvo fino para obtener el cacao en polvo ó cocoa. Durante la compresión hidráulica, las partículas de la masa de cacao y grasa residual han quedado densamente compactadas. El cacao en polvo suele obtenerse a partir del licor de cacao parcialmente desgrasado, que es lo que ocurre cuando se extrae la manteca de cacao. Para la extracción se utilizaban las primitivas prensas verticales que han sido reemplazadas por prensas horizontales, más eficaces y de mejor rendimiento. Estas prensas están constituidas por depósitos individuales dispuestos horizontalmente, las partes inferiores de estos depósitos están formadas con malla de acero especial, que es reemplazable. Las cámaras de la prensa se llenan bombeando el licor de cacao finamente molido y calentada a 90-100°C, con una bomba proyectada específicamente para ello que al presionar los émbolos de acero, sale exprimida la manteca de cacao. Queda así un material sólido llamado torta de cacao prensada. Después del prensado se expulsa automáticamente la torta prensada, que normalmente contiene de 10 a un 12% de grasa residual, y cae a la cinta transportadora que está debajo de la prensa. La torta prensada pasa bien a un silo atravesado por aire frío o a depósitos móviles que se almacenan en salas refrigeradas. Los fragmentos de la torta prensada, una vez enfriados son posteriormente reducidos en un triturador con dos rodillos dentados que se mueven en direcciones opuestas. Hoy día para la molturación de la torta prensada y enfriada, se utilizan principalmente los molinos de discos dentados.

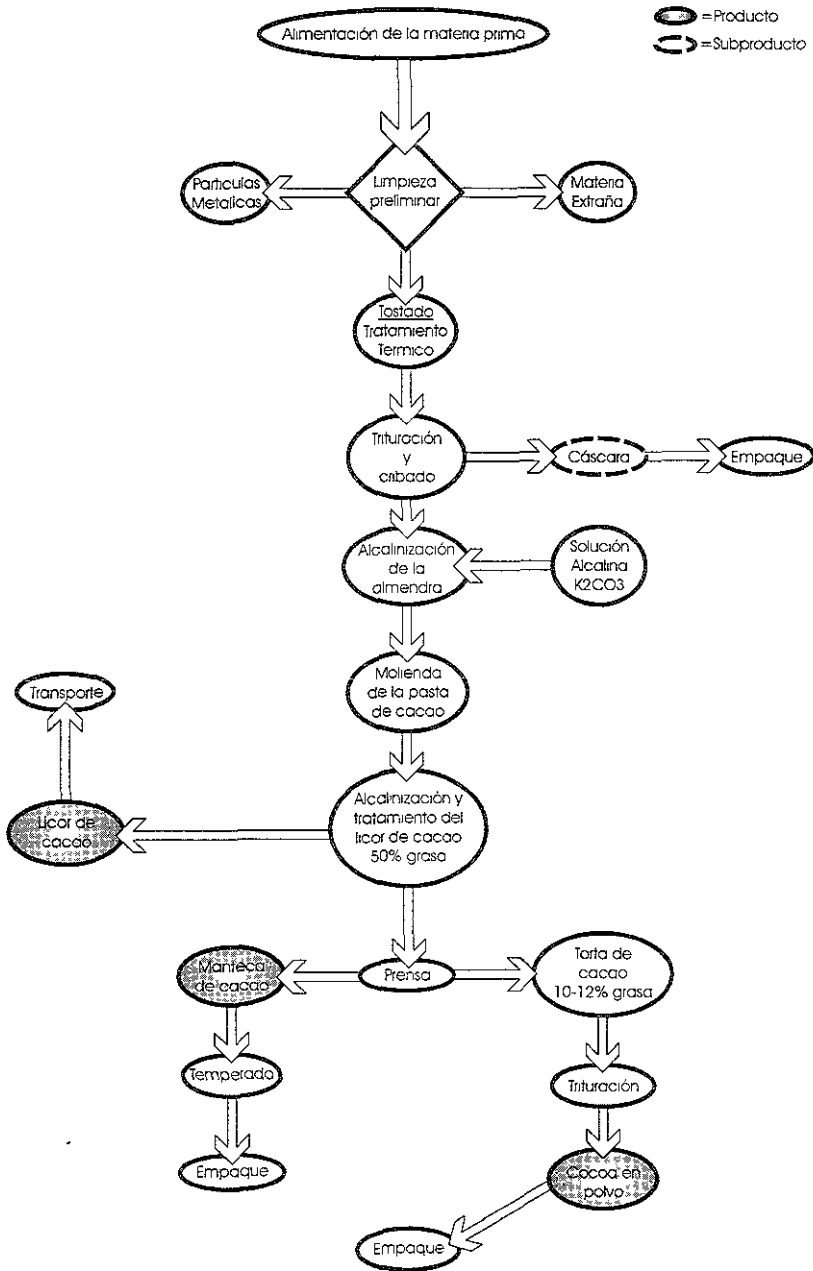
2.9 Manteca de cacao

Para obtener la manteca de cacao, el licor se comprime en grandes prensas horizontales y se separa en dos fracciones, la torta de cacao con cantidad variable de grasa, que después será molida y transformada en cacao en polvo y la manteca de cacao, que es la grasa natural del cacao. La manteca de cacao actúa como vehículo en el momento de la molienda, la manteca de cacao es un sólido formado por finos cristales, de color amarillo pálido, que posee un aroma a chocolate característico, compuesta de glicéridos de los ácidos grasos. Con las modernas prensas de tipo horizontal se obtiene normalmente una torta con una cantidad de grasa del 10 al 12%. La extrusión expeller es usada extensamente en la industria de los aceites, similarmente se usa para la producción de manteca de cacao. Las habas crudas pasan directamente a la prensa expeller, junto con todos sus contaminantes, después de deshacer los conglomerados, la materia residual de esta prensa que es la torta, contiene todavía de 8 a 10% de grasa residual y se desengrasa con un disolvente orgánico que disminuye a menos de 1% el contenido graso. La materia residual queda prácticamente libre de grasa y contiene todos los contaminantes originales de forma más concentrada. Después de prensada la manteca es neutralizada y eventualmente refinada. Para usos farmacéuticos debe ser desodorizada. Por último la manteca debe de ser temperada, es decir, se mantiene algún tiempo a una temperatura cercana a su punto de fusión de 34-35°C, para dar paso a la formación de cristales en forma estable. El temperado es necesario para obtener una cristalización homogénea.

2.10 Producción de cacao

El diagrama de flujo 2.10 muestra el proceso general que se requiere para procesar el cacao y la obtención de sus productos.

2.10 Diagrama general para la producción de cacao.



Fuentes: Bernard W Minifie. *Chocolate, cocoa and confectionery*, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75.

Richardson Researches, Inc., USA, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75. (1986).

E. B. Jackson. *Sugar confectionery and chocolate manufacture*, Editorial Leonard Hill, Great Britain, pp 121 (1985).

S. T Beckett. *Fabricación y utilización industrial del chocolate*,

Editorial Acniba, España, 69, 72-74, 77-78, 80-82, 84-85, 87-91, 95. (1988)

CAPITULO III. DISCUSIÓN

3.1 Análisis de las diferentes tecnologías

Una vez recibida la materia prima en la fábrica un paso crucial es la limpieza. Para mantener la calidad del producto, es esencial eliminar las materias extrañas por completo, para evitar contaminación de los productos finales, así como para proteger la maquinaria

Con el fin de obtener el sabor, aroma y disminuir la acidez característica del licor o pasta de cacao es necesario un tratamiento térmico. La razón por la que se utiliza un proceso por micronización o el procedimiento Indru, que utiliza radiación infrarroja para el tueste de las habas es evitar la contaminación por gases de combustión de materiales extraños que le confieren sabores diferentes a la pasta de cacao, además tiene la ventaja de que la energía se concentra sobre la superficie de las habas de cacao de tal forma que las partículas de polvo, restos de pulpa de la mazorca, pelos de roedores, fragmentos de insectos y otras materias extrañas, se queman visiblemente, siendo eliminadas. La alta temperatura superficial también es responsable de la disminución de la contaminación microbiológica, especialmente por levaduras y hongos, lo que repercute en la calidad del producto final. El proceso de micronización también contribuye a una eficiente operación de cribado ya que se logra separar la cascara completa del grano, evitando la producción de polvo de la cascarilla o trozos pequeños, aumentando el rendimiento. Otra razón importante para la utilización de tecnología de infrarrojos es porque ayuda a penetrar el calor a las habas pequeñas y que tienen concavidades, haciendo el tostado uniforme por un mayor contacto de superficie.

El tostado a bajas temperaturas da como resultado colores rojizos y las temperaturas altas confieren coloraciones café oscuro. Muchos diseños de tostadores continuos han demostrado gran economía en el consumo de combustible, además de que el porcentaje de habas rotas disminuye y

hay menos transferencia de la manteca de cacao de la semilla hacia la cascara. La investigación de varios sistemas de tostadores discontinuos ó de tambor demuestran que no son tan eficientes como los sistemas continuos, además de que estos últimos integran un sistema de enfriamiento que funciona después del ciclo de tostado.

La ventaja de utilizar un molino de discos en vez de uno de bolas para la producción de cacao en polvo, es que se evita la presencia de partículas de metal muy finas, que oscurecen el color de los productos cuando se combinan con el agua, por ejemplo para elaborar batidos y pudines. El molino de bolas se utiliza principalmente para llevar a cabo una trituración fina ya que es importante disminuir el tamaño de partícula porque los restos de cascara que se muelen junto con la almendra, llegan a tapar los filtros de las prensas.

Las condiciones de alcalinidad ayudan a disminuir la carga bacteriana, la acidez y los sabores indeseables siendo determinante para la elaboración de los productos finales. Los granos de cacao fermentados que llegan a la fábrica tienen una alta cantidad de bacterias, cuando las cuentas son apreciables la planta se inspecciona detectando las posibles fuentes de contaminación y se hace una limpieza con desinfectantes.

Las reacciones químicas que ocurren durante la alcalinización no son precisamente conocidas, pero se lleva a cabo una neutralización de ácidos libres, las sustancias polifenolicas son modificadas por lo que hay una variación de color, también ocurre una hidrólisis de proteínas. Las almendras fermentadas oscilan en un pH entre 5.2 y 5.6, después de la alcalinización cambia el pH entre 6.8-7.5, cuando el pH llega a 8.5 y el licor se destina para hacer cocoa en polvo, se obtiene cocoa llamada negra que se usa para conferir color en repostería. Con su amplia gama de coloraciones, el cacao en polvo o cocoa es un ingrediente muy codiciado que se puede utilizar de formas muy variadas en la industria de los alimentos, para cubiertas, bebidas

y chocolate en polvo. La manteca de cacao obtenida por prensado se destina al mercado en estado líquido o sólido ya purificada. Existen tres tipos de manteca de cacao, la prensada, natural o desodorizada que proviene de granos limpios y se extrae por prensa hidráulica, después de pasar por el filtro, la manteca de cacao puede distribuirse al mercado directamente o después de la desodorización. La manteca de cacao completamente refinada que es obtenida mediante extracción mecánica de las habas de cacao. La manteca obtenida de cacao rancio y material de desecho no debe ser aplicada al consumo de la industria de la alimentación como producto. Los fabricantes deben tener cuidado de no utilizar la manteca que se haya obtenido de material contaminado.

Las sustancias que se encuentran en las semillas o granos de cacao son las que constituyen el producto comercial. Las más abundantes son las grasas (20 a 50% del peso de la semilla), con las que se elabora la manteca de cacao, que se utiliza como emoliente en ungüentos, pomadas y para elaborar cosméticos, jabones y perfumes. Los granos de aleurona y almidón, proteínas (10 a 12%), fibra y agua. Los principios activos como la teobromina (1%) que tiene propiedades diuréticas y vasodilatadoras, y la cafeína (0.5%) que es un estimulante del sistema nervioso, se usan en farmacia.

La cascara de la semilla del cacao tiene un valor comercial pequeño, pero varias propuestas se han hecho para hacer algún uso de este subproducto. Teniendo como base que la producción anual es de aprox. 1,200,000 ton. de granos de cacao, de las cuáles se generan 140,000 ton. de cascara de cacao que se encuentran disponibles. La presencia de vitamina D en la cascara de cacao se podría aprovechar para alimento de animales, sin embargo la presencia de teobromina es venenosa para muchos animales especialmente para las aves de corral, ha sido establecido que no debe exceder de 0.027 g/kg. de peso. La cascara se usa en algunas fábricas

como un combustible auxiliar. Se usa como constituyente de fertilizantes por su contenido de nitrógeno, potasio y fósforo. La cascara no tiene valor en la dieta humana por su alto contenido de celulosa que la hace indigestible. Una patente propuesta por Kleinert en 1983, describe un método para la utilización de la cascara como fuente de fibra. El contenido de alcaloides es eliminado por un lavado. Gracias a que el contenido de celulosa en la cascara es tres veces mayor que en la almendra, la determinación de celulosa se utiliza como un factor importante en la adulteración de cocoa, la cascara se mezcla con la cocoa en polvo y se vende al consumidor a precio de cocoa. De la cascara se extrae la teobromina que se encuentra presente en cantidades de 0.9 a 1.3%

3.1.1 Ventajas y desventajas de las tecnologías.

La tabla 3.1.1 describe las ventajas y desventajas que presentan las diferentes tecnologías usadas durante las distintas etapas del procesamiento del cacao desde su materia prima hasta la obtención de los productos finales.

3.1.2 Cambios químicos y propiedades.

La fermentación se inicia con las levaduras que convierten los azúcares de la pulpa en alcohol etílico. Se producen así las condiciones iniciales anaerobias, posteriormente las bacterias oxidan el alcohol a ácido acético, y por último a dióxido de carbono y agua, produciendo más calor y la consiguiente elevación de la temperatura a más de 10°C durante las primeras 24 h, y hasta más de 40°C, en una buena fermentación activa

La manteca de cacao es una grasa poco corriente por ser muy dura a temperaturas inferiores a 32°C, y que funde en un margen de temperaturas relativamente pequeño, es muy líquida a la temperatura de nuestra sangre.

387-1157-11-11
11-11-11

Tabla 3.1.1 Tabla de ventajas y desventajas de las tecnologías.

TECNOLOGIA	PROCEDIMIENTO	VENTAJA	DESVENTAJA
Cribado, aventamiento y magnetos	Limpieza	Eliminación de materia extraña y partículas de metal	No elimina material adherido a la cascara
Micronización	Tostado	Penetra menos el calor	El costo es mayor
Indru	Tostado	Penetra más el calor	El costo es mayor
Vapor saturado	Tostado	Desprendimiento total de la cascara y menor costo	No elimina material adherido a la cascara
Tostador esférico	Tostado	Menor costo	El gas de combustión está en contacto directo con el producto
Alta frecuencia	Tostado	Tostado homogéneo	Mayor costo de operación
Calor por convección	Tostado	Menos etapas de proceso	Proceso discontinuo
Calor por conducción	Tostado	Proceso continuo	Control de la temperatura
Tambor rotatorio	Tostado	Menor costo y etapas	Adquiere un sabor ahumado el producto
Triturador de impacto y cribado	Trituración	Separación y clasificación por tamaño de la almendra	Mas etapas
Triturador de rodillos dentados y cribado	Trituración	Trituración fina	No tiene clasificador
Reactor de alcalinización	Alcalinización	Mayor penetración del álcali a las almendras, desarrollo de color y sabor	Control estricto sobre la cantidad de álcali agregada
Molino de rodillos, discos o mazos	Molienda	Se puede combinar con el molino de bolas para lograr mayor reducción de partícula	La trituración no reduce tanto el tamaño de partícula como el de bolas
Molino de bolas	Molienda	La molienda fina reduce el tamaño de partícula hasta menos de 10 micras, se evita que se tape la prensa	La molienda con molino de bolas puede desprender trazas de metal
Evaporador de capa fina	Alcalinización	Se logra reducir la acidez del licor de cacao para la producción de chocolate y desarrollar el color y sabor	Control constante de temperatura y humedad a la que se trabaja para evitar endurecimiento del producto
Prensa horizontal	Manteca de cacao	La prensa horizontal es la más eficiente, extrae un 80% de la grasa del licor de cacao	Se requiere de la desodorización y el temperado
Prensa expeller	Manteca de cacao	Se puede reducir el contenido de grasa hasta el 1%	Contaminación con disolventes y materia extraña
Prensa hidráulica	Manteca de cacao	Menor número de etapas	El grado de extracción es menor
Trituración y cribado	Cocoa en polvo	Reducción de la grasa del producto a un 10-12%	Se quema con facilidad

Las antocianinas de color púrpura están implicadas en la producción del sabor característico del cacao. Las antocianinas de color púrpura están asociadas con los sabores más fuertes y astringentes.

Las habas de cacao contienen ácidos grasos saturados como el palmítico en un 24.4%, estearico 35.4% y ácidos insaturados, oleico 38.1% y linoleico 2.1%, las habas contienen 3.99% de potasio, 1.20% de fósforo, 0.49% de calcio y 1.19% de magnesio.

Las enzimas que se han identificado en las habas de cacao son la oxidasa, peroxidasa, catalasa y reductasa, las enzimas de hidrólisis encontradas son la invertasa, maltasa, dextrinasa, glicerofosfatasa y las enzimas proteolíticas solamente la rafinasa.

La cacao oxidasa tiene mayor actividad entre los 50-60°C, durante la oxidación los cotiledones púrpura cambian a café oscuro. La enzima oxidasa se inactiva a una temp. de 75°C y pH menor a 3.

3.1.3 Tendencias actuales

Las tendencias actuales de la tecnología que se requiere para la elaboración de productos que se obtienen a partir del cacao están enfocadas directamente a modificar las propiedades organolépticas, físicas o químicas de los productos finales tales como la manteca de cacao, el licor de cacao y la cocoa en polvo. La tecnología que se utiliza hoy en día se construye bajo los mismos principios de operación, lo que ha cambiado es que ahora los procesos son continuos y automatizados, es decir que las plantas tienen una producción durante las 24 horas. Las tecnologías son hoy más eficientes, el trabajo automatizado ha disminuido la intervención de la mano de obra, lo que contribuye a obtener una mejor calidad gracias a que el producto no tiene contacto con el medio ambiente, ni con el personal por lo que las posibles contaminaciones de

factores externos se disminuye potencialmente. Se combinan tecnologías en una misma operación como es el caso de la molienda donde se utilizan simultáneamente la trituración previa y la fina para lograr una reducción en el tamaño de partícula a menos de 10 micras y obtener propiedades organolépticas, físicas y químicas que permiten llevar a cabo de manera más eficiente la interacción de las moléculas en la elaboración de productos como el chocolate, además de evitar que se tapen las prensas. En algunas aplicaciones el contenido de grasa entre el 10 y el 12% es indeseable en ciertos productos, donde se requiere que el producto sea bajo en grasas, en el caso del cacao en polvo o cocoa, se ha logrado reducir la cantidad de grasa hasta el 0.5%, por medio método que es la extracción supercrítica con dióxido de carbono. Otra tendencia es la búsqueda de aplicación de los productos en áreas como la medicina, en donde hoy en día la manteca de cacao parcialmente hidrolizada se esta usando para tratar heridas o quemaduras. También la extracción de polifenoles y procianidinas del cacao, que se usan como antineoplásticos o antioxidantes para tratar pacientes, se esta practicando. Los principales proveedores de tecnología siguen siendo los mismos líderes del mercado entre los que destacan Alemania, Suiza, Italia, Gran Bretaña, Holanda y Estados Unidos, con las mismas marcas, por lo que los sistemas como el Buhler, Lehmann, Carle Montanari, Petzholdt, Wiener, Gebruder, Bauermeister, siguen manejando el mercado. Los cambios que se están presentando en la tecnología son el control de los parámetros como la velocidad de producción que ahora es mayor con respecto a la cantidad producto en kg. por hora de producción. La presión, en las prensas horizontales en combinación con la velocidad también permite una extracción más eficiente de la manteca de cacao, la temperatura constante en los diferentes pasos de la producción favorecen el control de calidad de los productos ya que el calor es muy importante para el desarrollo de aroma, sabor y color, propiedades determinantes en los productos finales. La capacidad mayor de las tolvas, silos o

reactores han contribuido para la abastecer la demanda de producción y por último los sistemas de enfriamiento adaptados en ciertas etapas hacen en conjunto más eficientes los procesos con lo que se ha logrado que los productos mantengan y mejoren sus características organolépticas.

3.2 Conclusiones

Las diferentes tecnologías que se citan en este trabajo se pueden emplear durante cada una de las etapas para procesar el cacao, desde su materia prima hasta la elaboración de productos primarios como el licor de cacao, manteca de cacao y cocoa en polvo.

Se utiliza un proceso en común hasta la molienda para obtener cada producto y en cada una de las etapas se ofrece una alternativa de uso de diferentes máquinas. así como las ventajas y desventajas que presenta el equipo para tener opciones y transformar el cacao según las necesidades y recursos de los fabricantes.

El cacao (*Theobroma cacao L.*) se utiliza como materia prima para transformar y obtener productos como el licor de cacao, manteca de cacao y cocoa en polvo, que son a su vez subproductos para elaborar productos de repostería principalmente como el chocolate y fabricar en la industria farmacéutica pomadas, ungüentos, vasodilatadores, antioxidantes entre otros.

Para transformar el cacao en sus diferentes productos se requiere usar distintas tecnologías en cada etapa del proceso que implican recibir, limpiar, tostar, triturar, moler y prensar el cacao principalmente.

Las tendencias actuales para procesar el cacao se enfocan sobre todo a modificar las características de los productos finales como reducir la grasa, extraer sustancias que se aplican en ramas como la Industria alimentaria y farmacéutica.

El equipo más moderno trabaja bajo los mismos principios de operación, las tecnologías actuales se dirigen principalmente a cambiar los parámetros de la maquinaria como el tiempo, la

velocidad, temperatura, presión y adaptación de sistemas de enfriamiento con el propósito de mantener y mejorar las propiedades organolépticas, físicas o químicas de los productos finales y hacer a su vez más eficientes los procesos, además son totalmente automáticos, y trabajan continuamente las 24 horas, por lo que se elimina la participación de la mano del hombre considerablemente, lo que es *benéfico porque no sólo reduce costos si no también eleva la calidad al evitar contaminar con bacterianas los productos.*

En el caso de México el cacao se procesa como se describe en el diagrama general, las grandes empresas utilizan el mismo equipo incluso desde hace 30 años, en algunos Estados de la República se transforma el cacao hasta obtener el chocolate de forma manual y artesanal completamente.

Actualmente para procesar el cacao se utilizan las mismas etapas, las investigaciones tienen como propósito mejorar las características finales de los productos y hacer más eficientes y rápidos los procesos

El tipo de tecnología que se usa en México es la siguiente, la limpieza se lleva a cabo por aventador y magnetos, tostado por medio de vapor saturado es decir por conducción, para la trituration se usan los rodillos trituradores con cernidor, la molienda usa molinos de discos y bolas, el prensado con prensa horizontal y el temperado por medio de tinas o de gusano.

BIBLIOGRAFÍA

- A. Madrid. *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*, Editorial AMV, Madrid, España, 1994.
- Bernard W. Minifie. *Chocolate, Cocoa and Confectionery*, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75, Richardson Researches, Inc., USA, pp. 39-42, 45 50,55, 57, 63, 68, 72, 75. (1986).
- Chávez García Manuel. *Anteproyecto para la instalación de una planta beneficiadora de grano de cacao en la zona Norte del Estado de Chiapas*, Tesis, UNAM; F Q., México, 1989.
- Davidson, A. *Chocolate Botany and Early History in The Oxford Companion to Food*, Oxford University Press, Oxford, 1999.
- E. B. Jackson. *Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture*, Editor Leonard Hill, Great Britain, pp. 121. (1985).
- E. M. Chatt. *Cocoa, Cultivation, Processing, Analysis*, Editor Z.I. Kertesz, London 1960.
- F. Peter. *Tecnología del Procesado de los Alimentos, Teoría y Práctica*. Editorial Acribia, Zaragoza España, 1994.
- García Figueroa Sánchez. *Diferentes procesos de industrialización del cacao*, Tesis, UNAM, FQ, México, 1976.
- INEGI, *Censos económicos, Productos y Materias Primas*, XV Censo Industrial, México, 1999.
- Kealey Kirk S., Snyder Rodney M., Romanczyk, Jr., Leo J., Hammerstone Jr., Jhon F., Buck, Margaret M., Cipolla, Giovanni G. *Method for producing fat and/or solids from cocoa beans*, 6,015,913 United States Patent, January 18, 2000
- L. Knight. *Chocolate and Cocoa Health and Nutrition*, Blackwell Science Ltd., Oxford University Press, Oxford, 1999.

- Muñoz Aguilar Juan. *Estimaciones técnicas y económicas para efectos de selección de una planta beneficiadora de cacao*, Tesis, UNAM, FQ., México, 1978.
- Purtle Ian Charles, Gusek Todd Walter, “*Method and arrangement for processing cocoa mass*”, 6,066,350 United States Patent, May 23 2000.
- Romanczyk Jr., Leo J., Hammerstone Jr., Jhon F., Buck, Margaret M., “*Antineoplastic cocoa extracts and methods for making and using the same*”, 5,712,305 United States Patent, January 27 1998.
- S.T. Beckett. *Fabricación y Utilización Industrial del Chocolate*, Editorial Acribia, España, 1988.
- Alonso, M. “*Alimentos Dignos de Reyes*”, Tecnología de Alimentos, Industria y Mercado. Vol. 34, Núm. 8. México, Agosto 1999.
- Zapiain Bazdresch María Margarita, *Determinación de teobromina y cafeína en productos comerciales de cacao por cromatografía de líquidos de alta presión*, Tesis QFB, ULS, México, 1990.
- Zoumas Barry L. *Use of cocoa butter or partially hydrolyzed cocoa butter for the treatment of burns and wounds*, 5,837,227 United States Patent, November 17, 1998.