

ESTADO ACTUAL DE LA COMERCIALIZACIÓN

del proceso de esterilización continua

THE CURRENT STATUS OF COMMERCIALIZATION

of the Continuous Sterilization Process

AUTORES



Sivasothy Kandiah

Malaysian Palm Oil Board
(MPOB)
siva@mpob.gov.my

Tan Yu Hwa

Modipalm Engineering Sdn. Bhd. A
Wholly Owned Subsidiary of CB
Industrial Product Holding Bhd.

Palabras CLAVE

Aceite de palma, esterilización continua, plantas de beneficio, tanques a presión, bandas.

Palm oil, continuous sterilization, palm oil mills, pressure vessels, bands.

Traducido por Fedepalma.
Versión original en inglés disponible en el Centro de Documentación de Fedepalma.

RESUMEN

Se examina el estado actual de la comercialización de un nuevo proceso de esterilización continua y su impacto en la extracción de aceite de palma. Este proporciona nuevos paradigmas en el diseño y operación de plantas de beneficio. Esto ha conducido a una reducción significativa en el número de operarios, costos de operación y mantenimiento, y ha simplificado la operación de la planta. Al utilizar este proceso las plantas de beneficio que usan este proceso pueden supervisarse y automatizarse con más facilidad. Al evitar el uso de tanques de presión para la esterilización y cajas y grúas para el manejo de racimos, las plantas de beneficio son más seguras para los operarios. El uso de cintas transportadoras en lugar de cajas también minimiza el derrame de frutos y aceite dando como resultado plantas extractoras de aceites más limpias.

SUMMARY

The current status of commercialization of a new process for continuous sterilization and its impact on palm oil milling is examined. The process provides the impetus for new paradigms in the design and operation of palm oil mills. It leads to significant reduction in the number of process operators, lowers the operating and maintenance costs, and simplifies mill operation, conveyors in place. Mills using the process can be more easily supervised and automated. By avoiding the use of pressure vessels for sterilization and cages and cranes for the handling of bunches, palm oil mills are made safer for operators. The use of conveyors in place of cages also minimizes spillage of fruits and oil making mills cleaner.

INTRODUCCIÓN

En plantas de beneficio que usan procesos de esterilización convencionales, los racimos se cargan en cajas y se llevan a los esterilizadores donde se esterilizan por lotes usando vapor a 40 psig. El proceso evita el deterioro de la calidad del aceite debido a la actividad enzimática. También facilita la separación de los frutos del racimo y la extracción de aceites de palma y palmiste. Sin embargo, el uso de vapor a alta presión intermitente para lograr una buena esterilización dificulta el procesamiento continuo. Se han sugerido muchos métodos para esterilización continua (Informe Mongana, 1955; Olie y Tjeng, 1974; Sivasothy, 1989; Cheah y Maycock, 1991; Sivasothy *et al.*, 1993; Loh, 1994), pero ninguno ha sido realmente efectivo y viable desde un punto de vista económico. Recientemente un nuevo proceso para esterilización continua introducido por MPOB y CBIP Sdn. Bhd ha impulsado esfuerzos para transformar la tecnología de procesamiento.

En el nuevo proceso, el entrelazamiento de las inflorescencias en los racimos se rompe usando una trituradora de rodillo doble. Los racimos se calientan luego usando vapor a baja presión para facilitar el procesamiento continuo. La Figura 1 ilustra un sistema basado en el nuevo proceso de esterilización con-

tinua. Estudios piloto y a escala de laboratorio (Sivasothy y Rohaya, 2000; Sivasothy *et al.*, 2005) demostraron la viabilidad técnica y económica del nuevo proceso. Posteriormente se construyó un sistema a escala comercial en el Centro de Tecnología de Plantas de Procesamiento de Palma de Aceite de MPOB (Pomtec) en Labu.

A la fecha, 18 plantas de beneficio están usando el nuevo proceso y otras 11 están en construcción (Tabla 1).

EFICIENCIA DEL PROCESO

Cuatro plantas de beneficio en Malasia están basadas en el nuevo proceso de esterilización continua (Tabla 2). La tasa de extracción de aceite (TEA) de estas

Capacidad (tons/hora)	Plantas terminadas	Plantas en construcción	Número total de plantas
5	6	-	6
10	6	1	7
12	1	-	1
15	1	1	2
20	3	1	4
30	-	3	3
45	1	5	6
Total	18	11	29

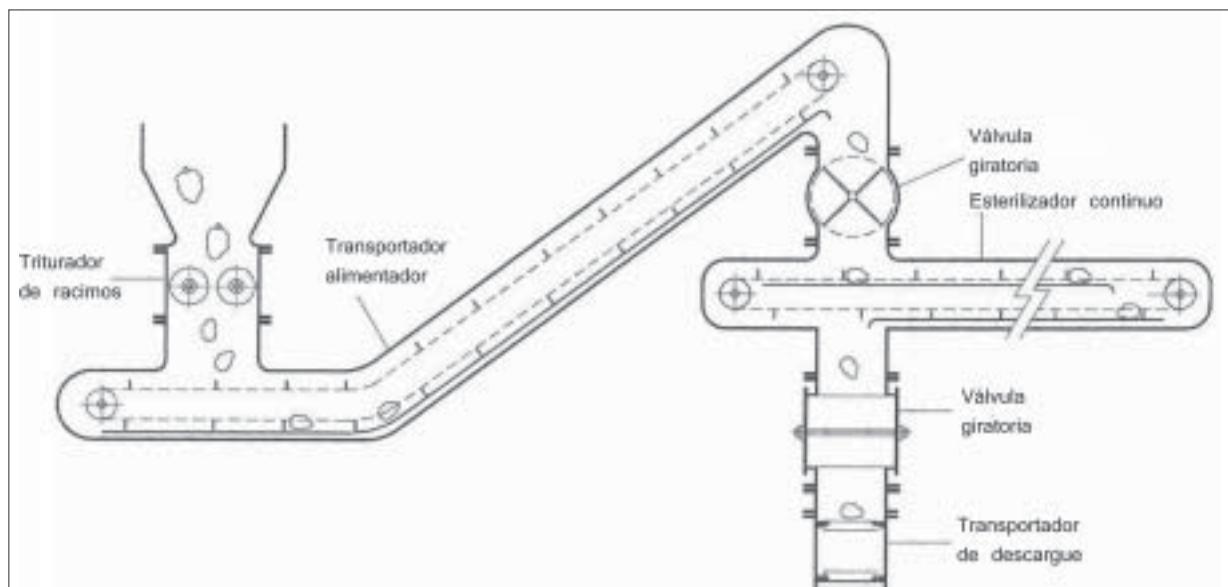
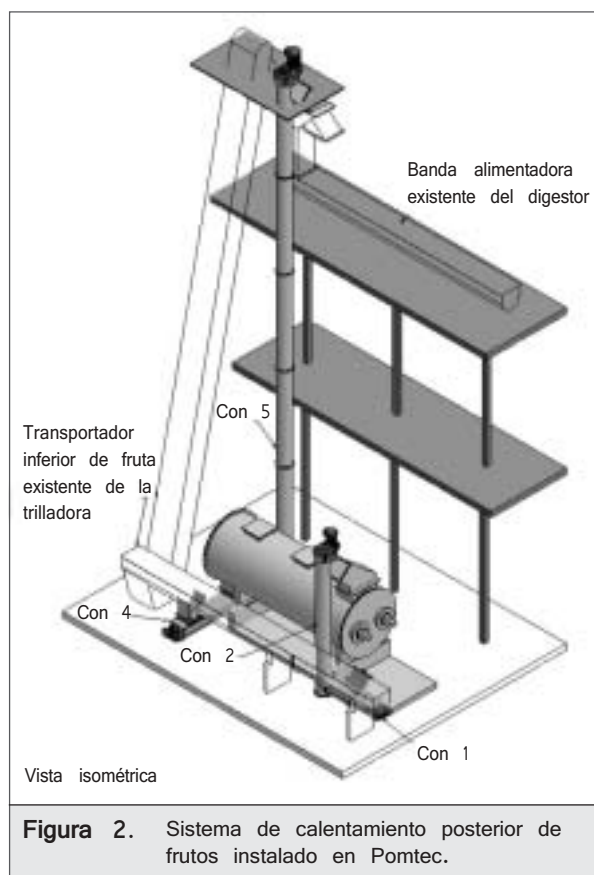
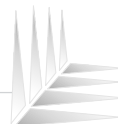


Figura 1. Sistema de esterilización continua.



plantas de beneficio está entre las mejores en Malasia. La TEA en la Planta de Beneficio de Sungai Terah se ha mantenido sobre 21% y con frecuencia pasa de 22%.

Aunque el nuevo proceso de esterilización se lleva a cabo usando baja presión o presión atmosférica, facilita el desgrane de los racimos. Esto se ha observado en la mayoría de las plantas de beneficio que usan esterilización continua. El porcentaje de frutos no desprendidos en los racimos es muy pequeño, al contrario del alto porcentaje de frutos no desprendidos que se observa en el proceso de esterilización por lotes. Sin embargo, en algunas plantas se ha advertido que la eficiencia de las trilladoras puede ser menor al 100%. Este problema se ha resuelto usando procesos de desgrane de dos fases en la plantas de beneficio de Bukit Puteri y Sungai Terah.

En el proceso de esterilización continua, los frutos no están tan bien cocidos como en el de esterilización por lotes. Sin em-

bargo, se puede procesar aún más usando el proceso convencional. Evaluaciones preliminares realizadas por Pomtec mostraron que los contenidos de humedad y de aceite de la fibra en la torta prensada es ligeramente más alto que en el proceso de esterilización por lotes. También se presentó una reducción del 25% en la producción de las prensas. La mayoría de las plantas de beneficio que usan sistemas de esterilización continua también emplean digestores horizontales para drenar el aceite libre en forma más efectiva antes del prensado para evitar el problema descrito.

Una solución diferente para este problema está siendo estudiada en Pomtec. Los frutos se calientan de nuevo después de la separación usando el sistema que se muestra en la Figura 2. El sistema, desarrollado en conjunto con Sam McCoy Sdn. Bhd., usa transportadores de tornillo sin eje, instalados verticalmente para cargue y descargue. Esto hace que el sistema general sea compacto y organizado, y que requiera dispositivos especiales para bloquear el vapor. El transportador de descarga también reemplaza el elevador que se usa para cargar los frutos esterilizados a los digestores en plantas convencionales.

La diferencia en contenido de aceite (base seca) de la fibra en torta prensada entre esterilización continua y por lotes ha disminuido en forma significativa, de aproximadamente 1% a menos de 0,1% (Tabla 3), con la instalación del sistema de calentamiento posterior. Otras ventajas del calentamiento posterior incluyen el aumento en la producción del prensado y un rendimiento de prensado más uniforme, reduciendo la necesidad de intervención humana.

El contenido de aceite (base seca) en la fibra de torta prensada en muchas plantas de beneficio que usan el proceso de esterilización continua se compara en la Tabla 4. La pérdida de aceite ligeramente más alta

Planta de beneficio	Estado	Año comienzo operación	TEA (%)	KER (%)
Melalap	Sabah	2003	23,05*	3,73*
Bukit Puteri	Pahang	2005	21,98*	4,54*
Ladang Pasir Besar	Negeri Sembilan	2005	20,02*	5,01*
Sungai Terah	Kelantan	2006	21,22 [†]	5,75 [†]

* Rendimiento promedio en junio de 2005.

[†] Rendimiento promedio de febrero1 a abril 23 de 2006.

Tabla 3. Rendimiento en la planta de Pomtec después de instalar el sistema de calentamiento posterior

Parámetro	Esterilización por lotes	Esterilización continua
Tasa de extracción de aceite (%)	20,39	20,81
Contenido de AGL (%)	3,12	3,12
Lodo del proceso de clarificación (% de RFF procesado)	38,37	42,28
Aceite en torta prensada (%) (base seca)	9,32	9,38
Aceite en torta prensada (%) (base húmeda)	5,28	5,48
Aceite en lodos (%) (base seca)	10,62	10,30
Aceite en lodos (%) (base húmeda)	0,80	0,77
Racimos con frutos (% de RFF procesado)	3,40	2,69
Eficiencia de trituración de nueces (%)	96,77	90,81*

+ Sin secado de nueces.

Tabla 4. Contenido de aceite en torta prensada

Planta	Contenido de aceite (base seca)
Bukit Puteri	9,00
Ladang Pasir Besar	7,14
Sungai Terah	6,97
Pomtec (esterilización continua)	9,38
Pomtec (esterilización por lotes)	9,32

en Bukit Puteri Palm Oil Mill probablemente se debe al uso de prensas más grandes (prensas de 20 t/hr comparado con prensas de 15 t/hr en las otras plantas). En Sungai Terah Palm Oil Mill, en el que los frutos se someten a calentamiento posterior antes del prensado, se ha logrado el mejor rendimiento de prensado.

Se ha percibido también que la pérdida de aceite en el lodo del proceso de clarificación en Pomtec no es diferente a la pérdida observada en plantas convencionales (tablas 5 y 6). La cantidad de lodo descargado del proceso de clarificación en Pomtec aumenta de aproximadamente 38% de RFF procesado por lotes a cerca de 42% en el proceso de esterilización continua (Tabla 6). En las Tablas 5 y 6 se puede notar que la pérdida de aceite en el proceso de clarificación en las plantas de beneficio de Bukit Puteri y Ladang Pasir Besar es ligeramente más alta que en plantas convencionales. Las fluctuaciones diarias en la canti-

dad de lodo descargado parecen ser significativas, posiblemente indicando que la operación de la planta de clarificación en estas plantas de beneficio no se ha calculado correctamente todavía. La diferencia de rendimiento en el proceso de clarificación entre estas dos plantas y Pomtec puede deberse a diferencias en la instalación de los equipos.

La tasa de extracción de aceite de palmiste en plantas que usan el proceso de esterilización continua inicialmente fue más baja que en las plantas convencionales. En la Tabla 7 se puede observar que la eficiencia en la trituración de nueces de la planta en Pomtec es de 90,77% cuando se usa el proceso de esterilización continua, comparado con 96,77% cuando se usa la esterilización por lotes. En las plantas de beneficio más nuevas, este problema se ha solucionado secando las nueces durante aproximadamente 20 horas antes de la trituración. La tasa de extracción de aceite de palmiste en la planta de Sungai Terah se ha mantenido por encima del 5,5% desde mediados de febrero. La Tabla 8 muestra que el rendimiento de la

Tabla 5. Pérdida de aceite en lodos del proceso de clarificación

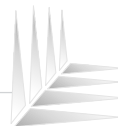
Planta	Contenido de aceite (%)	
	Base húmeda	Base seca
Bukit Puteri	0,91	15,87
Madang Pasir Besar	0,84	13,83
Sungai Terah	1,00	14,34
Pomtec (esterilización continua)	0,76	10,30
Pomtec (esterilización por lotes)	0,81	10,62

Tabla 6. Lodos descargados del proceso de clarificación

Planta	Lodo descargado (% de RFF procesado)
Bukit Puteri	92,81
Ladang Pasir Besar	90,48
Pomtec (esterilización continua)	42,28
Pomtec (esterilización por lotes)	38,37

Tabla 7. Eficiencia de trituración de nueces

Planta	Eficiencia de trituración de nueces (%)
Bukit Puteri	97,05
Ladang Pasir Besar	96,96
Sungai Terah	97,63
Pomtec (esterilización continua)	90,81
Pomtec (esterilización por lotes)	96,77



planta de palmiste en la planta de Sungai Terah es comparable al de una planta convencional. La pérdida de aceite de palmiste en fibra y cáscaras se ha mantenido baja desde enero de 2006.

COSTO DE PROCESAMIENTO

Al eliminar el uso de gran parte del equipo que se usa en la esterilización por lotes, como las cajas esterilizadoras, rieles, grúas, o volcadoras, carros de trasbordo y tractores, el costo de mantenimiento de la sección de una planta que va de la plataforma de cargue a la trilladora se puede reducir en forma sustancial. Se estima que el costo anual de mantenimiento de esta sección en una planta convencional es del orden de RM1.50 a RM 2.50 por tonelada de RFF (Tabla 9).

La mayoría de las plantas que usan sistemas de esterilización continua son relativamente nuevas y todavía no han tenido que realizar reparaciones importantes. La ruptura del entrelazamiento de las inflorescencias de los racimos en el nuevo proceso

se logra usando una trituradora de rodillo doble. El empleo de este triturador proporciona muchas ventajas, incluyendo costos bajos de mantenimiento y operación. Las cadenas del transportador se deben cambiar después de unos pocos años de operación. Se estima que el costo anual de mantenimiento del sistema de esterilización continua es de aproximadamente RM0.72 (Tabla 10). Esto implica una reducción en costos de mantenimiento de aproximadamente RM0.78 por tonelada de RFF procesado.

El nuevo proceso también conlleva una reducción sustancial de mano de obra. La Tabla 11 muestra que la reducción de mano de obra es más significativa en plantas de gran capacidad. La Tabla 12 analiza los ahorros en costo de mano de obra en una planta que procesa 30 toneladas de RFF por hora y maneja un cultivo anual de 144.000 toneladas de RFF. La mano de obra en una planta convencional normalmente se divide en dos turnos de aproximadamente 25 personas por turno. Dependiendo del salario mensual promedio, con este nuevo proceso, el ahorro en costos puede ser de hasta RM3.13 por tonelada de RFF procesado.

Tabla 8. Rendimiento de la planta de palmiste Sungai Terah Palm Oil Mill

Parámetro	Enero 2006	Febrero 2006	Marzo 2006	Abril 1-23 2006
Palmiste en fibra (%)	-	0,82	1,01	0,86
Eficiencia de trituración de nueces (%)	-	96,78	97,40	97,63
Palmiste en cáscara seca (%)	1,37	1,36	1,37	0,92
Palmiste en cáscara húmeda (%)	2,78	1,78	1,10	0,94
Mugre en palmiste (%)	7,46	6,40	5,55	4,99
Humedad en palmiste (%)	5,35	5,35	5,56	5,53
Tasa de extracción de aceite de palmiste (KER) (%)	-	5,62	5,79	5,83

Tabla 9. Costo de mantenimiento del sistema de esterilización convencional en un período de 10 años*

Concepto	Número de unidades	Años	Costo de reemplazo de unidad (RM)	Costo total de reemplazo (RM)	Costo de mantenimiento de unidad (RM/t.RFF)*
Esterilizador	3	10	400.000	1.200.000	0,60
Reemplazo de caja de esterilizador	30	5	16.000	960.000	0,48
Reparación de chasis	30	2,5	5.000	600.000	0,30
Volcador	-	-	-	30.000	0,015
Carro de trasbordo	-	-	-	30.000	0,015
Rieles	-	-	-	50.000	0,025
Cabrestante	-	-	-	20.000	0,01
Lazos	-	-	-	120.000	0,06
Costo total mantenimiento	-	-	-	3.010.000	1,51

* Con base en 45 t/h de procesamiento de aceite de palma - 200.000 toneladas de RFF por año.

+ El costo de mantenimiento de unidad en plantas viejas con grúas, rieles, tractores (mantenimiento y combustible) y más de 100 cajas se estima en RM1.50 a RM2.50.

Tabla 10. Costo de mantenimiento para sistemas de esterilización continua en un período de 10 años*

Concepto	Número de unidades	Años	Costo de reemplazo de unidad (RM)	Costo total de reemplazo (RM)	Costo de mantenimiento de unidad (RM/t.RFF)
Triturador de racimos	2	4	80.000	400.000	0,20
Esterilizador continuo	2	10	250.000	500.000	0,25
Cadenas de esterilizador continuo	2	3	100.000	300.000	0,15
Cadenas de transportador	2	3	40.000	240.000	0,12
Costo total mantenimiento	-	-	-	1.440.000	0,72

* Con base en 45 t/h de procesamiento de aceite de palma – 200.000 toneladas de RFF por año.

Tabla 11. Número de operarios de proceso

Capacidad de la planta	Esterilización por lotes	Esterilización continua
10	15	8
20	20	10
30	25	-
45	30	15

OPERACIÓN DE LA PLANTA

La presión y contrapresión de la caldera de una planta que usa el proceso de esterilización continua fluctúa mucho menos que en una planta convencional. Eliminando el uso de ciclos múltiples de esterilización, la demanda por vapor permanece relativamente constante, minimizando por tanto las fluctuaciones en la presión de vapor y en la frecuencia y voltaje eléctrico. Estas fluctuaciones normalmente conllevan problemas tales como mayores pérdidas de producto, mala calidad y menor rendimiento.

Una de las ventajas del nuevo proceso es que la demanda constante de vapor elimina la necesidad de prender manualmente la caldera en forma periódica para compensar las fluctuaciones en demanda de vapor. La iniciación manual de la caldera tiende a afectar la proporción aire/combustible en el horno, que es un factor importante responsable de las emisiones de humo negro.

En una planta de beneficio convencional, los racimos esterilizados se llevan en cajas a una tolva y de allí a la trilladora. Se han reportado grandes fluctuaciones en la velocidad y frecuencia en que los racimos se llevan a la trilladora, y esto causa

problemas en la trilladora y en el resto del proceso. La separación de frutos es menos eficiente si hay sobrecarga. Las grandes fluctuaciones en la tasa de flujo causan que el nivel de los frutos en el digestor varíe, haciendo la digestión menos efectiva. En plantas de beneficio con múltiples prensas de tornillo, la última prensa normalmente se opera en forma intermitente haciendo el prensado menos eficiente. La separación de nueces y fibra es menos efectiva si la columna de separación de pericarpio se somete a amplias fluctuaciones de carga. También será muy difícil controlar con precisión la cantidad de agua que se agrega al licor de prensado para optimizar la separación de aceite y lodo durante la clarificación.

Amplias fluctuaciones de flujo requieren de estricta supervisión del proceso para compensar los problemas que causan estas fluctuaciones, haciendo muy difícil lograr una reducción sustancial en mano de obra.

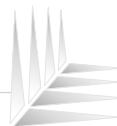
La habilidad de regular con precisión el flujo de racimos que salen de la tolva ofrece numerosas ventajas para la operación de la planta de beneficio. El proceso de esterilización continua y el resto del proceso se puede realizar en condiciones casi uniformes a lo largo del día, eliminando la necesidad de que los operarios tengan que hacer cambios frecuentes para compensar las interrupciones que ocurren en plantas de beneficio convencionales. Esto

Tabla 12. Impacto del proceso de esterilización continua en el costo de mano de obra

Salario mensual promedio (RM)	Costo de mano de obra (RM)		
	Esterilización por lotes ⁺	Esterilización continua ⁺⁺	Ahorro en costos (RM/t.RFF)
	750	450.000	180.000
1000	600.000	240.000	2,50
1250	750.000	300.000	3,13

+ Con base en 25 operarios por turno.

++ Con base en 10 operarios por turno.



no solo hace posible una reducción sustancial en mano de obra, si no que además facilita la automatización y reduce la pérdida de aceite de palmiste durante el procesamiento.

DISEÑO DE LA PLANTA DE BENEFICIO

El diseño de las plantas de beneficio no ha cambiado mucho desde los años cincuenta. Sin embargo, el avance logrado en esterilización continua nos ha estimulado a reexaminar el diseño de estas plantas. El uso de tecnología simple y sin complicaciones para la esterilización continua garantiza que el sistema sea fácil de usar y económico.

El nuevo proceso elimina las cajas, rieles, grúas, volcadoras, carros de trasbordo y tractores y por lo tanto facilita el diseño y construcción de plantas más compactas que las convencionales. Además, las plantas diseñadas para usar el nuevo proceso son más fáciles de manejar que las convencionales.

En el pasado, las plantas de beneficio se diseñaban sin tener muy en cuenta la seguridad y limpieza. El derrame de aceite y frutos sueltos es muy común. Las debilidades del diseño hacen que sea muy difícil mantener las plantas limpias. Los accidentes en plantas de beneficio son muy comunes y pueden ser fatales.

Al eliminar el uso de tanques a presión para esterilización, y cajas y grúas para la manipulación de racimos, las plantas de beneficio son mucho más seguras para los trabajadores.

El uso de transportadores de cinta para el manejo de racimos también minimiza el derrame de frutos sueltos y aceite durante el procesamiento, dando como resultado plantas más limpias.

Es necesario hacer un buen control de calidad durante la fabricación del equipo y la construcción de la planta para minimizar fugas en los transportadores. Si se logra esto, la limpieza diaria de plantas como se hace en la actualidad puede no ser necesaria y se puede lograr una reducción de mano de obra aún mayor.

Parece que es hora de adoptar un enfoque más integral para modernizar las plantas de beneficio aprovechando los avances en esterilización continua y automatización, de tal manera que las nuevas plantas que se construyan reflejen verdaderamente una tecnología de vanguardia en el procesamiento del aceite de palma. Las plantas de beneficio deben ser diseñadas de tal manera que se puedan controlar fácilmente desde una sala de control, usando unos pocos operarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Cheah, KY; Maycock, JH. 1991. Microwave sterilisation of fresh fruit bunches. *Engineering News*. 21:2-4.
- Loh, TW. 1994. Innovative methods in oil processing/oil palm industry. *Proceedings of the 1994 Porim National Palm Oil Milling and Refining Technology Conference*. Kuala Lumpur: 75-80.
- Mongana Report. 1955. Irsia. Palm Oil Research Institute of Malaysia. 1: 84-85.
- Olie, JJ; Tjeng, TD. 1974. *The Extraction of Palm Oil*. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. 29-35.
- Sivasothy, K. 1989. A study on sterilisation with emphasis on achieving continuous processing. *Porim Report PO* (163)89: 17-21.
- Sivasothy, K; MA, AN; Maycock, JH; Koichiro, Y. 1993. Combined sterilisation-stripping process. *Palm Oil Developments*. 19:20-29.
- Sivasothy, K; Rohaya, MH. 2000. Crushing and sterilization of fresh fruit bunches: a promising approach for continuous sterilization. *International Planters Conference*. Kuala Lumpur. 17-20 May 2000.
- Sivasothy, K; Rohaya, MH; Yusof, B. 2005. A new system for continuous sterilization of oil palm fresh fruit bunches. *Journal of Oil Palm Research*. 17: 145-151.

