

Esterilización continua de racimos de fruta fresca de palma de aceite

Continuous Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Bunches

K. Sivasothy¹
M. Halim Rohaya¹
Yu Hwa Tan²
Poh Weng Wong³
R. Ramani¹

Resumen

La investigación llevada a cabo en los últimos años ha conducido a un nuevo enfoque sobre esterilización de racimos de fruta fresca de palma de aceite basado en la trituración de racimos, usando un triturador de rodillo doble para facilitar la penetración de vapor a las capas internas del racimo, seguido por calentamiento usando vapor a presión atmosférica o baja presión suficiente para facilitar el desprendimiento de los frutos. El rompimiento de almendra con el triturador no es mucho y el deterioro de la calidad del aceite debido al magullamiento del mesocarpio se puede minimizar calentando los racimos inmediatamente después del triturado. Este documento describe la utilización de un sistema de esterilización continua a escala comercial con base en este nuevo proceso.

Summary

Research carried out over the last few years has led to a new approach to sterilization of oil palm fresh fruit bunches based on crushing bunches using a double-roll crusher to facilitate steam penetration into the inner layers of the bunch followed by heating using live steam at low or atmospheric pressure to an extent sufficient to facilitate stripping of the fruits. Nut breakage by the crusher is small and deterioration in oil quality due to bruising of the fruit mesocarp can be minimized by heating the bunches immediately after crushing. The paper describes the implementation of a commercial-scale continuous sterilization system based on this new process.

Palabras Clave

Palma de aceite,
Racimos,
Esterilización,
Triturador de rodillo.

- 1 . Malaysian Palm Oil Board (MPOB).
- 2 . CB Industrial Product Sdn. Bhd.
- 3 . Kumpulan Guthrie Berhad.

Los autores desean agradecer al Director general de MPOB por su permiso para publicar este documento. También desean agradecer a la Gerencia de Kumpulan Guthrie Berhad por su cooperación.

Nota: Traducido por Fedepalma.

Introducción

El espectacular crecimiento de la industria de palma de aceite durante los últimos cincuenta años no ha estimulado cambios significativos en la tecnología usada en plantas de beneficio para extraer aceite de racimos de fruta fresca de palma de aceite. En el proceso convencional, los racimos se cargan en cajas y se introducen en esterilizadores, donde se cocinan con vapor a 40 psig. El proceso detiene el deterioro de la calidad debido a la actividad enzimática. También facilita el desprendimiento de las frutas del racimo y la extracción de aceite y palmiste. Se sabe que las operaciones relacionadas con esterilización por lotes ocupan la mayoría de la mano de obra en una planta de beneficio típica. Por años, la industria palmera ha soñado con un proceso de esterilización continua. El uso de vapor a alta presión intermitente para lograr una buena esterilización complica el problema de lograr un proceso continuo.

A pesar de las numerosas investigaciones realizadas en el pasado (Mongana Report, 1955; Olie y Tjeng, 1974; Sivasothy, 1989; Cheah y Maycock, 1991; Sivasothy *et al.*, 1993; Loh, 1994), las dificultades técnicas y económicas para hacer viable la esterilización continua a escala comercial no se habían podido superar hasta ahora.

Algunos estudios (Sivasothy y Rohaya, 2000; Sivasothy *et al.*, 2000) sobre trituración y esterilización de racimos de fruta fresca, llevados a cabo usando un triturador de racimos de rodillo doble y un autoclave a escala de laboratorio, mostraron que el rompimiento de almendra por el triturador fue muy poco (Tabla 1) y no se presentó deterioro significativo en la calidad del aceite debido al magullamiento del mesocarpio de la fruta cuando los racimos se calientan inmediatamente después del triturado (Tabla 2). El tiempo de esterilización y la presión de vapor requeridos para lograr el desprendimiento completo de las frutas (Figura 1) fueron significativamente más bajos que los valores usados para racimos normales.

Los estudios de una planta piloto (Sivasothy *et al.*, 2001; Sivasothy *et al.*, 2002) específicamente sobre calentamiento de racimos triturados usando vapor a presión atmosférica mostraron

Tabla 1 Efecto del triturado de racimo en magullamiento de frutos

Parámetro	Antes de triturado	Después de triturado	Debido a triturado
Porcentaje de frutos magullados	2,88	33,62	30,74
Porcentaje de frutos desprendidos	7,06	13,40	6,34
Porcentaje de frutos con almendra rota	-	1,90	1,90

Tabla 2 Efecto de la esterilización intermitente de racimos triturados en la formación de ácidos grasos libres

Tiempo de retardo (minutos)	Contenido de ácidos grasos libres (%)
5	1,04
30	1,52
60	2,27

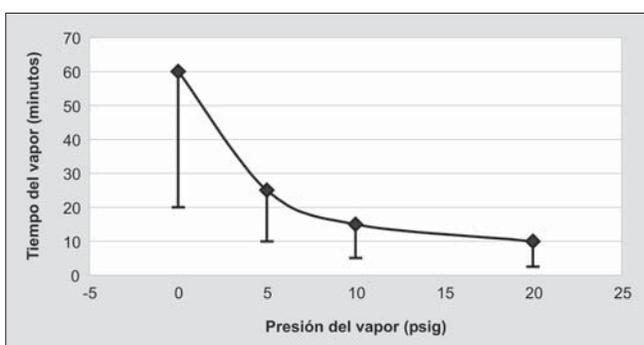


Figura 1 Relación entre presión y tiempo de vapor para lograr desprendimiento completo de frutos

que los resultados obtenidos usando un sistema por lotes durante los estudios preliminares se podían reproducir bajo condiciones de procesamiento continuo en la planta piloto.

Después del éxito logrado durante los estudios preliminares y la planta piloto, se decidió construir un sistema a escala comercial en la Planta Experimental de Palma de Aceite de MPOB para desarrollar este proceso.

Descripción del proceso

La habilidad para lograr el desprendimiento completo de los frutos con esterilización a vapor

a baja presión y sin el uso de ciclos múltiples de esterilización facilita el desarrollo del proceso de esterilización continua. El problema de transportar racimos continuamente hacia y desde el esterilizador se puede solucionar más fácilmente que con el sistema anterior. Muchos métodos se han explorado tanto para transportar racimos desde y hacia el esterilizador como para transportar racimos al esterilizador continuo.

Idealmente, el método de transporte usado debe asegurar un flujo continuo e ininterrumpido de producto y asegurar un tiempo de retención consistente y sin omisiones. También debe haber poca probabilidad de acumulación de producto dentro del esterilizador, ya que esto va en detrimento de la calidad del aceite de palma y de palmiste. Los racimos deben ser transportados sin someterlos a fuerzas muy altas, ya que el proceso de cocinado y la aplicación de presión puede producir liberación de aceite de los frutos blandos que se pierde con los condensados y en los racimos vacíos.

El sistema debe estar diseñado para minimizar pérdidas de vapor durante el proceso de cargue y descargue. Esto requiere que las aperturas para alimentar y descargar el sistema sean lo más cortas posible permitiendo al mismo tiempo el flujo continuo e ininterrumpido de producto.

El sistema debe también permitir la regulación del tiempo de retención y ser capaz de manejar las fluctuaciones en velocidad de flujo.

Idealmente, el sistema (tanto la válvula como el esterilizador continuo) debe estar diseñado para permitir el uso de vapor a presión atmosférica y a presión ligeramente por encima de la presión atmosférica.

La Figura 2 muestra una propuesta para convertir los hallazgos de la investigación en un sistema técnica y económicamente viable para esterilización continua.

La disrupción de las intrincadas inflorescencias se logra usando un triturador de rodillo doble. El triturador propuesto tiene muchas ventajas, incluyendo ruptura mínima de almendra, diseño simple y compacto, bajo costo, bajo consumo de energía, bajo costo de mantenimiento y operación, habilidad para manejar todo tipo de racimos y alto rendimiento.

En el proceso propuesto, los racimos se precalientan usando vapor proveniente de la cámara de esterilización continua. Esto facilita el calentamiento de los racimos inmediatamente después de la trituración a temperaturas superiores a 60°C para desactivar las enzimas lipolíticas responsables de la formación de ácidos grasos libres. El precalentamiento de los racimos también facilita la deaireación y minimiza la cantidad de aire que entra a la cámara de esterilización continua, por tanto asegurando que la temperatura en la cámara de esterilización continua sea cercana a la del vapor saturado.

Los racimos se calientan dentro de la cámara de esterilización continua usando vapor vivo mientras son transportados a través de un sistema transportador de plataforma doble. Usando un transportador de doble vía es posible lograr una reducción significativa de costos.

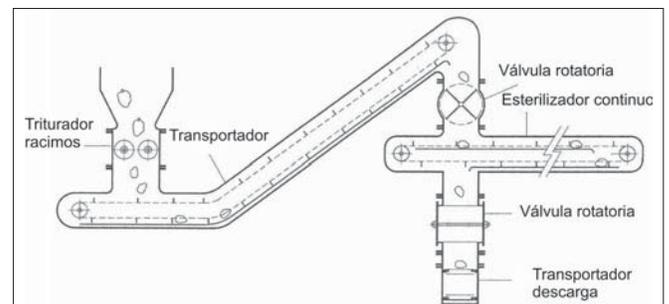


Figura 2 Sistema propuesto para esterilización continua

Los racimos se calientan después de salir de la cámara de esterilización usando vapor proveniente del sistema de descarga de la cámara de esterilización continua. Los racimos ingresan y salen de la cámara de esterilización continua a través de una o más válvulas rotatorias, válvulas de mariposa o válvulas de compuerta para minimizar las pérdidas de vapor.

Sistema a escala comercial

En la actualidad se utiliza un sistema a escala comercial en la Planta Experimental de Palma de Aceite de MPOB. Se espera que al diseñar este sistema opere en paralelo con el proceso de esterilización por lotes y a la par con la producción de la planta de beneficio (ejemplo,

20 t/hora), el sistema de procesamiento por lotes será reemplazado totalmente. Se ha tomado la precaución de permitir cambiar rápidamente al sistema de procesamiento por lotes si se presentan problemas en el sistema continuo. El corazón del nuevo sistema es la cámara de esterilización continua, que consta de un tanque cilíndrico de aproximadamente 2,7 m de diámetro y 35 m de largo. El tiempo de retención de los racimos dentro de este tanque es aproximadamente de 60 minutos.

El vapor se introduce en diferentes puntos en las dos plataformas. La velocidad de introducción de vapor se ajusta manualmente para minimizar las pérdidas de vapor en los extremos de entrada y salida. Se observó que la temperatura en la cámara de esterilización continua se puede mantener fácilmente a 100°C. Es posible lograr una presión máxima de trabajo de aproximadamente 5 psig en la cámara de esterilización continua usando válvulas rotatorias.

No se han encontrado problemas importantes en los procesos subsiguientes, incluyendo prensado, clarificación y extracción de aceite de palmiste.

Se está tratando de hacer una evaluación cuantitativa del rendimiento del sistema de esterilización continua y de la planta para comparación con el sistema convencional. Una evaluación preliminar se presenta y se discute en la siguiente sección.

Evaluación preliminar

Desfrutado

Como en el caso de los estudios preliminares y de planta piloto, los frutos de los racimos triturados esterilizados en un sistema continuo usando vapor a presión atmosférica durante una hora se pueden desprender usando un tambor desfrutador convencional. Sólo un pequeño porcentaje de racimos (generalmente menos del 2%) permanece con frutos. Estos racimos desfrutados tienen un pequeño porcentaje de los frutos originalmente presentes en los racimos de fruta fresca.

Algunos racimos pequeños no se pudieron desfrutar totalmente porque el triturador no los pudo abrir completamente debido a que el espacio entre rodillos era muy grande. El problema se puede rectificar usando un

triturador separado específico para racimos pequeños, aumentando el tiempo de calentamiento o reciclando estos racimos.

Algunos pedazos de racimo tienden a pasar a través de las barras del tambor desfrutador y terminan uniéndose con los frutos. Como son pequeños, no representaron un problema para el prensado.

Pérdidas de aceite y palmiste

Las pérdidas de aceite en condensados de esterilización en la cámara de esterilización continua se evitan modificando el sistema de descarga de condensados para que se descarguen junto con los racimos a través de la válvula de salida.

Aunque los frutos del proceso de esterilización continua no parecen estar tan cocidos como los frutos del procesamiento por lotes, se pueden seguir procesando usando el proceso convencional. Se observó que el contenido de humedad y el contenido de aceite de la fibra (Tabla 3) fue ligeramente más alto que en el proceso de esterilización por lotes. Se están haciendo arreglos para calentar los frutos usando un digestor horizontal antes de usar el digestor vertical.

La Tabla 4 muestra que no hay diferencias significativas en pérdida de aceite en el proceso de clarificación.

La Tabla 5 muestra que las pérdidas de palmiste en fibra y cáscaras están dentro de los límites aceptables. La pérdida ligeramente menor de aceite de palmiste en fibra cuando se usa la

Tabla 3 Efecto del proceso de esterilización en el prensado de tornillo

Parámetro	Esterilización por lotes	Esterilización continua
Porcentaje de aceite en fibra (base húmeda)	4,84	5,06
Porcentaje de aceite en fibra (base seca)	7,91	8,70
Porcentaje de humedad en fibra	38,64	41,47
Porcentaje de almendras rotas	24,29	18,37

Tabla 4 Efecto del proceso de esterilización en la clarificación de aceite

Parámetro	Esterilización	
	por lotes	continua
Aceite en <i>underflow</i> (%) (base húmeda)	9,04	10,54
Aceite en lodos (%) (base húmeda)	0,57	0,56
Aceite en lodos (%) (base seca)	7,79	7,64
Sólidos no aceitosos en lodos (%)	6,64	6,82
Contenido de humedad en lodos (%)	92,80	92,62

Tabla 5 Efecto del proceso de esterilización en pérdidas de palmiste

Parámetro	Porcentaje en muestra	
	Esterilización por lotes	Esterilización continua
Palmiste en fibra	1,48	0,90
Palmiste en cáscara seca (zaranda primaria)	-	0,77
Palmiste en cáscara seca (zaranda secundaria)	-	0,96
Cáscara húmeda (separador <i>claybath</i>)	-	1,14

esterilización continua se puede deber al menor rompimiento de almendras en la prensa de tornillo.

Calidad del aceite

La Tabla 6 muestra que el contenido de ácidos grasos libres (AGL) de las muestras de aceite de producción que se originan de los dos procesos es aproximadamente el mismo. No hay aumento significativo en contenido de ácidos grasos libres por magullamiento causado por el triturador debido al corto tiempo entre trituración y calentamiento.

El índice de peróxido (IP) de las muestras de aceite del proceso de esterilización continuo es marginalmente más bajo y el valor DOBI es 0,32 más alto. Esto puede ser debido a la oxidación reducida al realizar el proceso de esterilización a temperaturas más bajas.

El contenido de hierro de las muestras de aceite del proceso de esterilización continua fue aproximadamente 1,62 ppm más alto que el del aceite del proceso de esterilización por lotes. El contenido más alto de hierro puede ser debido al mayor contacto con superficies metálicas durante el transporte. La remoción de arena abrasiva de los racimos antes de la esterilización probablemente reducirá el arrastre de hierro.

Tabla 6 Efecto del proceso de esterilización en la calidad del aceite

Parámetro	Esterilización	
	por lotes	continua
Contenido de AGL (%)	3,89	3,91
Índice de peróxido (meq)	0,86	0,58
DOBI	2,67	2,99
Contenido de caroteno (ppm)	665	661
Contenido de hierro (ppm)	4,46	6,08

Producción y tasa de extracción de aceite

Aunque la planta está diseñada para 20 t/hora, usualmente opera a un promedio de 22 t/hora usando dos prensas de tornillo cuando los racimos se esterilizan usando el proceso de esterilización por lotes.

La producción y la tasa de extracción de aceite se estudiaron durante diez días con la planta usando el proceso de esterilización continua (Tabla 7). La producción promedio durante este período fue de 17,60 t/hora y el promedio de la TEA fue de 19,89%. El factor principal en la reducción del 20% en producción comparado con el proceso por lotes parece ser la reducción del 25,6% en el rendimiento de la prensa de tornillo. Para lograr mayor producción y minimizar interrupciones en el proceso de esterilización continua debido al sobrellenado de los digestores, fue necesario operar una tercera prensa intermitentemente aproximadamente durante 50% de las horas de operación de las otras dos prensas. Se está tratando de rectificar este problema calentando los frutos antes de la digestión.

Costo

El uso de tecnologías simples para la esterilización continua asegura la competitividad del

Tabla 7 Efecto de la esterilización continua en la producción y tasa de extracción de aceite

Día	Producción (t/hora)	Rendimiento prensa (t/hora)	Tasa extracción aceite (%)
1	20,21	9,96	19,59
2	19,59	9,76	19,62
3	17,66	8,14	19,89
4	15,67	8,83	20,88
5	20,24	9,73	20,72
6	20,48	7,22	21,04
7	15,05	8,61	20,37
8	17,12	8,21	18,71
9	14,97	5,84	18,52
10	15,00	5,50	19,55
Promedio	17,60	8,18	19,89

precio. Elimina el uso de cajas esterilizadoras, carrileras, grúas elevadas, *tippers*, transbordadores y tractores y, por tanto, facilita el diseño y construcción de plantas de beneficio significativamente más pequeñas que plantas convencionales. La Tabla 8 muestra que el costo de construir una planta de beneficio de palma de aceite de 45 t/hora basada en el proceso de esterilización continua es 10% menor que para una planta convencional.

Conclusión

Se ha adquirido una considerable experiencia en el diseño y operación de un sistema de esterilización continua a escala comercial. Aunque todavía requiere de mejoras y ajustes tanto en el proceso de esterilización continua como en los

Tabla 8 Comparación del costo de una planta de beneficio de 45 t/hora basada en procesos de esterilización continua y por lotes

Ítem	Esterilización por lotes US\$	Esterilización continua US\$
Preliminares	25.000	234.000
Recepción y almacenamiento de RFF	816.000	553.000
Estación de esterilización	290.000	447.000
Estación de trillado	316.000	197.000
Estación de prensado	247.000	247.000
Estación de descascare	58.000	58.000
Estación recuperación almendra y palmiste	237.000	237.000
Estación de clarificación	290.000	290.000
Tanque almacenamiento y bomba despacho	368.000	368.000
Caldera y planta energía	842.000	842.000
Planta tratamiento agua	147.000	147.000
Planta tratamiento agua caldera	63.000	63.000
Tubería, válvulas y acoples	134.000	134.000
Planta tratamiento efluente	158.000	158.000
Eléctricos	329.000	329.000
1 juego equipo laboratorio	34.000	34.000
1 juego equipo taller	33.000	33.000
Obras civiles y estructuras		
Adecuación de tierras y carreteras de acceso	53.000	21.000
Edificio de la planta	882.000	684.000
Bases internas	663.000	526.000
Bases externas	1.184.000	1.105.000
Carreteras y drenajes	132.000	126.000
Cercas y puertas	32.000	32.000
Oficina/bodega, caseta de despachos, caseta seguridad y baño	126.000	126.000
Fletes	92.000	79.000
Total costos	7.776.000	7.070.000

procesos subsiguientes en la planta, los estudios preliminares han demostrado que el proceso se puede implantar exitosamente a escala comercial por su habilidad de lograr un buen disfrute, buenas tasas de extracción de aceite y ahorros en el capital de inversión inicial.

El problema de mantener un flujo constante de producto requiere de más estudio considerando que es difícil regular con precisión la velocidad de descarga de los racimos de las tolvas alimentadoras o medir con precisión la tasa de flujo de los racimos. El problema del menor rendimiento de las prensas y la pérdida de aceite ligeramente más alta en las prensas de tornillo también requiere de más investigación. ☼

Bibliografía

- CHEAH, K.Y.; MAYCOCK, J.H. 1991. Microwave sterilisation of fresh fruit bunches. *Engineering News*, 21, p.2-4.
- LOH, T.W. 1994. Innovative methods in oil processing/oil palm industry. Proceedings of the 1994 PORIM National Palm Oil Milling and Refining Technology Conference, Kuala Lumpur, p.75-80.
- MONGANA REPORT. 1955. IRSIA. Volume 1, Palm Oil Research Institute of Malaysia, p.84-85.
- OLIE, J.J.; TJENG, T.D. 1974. The Extraction of Palm Oil. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, p.29-35.
- SIVASOTHY, K. 1989. A study on sterilisation with emphasis on achieving continuous processing. *Porim Report PO*, (163) 89, p.17-21.
- SIVASOTHY, K.; MA, A.N.; MAYCOCK, J.H.; KOICHIRO, Y. 1993. Combined sterilisation-stripping process. *Palm Oil Developments*, 19, p.20-29.
- SIVASOTHY, K.; ROHAYA, M.H. 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, M.H.; TAN, Y.H. 2000. Continuous sterilization of fresh fruit bunches. *National Seminar on Palm Oil Milling, Refining Technology, Quality and Environment*, Genting Highlands, 3-4 July 2000.
- SIVASOTHY, K.; ROHAYA, M.H.; TAN, Y.H. 2001. Continuous processing of fresh fruit bunches. *PIPOC 2001*, Kuala Lumpur.
- SIVASOTHY, K.; ROHAYA, M.H.; TAN, Y.H.; WONG, P.W.; MENON, R.; RAMANI, R.; ZULKIFLI, A.R. 2002. A new approach to sterilization of oil palm fresh fruit bunches in palm oil mills. *National Seminar on Palm Oil Milling, Refining Technology, Quality and Environment*, Kota Kinabalu, 19-20, August 2002.