

Impregnación de aceite en los racimos vacíos durante la esterilización y el desfrutado

Empty bunches oil impregnation during the sterilization and stripping processes

Edgar Eduardo Yáñez Angarita ¹; Jesús Alberto García Núñez ²; Luis Enrique Fuentes Perea ³

RESUMEN

En este trabajo se identificaron y evaluaron las etapas de impregnación de aceite en los racimos vacíos (tusas), desde el proceso de esterilización hasta su salida en el desfrutado, valorando algunos de los factores que determinan la pérdida de aceite en estas secciones del proceso de extracción. Con este propósito se midió la incidencia del tiempo de sostenimiento en el ciclo de esterilización sobre la impregnación de los racimos vacíos, según el grado de maduración de los mismos. Los tiempos de sostenimiento evaluados fueron de 40, 50 y 60 minutos para tres niveles de maduración de los racimos de fruta fresca (RFF) como son: verde, maduro y sobremaduro. Se pudo determinar que el proceso del desfrutado puede generar alrededor del 75% de la impregnación, medida como aceite en sólidos secos no aceitosos (ssna), incrementado este valor a la salida de las autoclaves desde un rango de 1,8% a 2,8 % hasta el 9% y 11 %, aproximadamente, al final del desfrutado. Al mismo tiempo se estableció que el tiempo de sostenimiento mantiene una relación directa con la impregnación del racimo vacío, siendo favorecido por el incremento en la maduración de los racimos. Es decir, a mayor grado de maduración del racimo y un tiempo de sostenimiento extendido, se incrementa la pérdida de aceite impregnado en los racimos vacíos.

SUMMARY

In this work the impregnation stages at the exit of the autoclaves and during the fruit removing process were evaluated, to identify the way in which the loss evolves in those stages. Subsequently, the incidence of the time of sustaining during the sterilization cycle on the empty bunch impregnation was measured, having in mind the ripeness grade of the bunches. The sustaining times evaluated were of 40, 50, and 60 minutes for three levels of ripeness in the fresh fruit bunches (FFB) as follows: green, ripe and over-ripe. It was possible to determine that the fruit removing process generates about 75% of the impregnation measured as oil in dnfs(dry non fatty solids), increasing this value at the exit of the autoclaves from 1.8 - 2.8% to 9 - 11 % approximately. At the same time, it was established that the sustaining time maintains a direct relation with the impregnation of the empty bunch, being favored by the increase in the ripeness of the bunches. The higher the ripeness degree of the bunch and an extended sustaining time, the higher the level of oil impregnation on empty bunches. Nowadays, the project is evaluating the type of fruit shedding systems and the incidence of the genetic material on the oil loss.

Palabras claves: Aceite de palma. Tusas, Pérdidas, Procesamiento, Extracción, Plantas extractoras.

- 1 Inv. Auxiliar. Cenipalma. Apartado Aéreo 252171. Bogotá, D.C., Colombia. Cenipalm2@cable.net.co
- 2 Inv. Asistente. Cenipalma. Apartado Aéreo 252171. Bogotá, D.C., Colombia. Cenipalm2@cable.net.co
- 3 Estudiante en tesis de grado de Ingeniería Química.

INTRODUCCIÓN

Cuando se evalúan las pérdidas de aceite en el proceso de extracción, se identifican claramente cinco corrientes o flujos de salida que generan la pérdida global en el mismo. Éstas son: aceite impregnado en las tusas, aceite como fruto adherido a las tusas, aceite en la fibra de prensas, aceite en los efluentes líquidos y aceite en la nuez. Al cuantificar todas las pérdidas de aceite y realizar un balance general en el proceso de extracción, se puede establecer que el aceite impregnado en tusas representa hasta el 45% de la pérdida total, que según promedios para 1999 en las Zonas Central y Norte de Colombia se ubicó en 2,06% y 2,11%, respectivamente.

Según el Mongana Report (PORIM 1956), durante el proceso de esterilización se presenta un escurrimiento del aceite por fuera de los frutos, teniendo como punto final de recolección los condensados generados en el proceso de transferencia de calor y en las mismas espigas y pedúnculo de los racimos. Esta pérdida, sin embargo, no depende únicamente del proceso de esterilización, pues existe un paso posterior donde se incrementan los niveles de pérdida de aceite en los racimos vacíos como lo es el desfrutado (Stork). De esta manera se establecen dos operaciones básicas en el proceso de extracción de aceite que determinan la evolución en la impregnación de los racimos vacíos con mecanismos y aportes diferentes sobre el valor final de aceite en tusas.

En la etapa de esterilización se manejan varios niveles de presión para realizar cada uno de los picos, los cuales pueden realizarse en diferentes períodos, según el desempeño de la caldera en ese momento. Esto implica que si se tiene estipulado un tiempo total del ciclo, un retraso en la realización de los picos de presión generan una disminución en el tiempo de sostenimiento. Algunos de estos aspectos fueron estudiados en trabajos previos de Cenipalma (Fernández 1999), donde se determinó la gran influencia de la presión utilizada en el tercer pico y el tiempo de sostenimiento sobre los valores de fruto adherido remanente después del desfrutado y la cantidad de aceite impregnado en las tusas. Para la

siguiente etapa del proceso de extracción se han mencionado algunos factores que pueden favorecer la impregnación de las tusas en el desfrutado, como son el flujo discontinuo al tambor desfrutador y el diseño mecánico del mismo (Stork), sin que exista un concepto claro sobre el aporte de esta fase del proceso a la impregnación de los racimos vacíos.

Dada la importancia de esta pérdida en el proceso de extracción de aceite de palma, se planteó, con base en estudios anteriores, avanzar en la identificación de los factores que favorecen la impregnación de aceite en las tusas durante la esterilización y el desfrutado, fijándose como un objetivo clave de estudio la reducción de los niveles de pérdida de aceite y el incremento en la eficiencia del proceso de extracción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación de fases en la impregnación de las tusas

Para esta primera parte del trabajo se realizaron pruebas en cuatro plantas de beneficio de la Zona Norte colombiana (El Roble, Aceites S.A., Padelma y Palmag), donde se fijaron cinco puntos de muestreo en el proceso de desfrutado para medir aceite impregnado y fruto adherido en las tusas. Los puntos de muestreo se presentan en la Figura 1, los cuales hacen relación a las siguientes etapas y/o equipos.

- Punto 1: Vagoneta #1 en la salida de la esterilización
- Punto 2: Tolva y alimentador de racimos al desfrutador
- Punto 3: Primera sección del tambor desfrutador
- Punto 4: Segunda sección del tambor desfrutador
- Punto 5: Banda transportadora de tusas.

Las condiciones de muestreo de los cuatro racimos establecidos por cada punto fueron:

Maduración normal, los racimos de la muestra que se toma en todos los puntos pertenecen a una mismo ciclo de esterilización y todos los racimos de la muestra se toman al mismo tiempo, en cada uno de los puntos establecidos, los racimos se desfrutaron manualmente para impedir el aumento de la impregnación de los mismos durante su manipulación y para el primer punto de muestreo, los racimos se tomaron de la parte alta de la primera vagoneta a la salida de esterilización.

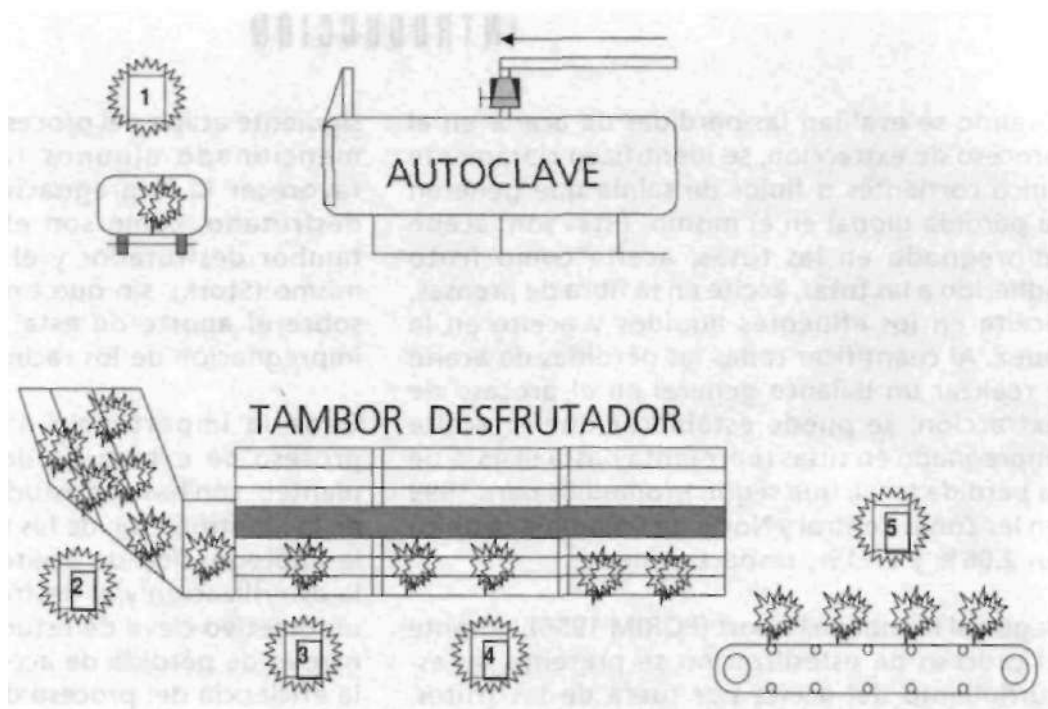


Figura 1. Puntos de muestreo en la identificación de las fases de impregnación de aceite en tusas durante el desfrutado.

En las pruebas realizadas emplearon racimos en condiciones normales de proceso, sin especificar variedad ni edad de la palma, estableciendo únicamente a condiciones mencionadas antes. Las variables medidas en estos ensayos fueron:

- Peso de Racimo
- Humedad
- Aceite / SSNA (Sólidos secos no aceitosos)
- SSNA / Tusa
- Aceite / tusa (impregnado)
- % Peso Fruto Adherido

Incidencia del tiempo de sostenimiento en esterilización y maduración del racimo sobre la impregnación de las tusas

Esta segunda fase del trabajo se desarrolló en tres plantas de beneficio de la Zona Central (Agroince, Bucarelia y Palmeras de Puerto Wilches), especificando las condiciones de maduración de los racimos y el tiempo de sostenimiento en los ensayos del ciclo de esterilización.

Dada las inquietudes establecidas en estudios anteriores, se estableció realizar mediciones de la impregnación de los racimos vacíos a la salida del proceso de esterilización y al final del proceso de desfrutado sobre la banda transportadora.

Los factores a evaluar fueron: el tiempo de sostenimiento (40, 50 y 60 minutos) y la maduración de los racimos: verde, maduro y sobremaduro, según la clasificación del PORLA (1995), así: Verde: cero alvéolos vacíos y frutos de color oscuro; Maduro: racimo con una coloración anaranjado rojiza y al menos 10 alvéolos vacíos y Sobremaduro: racimo con una coloración rojiza oscura y con más del 50% de frutos desprendidos.

Para la muestra, en tolva se escogieron tres racimos entre 15 y 20 kg, para cada grado de maduración, los cuales se marcaron con azul de metileno sobre el corte del pedúnculo.

Con el propósito de estandarizar las condiciones de esterilización, y someter los racimos a unas condiciones medias dentro del autoclave, los racimos se ubicaron en las tres vagonetas centrales y en la parte media de las mismas. En

cada vagoneta se cargaron tres racimos con los tres niveles de maduración.

Para todos los ensayos, en las tres plantas se fijaron los niveles de presión en los tres picos de esterilización según lo sugerido en el trabajo de Fernández (1998), así: Pico 1: 20 psi, Pico 2 : 30 psi y Pico 3 : 40 psi.

En cuanto al tiempo de los picos de esterilización, en dos de las plantas se operó en condiciones normales con picos cortos que tardan alrededor de 25 minutos, mientras que en la tercera planta este tiempo puede extenderse hasta 50 minutos. Este aspecto también fue evaluado como una covariable dentro del experimento, para evaluar su incidencia en la impregnación y el desfrutado de los racimos.

En general, el ensayo se organizó bajo un diseño de bloques completamente al azar, donde se fijaron los aspectos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental.

Fuentes de variación	Nº	Valores
Madurez del racimo	3	Verde, maduro y sobremaduro
Tiempo de sostenimiento	3	40, 50 y 60 minutos
Sitio de muestreo	2	Antes y después del desfrutado
Bloques	3	Tres plantas extractoras
Repeticiones	3	
Total	162	

Para evaluar los niveles de impregnación y fruto adherido se midieron los valores de aceite / ssna, ssna / tusa, fruto adherido / tusa y aceite / tusa como fruto adherido e impregnado. Los procedimientos de análisis para determinar estas variables se tomaron del manual de laboratorio de Cenipalma (2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de fases en la impregnación de las tusas

Como se mencionó en la metodología, para esta primera fase se fijó como objetivo establecer la forma como evoluciona la impregnación de

aceite durante el desfrutado. En la Figura 2 se presenta el cambio en los niveles de impregnación medidos como aceite/ssna y el porcentaje de fruto adherido remanente en cada punto seleccionado. Debido, a que este comportamiento se observó en la mayoría de las plantas evaluadas, solo se presenta un gráfico característico.

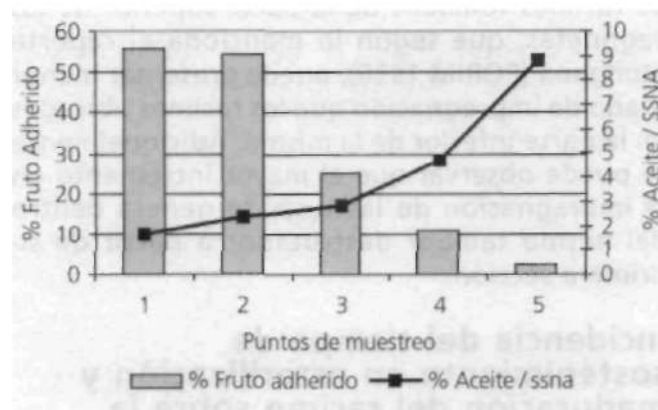


Figura 2. Evolución de la impregnación de aceite en el desfrutado de los racimos.

El porcentaje de fruto adherido se midió como el peso del fruto remanente en la tusa sobre el peso de la misma. En primer lugar se debe notar que esta relación inicia con un valor cercano al 60% y no mayor, dando la impresión de que existió algún desprendimiento durante el proceso de esterilización y cargue del fruto a las vagonetas. Este valor se mantiene hasta el segundo punto de muestreo (tolva en el desfrutador), hasta que se inicia el proceso de desfrutado en el punto 3 (primera sección en el tambor desfrutador), donde se observa una drástica disminución del fruto adherido, cercana al 50% del valor inicial. Para los dos puntos siguientes dentro del desfrutador, la reducción de fruto adherido se presenta alrededor de ese mismo porcentaje, aunque como volumen y peso de fruto retirado de los racimos, la mayor cantidad se genera en la primera sección del desfrutador. Es decir, el tambor desfrutador concentra su actividad en la primera sección del mismo, donde retira la mayor cantidad de frutos de los racimos.

Para evaluar el aceite impregnado, los resultados se expresaron como aceite en ssna, tal como se

muestra en la Figura 2. En primer lugar se observa que a la salida del proceso de esterilización el porcentaje de impregnación representa sólo el 20% del valor final obtenido sobre la banda transportadora de tusas, significando esto que alrededor del 80% de la pérdida total en tusas se genera en el desfrutado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos valores se obtuvieron de racimos tomados de la parte superior de las vagonetas, que según lo menciona el reporte Mongana (PORIM 1956), puede presentar menor grado de impregnación que los racimos ubicados en la parte inferior de la misma. Adicionalmente se puede observar que el mayor incremento en la impregnación de las tusas se genera dentro del mismo tambor desfrutador a partir de su primera sección.

incidencia del tiempo de sostenimiento en esterilización y maduración del racimo sobre la impregnación de las tusas

Para esta parte del trabajo los resultados se presentan específicamente para las dos variables evaluadas, pérdida de aceite como fruto adherido e impregnado en tusas.

En la Figura 3 se muestra la pérdida de aceite obtenida en tusas por fruto adherido, expresado como aceite / tusas, para los rangos de maduración y tiempos de sostenimiento en el ciclo de esterilización. Respecto a este último se puede apreciar claramente su incidencia sobre la cantidad de fruto adherido en las tusas, mostrando un efecto estadísticamente significativo para el fruto maduro cuando se pasa de operar de 40 min hasta 60 min para el fruto

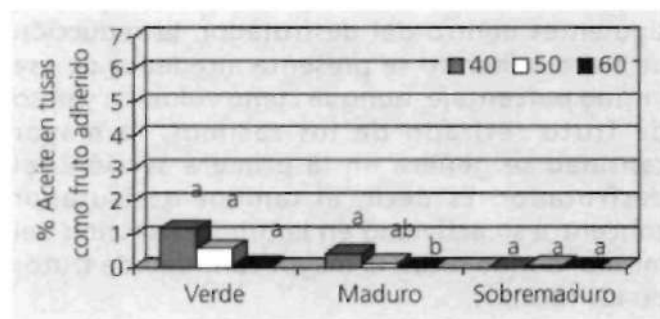


Figura 3. Pérdida de aceite como fruto adherido en tusa por tiempo de sostenimiento en esterilización y grado de maduración del racimo.

verde no se detectó un cambio estadístico, mas sin embargo la tendencia mostrada por sus promedios es la misma que para el fruto maduro. Debido a las condiciones propias de los racimos sobremaduros, para los valores estudiados la incidencia del tiempo de sostenimiento es la misma. En este punto se debe tener en cuenta la calidad de los frutos adheridos, puesto que una misma cantidad de frutos en tusas puede significar diferentes niveles de pérdidas, debido a las diferencias en su contenido de aceite.

La Figura 4 muestra las diferencias estadísticas entre 40 y 60 minutos en tiempo de sostenimiento, para el porcentaje de fruto adherido en tusa en cada una de las plantas de beneficio evaluadas. La tendencia es la misma que se analizó como aceite en tusas por fruto adherido, dando muestras de la misma calidad del fruto interno adherido en cada uno de los ensayos realizados.

Para analizar los resultados de aceite impregnado se tendrá en cuenta los dos puntos de muestreos establecidos, como son: antes del desfrutado (salida de autoclaves) y la descarga del desfrutador en la banda transportadora.

En primer lugar se presenta la Tabla 2 donde se muestran los resultados promedios para las tres plantas de beneficio evaluadas de la pérdida de aceite en tusas, para los diversos niveles de maduración y tiempo de sostenimiento. Se puede ver claramente que no existen diferencias significativas para ninguno de los tratamientos, aunque se aprecia un incremento en los promedios de los valores tanto con el aumento del tiempo de sostenimiento como con el grado de maduración de los racimos. Esta inquietud queda resuelta cuando se visualiza la misma

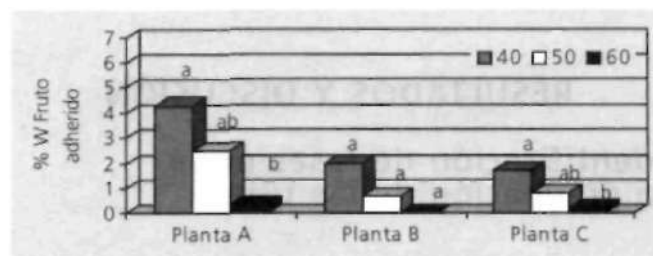


Figura 4. Porcentaje de fruto adherido en tusa por tiempo de sostenimiento en tres plantas de beneficio de la Zona Central.

Tabla 2. Pérdida global de aceite en tusas por tiempo de sostenimiento en esterilización y grado de maduración del racimo (Antes del desfrutado).

Variable	% Ac./tusa (promedio)
Tiempo de sostenimiento	
Tiempo 40 min	1,95 a
Tiempo 50 min	2,05 a
Tiempo 60 min	2,16 a
Grado de maduración	
Verde	1,69 a
Maduro	2,05 a2,12 a
Sobremaduro	2,16 a2,35 a

pérdida por grado de maduración pero en cada una de las plantas evaluadas, tal como se observa en la Figura 5.

En la Figura 5 se aprecia el incremento estadísticamente significativo de la pérdida de aceite en tusas, cuando se procesan racimos con mayor grado de maduración. La diferencia con los resultados globales mostrados en la Tabla 2 radica en el rango de los valores obtenidos en cada una de las plantas de beneficio estudiadas, de manera que su variación no permite detectar claramente las diferencias estadísticas. Estas diferencias se observan en la Tabla 3, donde se presentan los promedios globales para cada una de las plantas de beneficio, y en la que se observa estadísticamente las diferencias en cada una de ellas.

En la Figura 6 puede apreciarse la pérdida de aceite en tusas al final del proceso de desfrutado, según los tiempos de sostenimiento evaluados

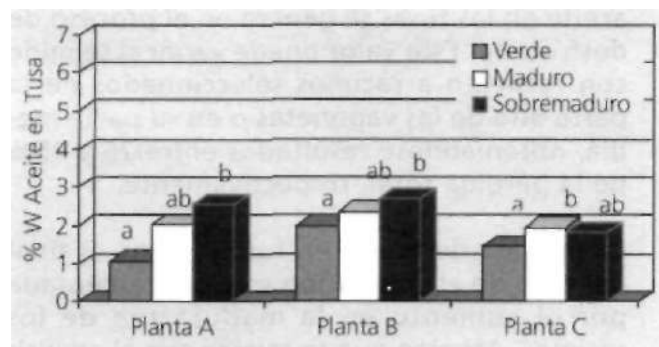


Figura 5. Pérdida por planta de beneficio de aceite impregnado en tusas por grado de maduración del racimo (Antes del desfrutado).

Tabla 3. Pérdidas promedio de aceite en tusas para cada una de las plantas de beneficio estudiadas.

Variable	Planta 1	Planta 2	Planta 3
Aceite/SSNA	5,47 ab	6,15 a	4,89 b
SSNA/Tusa	37,24 ab	38,41 a	35,92 b
Aceite/Tusa	2,06 ab	2,36 a	1,75 b

para cada una de las plantas de beneficio estudiadas. En esta figura se observa que para dos de las plantas, existe una marcada influencia del tiempo de sostenimiento cuando se opera con 60 minutos, incrementándose estadísticamente la pérdida de aceite en tusas, aspecto que no ocurre entre 40 y 50 minutos de sostenimiento en esterilización.

Esta misma pérdida evaluada por grados de maduración se presenta en la Figura 7, donde se observa que no existen diferencias estadísticas entre los tres niveles estudiados.

En general, el comportamiento de la pérdida de aceite en tusas a la salida del desfrutador se presenta en la Figura 8. En esta figura se resume la baja influencia estadística observada del grado

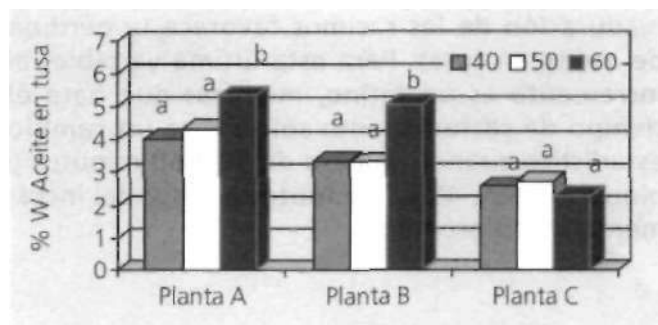


Figura 6. Pérdida de aceite en tusas por tiempo de sostenimiento en esterilización (Salida del desfrutador).

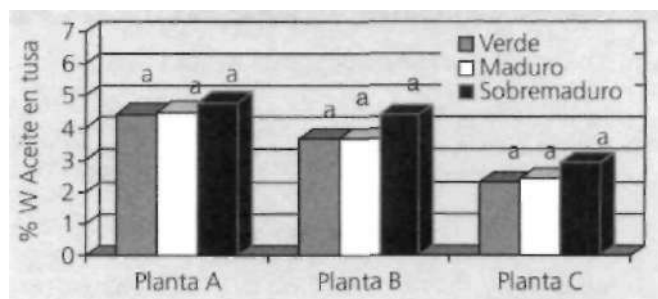


Figura 7. Pérdida de aceite en tusas por grado de maduración del racimo (Salida del desfrutador).

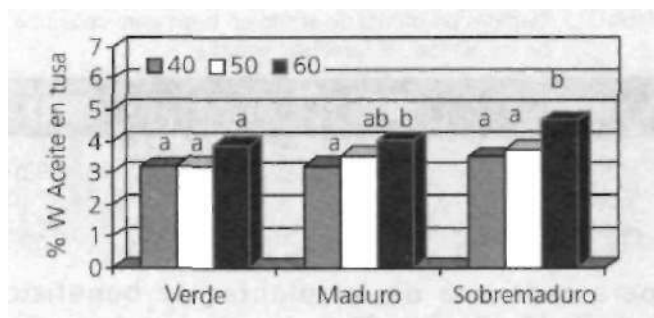


Figura 8. Pérdida de aceite en tusas por grado de maduración del racimo y tiempo de sostenimiento en esterilización.

de maduración de los racimos a la salida del desfrutador, y la significativa incidencia del tiempo de sostenimiento cuando se incrementa hasta los 60 minutos en el ciclo de esterilización.

Finalmente, cuando se hace una revisión global de los datos obtenidos al final del proceso de desfrutado, el cual incluye el efecto de la esterilización, se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 4. En esta tabla se observa claramente la diferencia estadística marcada sobre la impregnación de aceite por los 60 minutos en el tiempo de sostenimiento, de la misma manera que el incremento en la maduración de los racimos favorece la pérdida de aceite en tusas. Para esta última variable, el incremento es paulatino, mientras que para el tiempo de sostenimiento sólo existe un cambio estadístico cuando se pasa de 50 a 60 minutos a pesar del incremento en su promedio.

Tabla 4. Pérdida global de aceite en tusas por tiempo de sostenimiento en esterilización y grado de maduración del racimo.

Variable	% Ac./tusa (promedio)
Tiempo de sostenimiento	
Tiempo 40 min	3,30 a
Tiempo 50 min	3,50 a
Tiempo 60 min	4,18 b
Grado de maduración	
Verde	3,42 a
Maduro	3,59 ab
Sobremaduro	3,96 b

Al comparar la Tabla 4 con la Tabla 2, se puede apreciar que las diferencias estadísticas significativas aparecen durante el proceso de desfrutado y no en la etapa de esterilización.

Como aspecto complementario se presenta la diferencia para el aceite impregnado en tusas en los valores obtenidos en las fases A y B del estudio, cuando la muestra de racimos se tomó en la vagoneta a la salida de esterilización. Para la primera fase los resultados se promedian alrededor de 2%, mientras que para la segunda parte del trabajo se obtuvieron valores cercanos al 5,5% (Tabla 3). Esta diferencia radica en el sitio de muestreo de los racimos en la vagoneta, ya que la muestra en la primera etapa del proyecto se tomó de la parte superior de la misma, en tanto que para la segunda fase los racimos se seleccionaron e introdujeron hasta la parte media de la vagoneta. Estos resultados corroboran lo mencionado en el reporte Mongana (PORIM 1995) acerca de la impregnación de los racimos según su posición.

CONCLUSIONES

Durante el desfrutado de los racimos, la mayor parte de los frutos son removidos en la primera sección del tambor desfrutador.

El desfrutado de los racimos puede ser afectado seriamente cuando se emplean 40 minutos en el tiempo de sostenimiento, según el rango evaluado y en la medida en que se procesen racimos verdes.

El mayor porcentaje de impregnación de aceite en las tusas se genera en el proceso de desfrutado. Este valor puede variar si se mide con respecto a racimos seleccionados de la parte alta de las vagonetas o en su parte media, obteniéndose resultados entre 75 y 45% de la pérdida total, respectivamente.

La pérdida de aceite en tusa medida al final del ciclo de esterilización se ve incrementada por el aumento en la maduración de los racimos. Aspecto que se reitera con el análisis global de la información a la salida del desfrutado

- Cuando se operó el autoclave con 60 minutos en el tiempo de sostenimiento, la pérdida de aceite en tusas se incrementó estadísticamente.
- Se observó un efecto positivo de la posición mas interna del racimo en la vagoneta de esterilización respecto al contenido de aceite en tusas.

BIBLIOGRAFÍA

- CENIPALMA. 2000. Manual de laboratorio. Plantas de beneficio para fruto de palma de aceite. Cenipalma, Bogotá, D.C. 117p.
- FERNÁNDEZ. C. 1999. Estudio de ciclos de esterilización de racimos de palma africana de aceite, durante el proceso de extracción en la planta de Agroince. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. (Tesis de grado) 113p.
- PORIM. 1955. Mongana Report. Book 2. PORIM, Kuala Lumpur. p.180-347.
- PORLA. 1995. Fresh fruit bunch grading manual. PORLA, Kelana Jaya, Selangor. 42p.