



Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición

Optimal design of the fat extraction process from the residue of the flesh derivative of the tanning process

Luis Fernando Cardona Palacio, MSc

Universidad Católica Luis Amigó

Medellín, Colombia

luis.cardonapa@amigo.edu.co

(Recibido el 16-04-2016. Aprobado el 16-11-2016)

Estilo de Citación de Artículo:

L. Cardona-Palacio, "Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición", Lámpsakos, no. 16, pp 21-32, 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1903>

Resumen. En esta investigación se evaluaron las condiciones óptimas para la producción de grasa a partir del descarte en la empresa Curtimbres de Itagüí S.A., localizado en el departamento de Antioquia, Colombia. Se midieron parámetros como la temperatura, volumen de agua de cocción, tratamiento del residuo líquido mediante coagulación-floculación, para obtener productos como el clarificado que podría ser usado en los lavados de la zona de pelambre y un residuo sólido al cual se realizó un tratamiento de compostaje, demostrando ser una técnica viable y económica.

Palabras clave: optimización, variables, coagulación, floculación, grasa, clarificado, residuo sólido.

Abstract. In this research were evaluated the optimal conditions for the production of fat from removes the flesh in the Curtimbres company in Itagüí S.A., located in the department of Antioquia, Colombia. Parameters were measured as the temperature, volume of cooking water, liquid waste treatment by coagulation-flocculation, to obtain products as the clarified that could be used in the washing of the fur zone and a solid residue which was realized a composting treatment, therefore it shows to be a viable and economic technology.

Keywords: optimization, variable, coagulation, flocculation, fat, clarified, solid residue.

1. INTRODUCCIÓN

La piel constituye la envoltura natural de los animales, siendo una sustancia compleja, generalmente cubierta de pelos, lana o plumas. Los animales poseen en su piel cierta cantidad de grasa natural, la cual debe ser retirada para facilitar el proceso de curtición. Es así, como una de las actividades del precurtido es la operación de descarnar, en la cual se retira el tejido adiposo subcutáneo, por métodos manuales o mecánicos [1], siendo una etapa crucial que requiere una buena eficiencia porque conlleva a una economía en el consumo de productos químicos en la etapa de pelambre y mejoras apreciables en el área y calidad del producto final con reducciones del 30-35% y 20% de cal y sulfuro de sodio, respectivamente [2].

El residuo obtenido en el proceso de descarnar se denomina unche, el cual representa entre un 20 a un 35% del peso inicial de la piel [1]. Este residuo se caracteriza por ser rico en grasa y proteína, con un contenido aproximado de estearina alrededor del 50%, lo que abre la posibilidad de desarrollar procesos que permitan su extracción y pueda ser empleado como materia prima en jabonería o para la fabricación de emulsiones para engrase de cuero [3].

La producción de grasa a partir del unche en Colombia, es un proceso realizado por las empresas: Curtimbres de Itagüí S.A., Curtimbres Búfalo, Americana de Curtidos, Curtimbres la María y Curtimbres de Cerrito Valle, éstas han visto una oportunidad de aumentar sus ingresos mediante el aprovechamiento de este residuo, debido a que generalmente el destino final del unche son los botaderos ilegales a cielo abierto y en algunas ocasiones es vendido como fertilizante para la recuperación de pastizales, que tardan un año aproximadamente en asimilarlo. Debido a su lenta descomposición no se utiliza como abono en los cultivos comerciales [1].

El método más empleado para la obtención de grasa a partir de residuos animales, como el unche, es mediante la cocción de los mismos, en donde se separa la grasa de la carne [4] por un calentamiento durante 3 horas a 120°C y 35 psi [1], seguido de una limpieza con ácido preferiblemente ácido sulfúrico, ácido fos-

fórico, o ácido clorhídrico; de este proceso se generan dos residuos: agua de cocción y sedimentos [5]. La disposición final de los residuos son las cañerías para el agua de cocción y la aplicación de un proceso de compostaje para generar abono para el otro desecho (sedimento). El producto principal obtenido en el proceso, es la grasa, la cual es integrada al proceso productivo de industrias como cosmética, producción de concentrados para animales y elaboración de jabones entre otras, por lo tanto el unche es transformado desde un residuo indeseable a un subproducto generador de materia prima para otros procesos químicos o industriales [6].

Se realizó una investigación y análisis para la optimización de la planta de producción de grasa, en la empresa Curtimbres de Itagüí S.A. del Municipio de Itagüí, departamento de Antioquia, con el fin de establecer las condiciones más adecuadas para su obtención, evaluando parámetros como la temperatura, volumen de agua de cocción, tratamiento del residuo líquido mediante coagulación-floculación y un tratamiento de compostaje al residuo sólido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Análisis de Muestras

La carne varía en su composición de grasa de acuerdo a la procedencia climática, raza de la res y características de almacenamiento [7]. Se realizó un análisis fisicoquímico de las muestras: el unche, los residuos de cocción, el agua de cocción, el sebo sin tratar con ácido y el sebo tratado con ácido, para conocer la composición química de dichos productos.

2.1.1. Unche

En la Tabla 1, se muestra la composición físico-química del unche, el cual presenta un alto contenido de humedad característico de este residuo, al igual que proteína y grasa, no se evidencia contenido de carbohidratos.

Tabla 1. Análisis Físicoquímico del unche.

| Análisis Físicoquímico | Resultado | Método |
|-----------------------------------|-----------|---|
| Humedad, % | 88.54 | ICONTEC GTC 1(1-14-2) |
| Cenizas, % | 2.3 | ICONTEC GTC 1(3-4-1) Ed. 94 con trazabilidad a AOAC 923.03 |
| Proteína, % | 5.25 | ICONTEC GTC 1(11-3-1) |
| Nitrógeno, % | 0.68 | ICONTEC GTC 1(11-3-1) |
| Grasa, % | 3.91 | ICONTEC gtc 1(6-1-1) Ed. 1994 trazable a AOAC 920.39 Ed.15 |
| Calorías, kcal/100g | 56.19 | Cálculo a partir de grasa, proteína, carbohidratos |
| Cloruros (Expresados como NaCl) % | 0.05 | ICONTEC GTC 1(3-6-1) |

Tabla 2. Residuos de cocción.

| Análisis Físicoquímico % | Resultado | Método |
|--------------------------|-----------|--|
| Humedad | 67.78 | ICONTEC GTC 1(1-14-2) |
| Proteína | 8.08 | ICONTEC GTC 1(11-3-1) |
| Cenizas | 7.40 | ICONTEC GTC 1(3-4-1) Ed.94 con trazabilidad a AOAC 923.03 Ed.16 |
| Grasa | 11.24 | ICONTEC GTC, (6-1-1) |

2.1.2. Porcentaje de los residuos de cocción

En la Tabla 2, se observa un 67.78% de humedad presente en los residuos de cocción, seguido de proteína y finalmente grasa.

2.1.3. Agua de cocción

En la Tabla 3, se indica el contenido de sólidos totales, proteína y grasa, en el agua después del proceso de cocción.

2.1.4. Sebo sin tratar

En la Tabla 4, se presenta un contenido de 93.84% de sólidos totales, al igual que un valor de 1.01 en el índice de acidez.

Tabla 3. Agua de cocción.

| Análisis Físicoquímico % | Resultado | Método |
|--------------------------|-----------|-----------------------|
| Sólidos Totales | 4.89 | ICONTEC GTC 1(1-14-2) |
| Proteína | 1.71 | ICONTEC GTC 1(11-3-1) |
| Grasa | 1.73 | ICONTEC GTC, (6-1-1) |

Tabla 4. Sebo sin tratar con ácido.

| Análisis Físicoquímico | Resultado | Método |
|---|-----------|-----------------------|
| Índice de acidez (Expresados como ácido oleico) | 1.01 | NTC 218 |
| Índice Saponificación | 178.68 | NTC 335 |
| Peroxidación (meq O ₂ /Kg) | 1.90 | AOAC 965.33 Ed 15 |
| Humedad % | 6.16 | ICONTEC GTC 1(1-14-2) |
| Sólidos Totales % | 93.84 | EPA – 160.3 |

Tabla 5. Sebo tratado con ácido sulfúrico.

| Análisis Físicoquímico | Resultado | Método |
|---|-----------|-----------------------|
| Índice de acidez (Expresados como ácido oleico) | 9.51 | NTC 218 |
| Índice Saponificación | 197.39 | NTC 335 |
| Peroxidación (meq O ₂ /Kg) | 0.46 | AOAC 965.33 Ed 15 |
| Humedad % | 1.37 | ICONTEC GTC 1(1-14-2) |
| Sólidos Totales % | 98.63 | EPA – 160.3 |

2.1.5. Sebo tratado con ácido

En la Tabla 5, se indica un incremento en el índice de acidez y saponificación al compararlo con el sebo sin tratar, lo cual demuestra que en la hidrólisis ácida se liberan ácidos grasos, los cuales son determinantes en la producción de grasa.

2.2. Determinación de la temperatura óptima de producción de la grasa.

Se realizaron ensayos de laboratorio con unches de raza bovina, pesándolos en una balanza analítica y posteriormente se calentaron en un baño María, a una temperatura entre 50-95°C, durante 1 hora y dejando el sistema en reposo por un periodo de 15 minutos, el montaje se muestra en la Fig. 1. Finalmente se filtra y se pesa la grasa obtenida y se aplica la ecuación (1) para determinar el índice de grasa (I.G). El análisis se realizó por triplicado.

$$I.G. = \frac{W_{Grasa}}{W_{Unche}} \cdot I.G = \frac{W_{Grasa}}{W_{Unche}} \quad (1)$$

W_{Grasa} W_{Grasa} : Peso de grasa obtenida en el proceso en gramos, W_{Unche} W_{Unche} : Peso del unche en gramos.



Fig. 1. Montaje del sistema de cocción, escala de laboratorio.



Fig. 2. Montaje del sistema de cocción a escala piloto.

De la misma manera se realizó el proceso de cocción a escala piloto mediante el equipo que se muestra en la Fig. 2.

En la Fig. 2 se observa el reactor que funciona mediante un suministro de vapor en la parte inferior, el cual se encarga de suministrar el calor necesario para el proceso (1), una trampa de vapor (2) cuya función es descargar el condensado y una válvula (3) en el costado con el objetivo de drenar el tanque al finalizar el tratamiento.

2.3. Determinación de la cantidad de agua que se debe adicionar en el proceso de cocción.

Se varió la cantidad de agua, para tal fin se fraccionó el unche en 6 partes, y se adicionaron las siguientes cantidades de agua: 5, 10, 20, 50, 100, 200 mL en un baño de María y se varió la temperatura en el intervalo óptimo durante 1 hora, con reposo de 15 minutos. Finalmente se pesó la cantidad de grasa obtenida y se aplicó la ecuación (1). El análisis se realizó por triplicado.

De la misma manera se llevó el proceso de cocción a escala piloto mediante el equipo que se muestra en la Fig. 2.



Fig. 3. Montaje del isotanque sin adición de lodos de pelambre.

2.4. Diseño del tratamiento de agua

Al residuo líquido de la cocción se le realizó un proceso de coagulación-floculación, con el fin de purificar y reutilizar dicha agua en el proceso, ya sea en el propio descarte o para los lavados que se le realizan a la piel en la zona de pelambre.

Para tal fin se varió el volumen de coagulante 1075 usando el test de jarras a 2.5, 5, 10, 15, 25, 40 mL, cuya concentración fue de 66.5 g/L, bajo una concentración de ayudante de coagulación Exro 663 de 0.3 g/L.

Luego, se determinó la concentración óptima de coagulante; para tal fin se varió la concentración entre los siguientes valores 20, 40, 66.5, 100, 266, 400 g/L con una concentración fija de ayudante igual a 333.33 g/L.

Finalmente, se determinó la concentración óptima de ayudante de 0.01, 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 1 g/L con el valor de la concentración óptima de polímero. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.5. Proceso de tratamiento de los lodos de la zona de pelambre

Inicialmente se drenó la mayor cantidad de lixiviados procedentes de los lodos de pelambre: zona de almacenamiento tanto de carnaza como pieles frescas y planta de obtención de sebo, para tal fin se utilizó drenaje por gravedad mediante un isotanque al cual se le insertó una bolsa grande de tela de rafia de polipropileno, tal como se muestra en la Fig. 3.

Posteriormente, se realizó un proceso de compostaje, con el objetivo de obtener abono, y poder ser utilizado en la propia planta. Para ello, se realizó un estudio del tiempo para la obtención de abono, analizando parámetros como la temperatura, humedad, pH, calidad del humus mediante germinación de semillas de frijoles, maíz, guama, jazmín, manzano, entre otros.

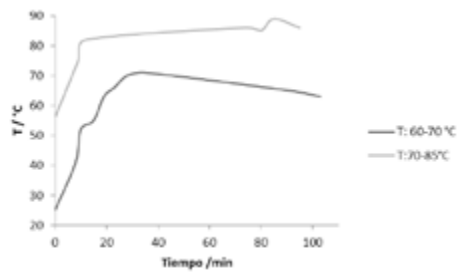


Fig. 4. Perfil de temperatura del proceso de cocción a escala de laboratorio.

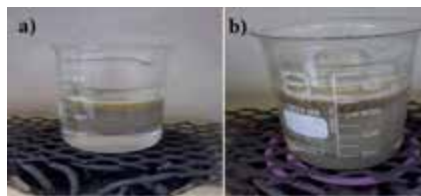


Fig. 5. Comparación del proceso de cocción a) Temperatura entre 60-70°C y b) Temperatura entre 70-85°C a nivel de laboratorio.

2.6. Diseño a nivel industrial del proceso de obtención del sebo

Mediante las condiciones de temperatura y tratamiento del agua de cocción, se realiza una propuesta de diseño con base en técnicas de dimensionamiento de equipos [8], con el fin de obtener la grasa, mitigando los efectos ambientales que se derivan de la producción de esta, para tal fin se empleó Microsoft Visio 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Determinación de la temperatura óptima de cocción

La temperatura adecuada en el proceso de cocción se presenta en un intervalo de 70-85°C, en ella se obtiene la mayor cantidad de grasa en un tiempo de 30 minutos, tal como se muestra en la Fig. 4, 5 y 6, es de anotar que a mayor temperatura de proceso, se requiere un mayor gasto energético y por consiguiente unos mayores costos de producción [8].

El perfil de índice de grasa vs temperatura se muestra en la Fig. 6.

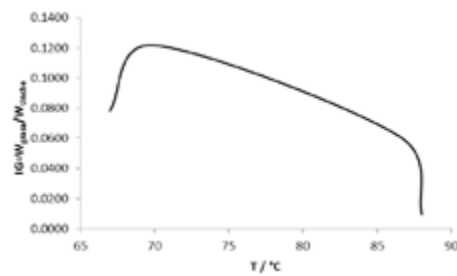


Fig. 6. Índice de Grasa vs Temperatura a escala de laboratorio.

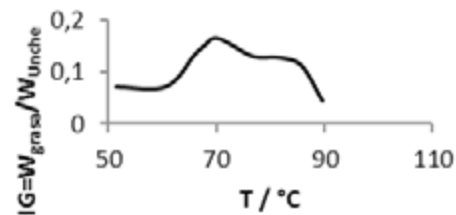


Fig. 7. Índice de Grasa vs Temperatura a escala piloto.

En la Fig. 6, se observa que a una temperatura de 70°C se logra obtener la mayor cantidad de grasa, con un índice de grasa de 0.12, mientras que a temperaturas menores de 67°C la producción de grasa disminuye notablemente. En tanto que para las temperaturas entre 85-88°C y superiores ocurre un fenómeno de desnaturalización de la proteína contenida en el unche; resultados similares fueron obtenidos a escala piloto en un tiempo de 30 minutos, dicho perfil se muestra en la Fig. 7, en donde a una temperatura de 70°C se obtiene la mayor cantidad de grasa (I.G=0.1669).

3.2. Cantidad de agua que se debe adicionar al proceso de cocción.

La cantidad de agua adecuada para el proceso de cocción a escala de laboratorio, se muestra en la Fig. 8, en esta puede notarse que la máxima producción de grasa es obtenida cuando el volumen de agua adicionado es de 50 mL, volúmenes mayores a éste valor consumen mayor energía y por ende mayor existe un gasto energético mas alto, incrementando así los tiempos de cocción [9].

De modo similar se realizó el análisis del volumen mas adecuado de agua adicionada al proceso en el reactor a escala piloto cuyo perfil se observa en la Fig. 9, donde el volumen de agua apropiado es de 1000 mL.

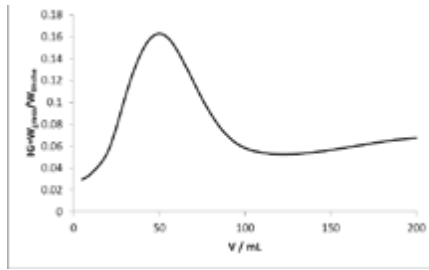


Fig. 8. Índice de grasa vs volumen de agua adicionado al proceso de cocción, escala laboratorio.

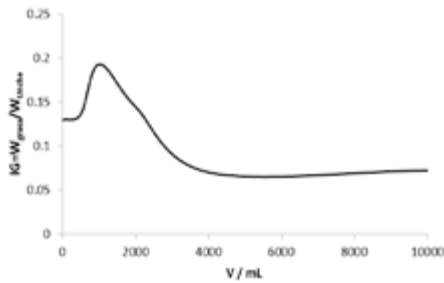


Fig. 9. Índice de grasa vs volumen de agua adicionado al proceso de cocción: a escala piloto.

3.3. Diseño de un sistema de tratamiento del agua de cocción.

Al finalizar el proceso de cocción, el residuo líquido se lleva a un proceso de coagulación-floculación obteniéndose un clarificado, el cual se reutilizará para la propia planta, siendo un método útil para la separación de partículas muy finas de naturaleza coloidal que presentan gran estabilidad en el agua. Por otra parte, los parámetros óptimos de operación en este proceso requieren ser establecidos de forma experimental [10], [23].

Se realizó un proceso de coagulación – floculación en donde se utilizó el coagulante 10075 y el ayudante de coagulación Exro 663 a una velocidad de agitación de 100-120 rpm, los cuales se agregaron al agua de cocción con el objetivo de llevar a cabo un proceso de separación, lo que conlleva a una disminución en la carga contaminante del efluente líquido. En la Tabla 6, se observa las características cuantitativas y cualitativas de dicho residuo.

Tabla 6. Características cualitativas y cuantitativas del residuo líquido de cocción.

| Parámetro | Observación |
|-------------------------------|-------------|
| Color | Gris |
| Densidad (g/cm ³) | 1.019 |
| T _{salida} (°C) | 70-85 |
| pH | 12.34 |
| Índice de acidez | 0 |

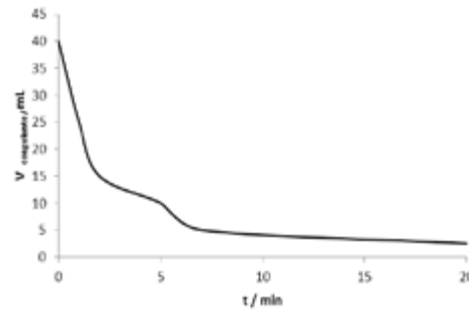


Fig. 10. Volumen óptimo de coagulante.

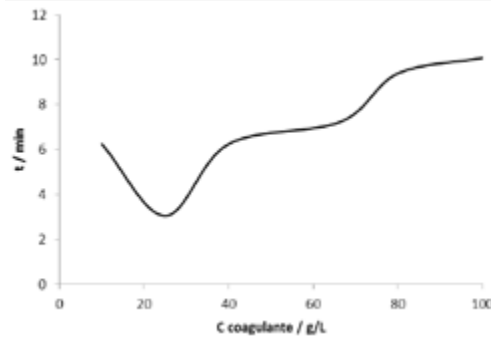


Fig. 11. Concentración óptima de coagulante.

La concentración adecuada de coagulante fue igual a 66.5 g/L y la concentración apropiada de ayudante de coagulación fue de 0.3 g/L, el comportamiento se relaciona en la Fig. 10.

En la Fig. 10, el volumen más adecuado de coagulante es de 10 mL.

Posteriormente se obtuvo la concentración óptima de coagulante adicionada al proceso, variando su concentración a 20, 40, 66.5, 100, 266, 400 g/L manteniendo fija la concentración de ayudante en 333.33 g/L, dicho comportamiento se muestra en la Fig. 11.

De la Fig. 11, se nota que la concentración óptima de coagulante es de 40 g/L. Se observa que poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos

es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada, mientras que alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños, cuyas velocidades de sedimentación son bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación [21]. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc [11], a su vez Flórez (2010), demuestra que la velocidad de agitación del equipo de clarificación está relacionada directamente con el número de colisiones entre las partículas suspendidas en el agua [12], mientras que Bermúdez (2009) indica que dicho proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo la turbidez con el correspondiente incremento del porcentaje de remoción, mientras que con el pH final disminuye ligeramente cuando se incrementa la dosis de coagulante respecto a cada valor de pH inicial [10].

Tinajero (2010) demostró que la adición de un polímero mejora el desempeño del proceso, es así como el polímero que mejor desempeño tuvo fue el polímero aniónico con dosis de 1 mg/L, donde las partículas menores a 5 µm se removieron hasta un 93 %, mientras que las mayores a 5 µm fueron separadas hasta en un 96.6 % [13].

De igual manera se determinó la concentración óptima de ayudante de coagulación variando dicha concentración a 0.01, 0.1, 0.3, 0.4, 0.5, 1 g/L con una concentración de polímero de 40 g/L, tal como se muestra en la Fig. 12.

La Fig. 12 indica que la concentración óptima de ayudante de coagulación es de 0.4 g/L.

Debido a que el clarificado obtenido posee una alta turbiedad, se requiere realizar nuevamente el proceso de coagulación; las características de este proceso se muestran en la Tabla 7 y Fig. 13.

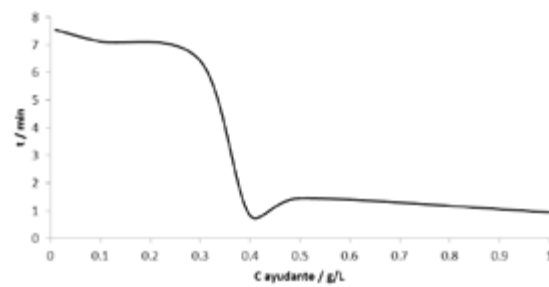


Fig. 12. Concentración óptima de ayudante.

Tabla 7. Características físicas del clarificado antes y después del proceso de coagulación.

| Parámetro | Observación |
|---------------------------------------|-------------|
| Densidad antes (g/cm ³) | 1.0065 |
| Densidad después (g/cm ³) | 1.0053 |
| pH antes coagulación | 12.27 |
| pH después coagulación | 12.07 |
| Color antes coagulación | Amarillo |
| Color después coagulación | Verdoso. |

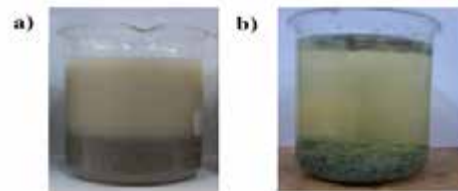


Fig. 13. Clarificado a) antes y b) después de la segunda corrida de coagulación-floculación.

3.4. Tratamiento de los residuos sólidos de la zona de pelambre.

El drenaje del agua en los lodos permite obtener un sedimento con una humedad de 50.23% a un pH de 12.35, a su vez se retira el lixiviado para poder así aplicar el proceso de compostaje. Se inició el proceso de drenaje del agua utilizando un isotanque en el cual se encontraba insertado un big-bag en su interior, esto se hizo para que por gravedad sea retirada el agua contenida en éste, dichas observaciones se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Observaciones proceso de drenaje de agua del residuo de la zona de pelambre.

| Día | W _{lodos} (Kg) | Agua drenada (%) | Imágenes |
|-----|-------------------------|------------------|---|
| 1 | 661 | 0 |  |
| 4 | 582 | 12 |  |
| 9 | 527 | 21 |  |
| 12 | 505 | 24 |  |
| 13 | 432 | 34.64 |  |

Imágenes



Observaciones

- Residuo sin olor aparente
- Color grisáceo
- Residuo sólido duro y compacto

Fig. 14. Características Cualitativas del lodo drenado.

Las características cualitativas del residuo sólido obtenido del proceso de drenaje del agua se muestran en la Fig. 14.



Fig. 15. Pila de compostaje.

Tabla 9. Características Cuantitativas y cualitativas del abono obtenido.

| Parámetro | Observación |
|----------------------------------|-------------|
| Olor | No Olor |
| Color | Café |
| Densidad (g/cm ³) | 0.518 |
| pH antes del compostaje | 11.35 |
| pH después del compostaje | 6.87 |
| Humedad % antes del compostaje | 50.23 |
| Humedad % después del compostaje | 45.78 |

Con el lodo drenado de los residuos sólidos de la zona de pelambre: zona de almacenamiento tanto de carnaza como pieles frescas y planta de sebo, se realizó un proceso de obtención de abono, dado su origen orgánico, puede ser manejado mediante el compostaje [14], siendo ésta una técnica económica de realizar para el tratamiento de residuos sólidos [15], para tal fin se realizó una pila de compostaje aerobio con volteo manual cada semana para facilitar tanto la aireación de la pila como la humedad del mismo [16].

Se utilizaron hojas secas de la siguiente forma: en la parte inferior de la pila se colocaron 98.6 kg, mientras que en la parte superior se dispusieron 148.5 kg, debajo de estas hojas estaba el lodo drenado o residuo sólido con una masa igual a 432 kg. Las dimensiones de la pila fueron de 304 cm de largo y 302.4 cm de ancho, como se muestra en la Fig. 15.

De acuerdo con Cardoso y Ramírez (1991), los desechos de la curtiduría presentan la problemática del pelo, el cual está constituido por proteínas de lenta degradación [17] por esta razón luego de 51 días de proceso de compostaje se obtuvieron 458 kg de abono. Las características cuantitativas y cualitativas se muestran en la Tabla 9.

La temperatura de la pila de compostaje durante 51 días de compostaje se muestra en la Fig. 16.

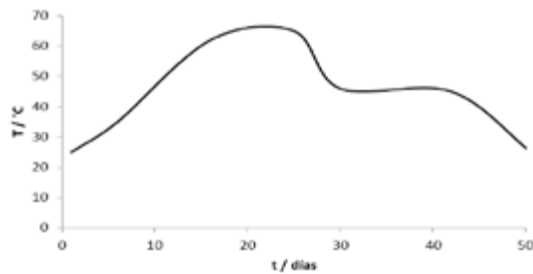


Fig. 16. Perfil de temperatura de la pila de compostaje.

De acuerdo con la Fig. 16, se registran temperaturas superiores a los 55°C lo que indica que se logró sanitización del compost. En un tiempo mayor de 10 días, las pilas superan los 40°C pasando de la etapa mesotérmica a termofílica, similares resultados fueron obtenidos por Ravindran y Sekaran (2010) [15], Cuervo (2010) [19].

Se aprecia una etapa termófila de 30 días, cuya temperatura máxima es de 65°C, de acuerdo con Mustin (1987) en Martínez (2004), sugiere etapas termofílicas más largas en la medida en que el sustrato es más difícil de degradar [18], de igual manera Cardoso y Ramírez (1991) demuestran que el composteo de lodos residuales en pila estática logra reducir en 100% la concentración de patógenos; la reducción significativa de tóxicos orgánicos, como antraceno, aldrín y la dilución de la concentración de metales pesados [11], similares resultados fueron obtenidos por Ramos y otros (2004) [19].

La humedad de la pila al iniciar el proceso de compostaje fue de 50.23% y al finalizar fue 45.78%, se mantuvo en el intervalo óptimo para su descomposición de acuerdo a lo reportado por Guerrero (2007) [16].

Con el fin de conocer si el abono cumple con ciertos parámetros de crecimiento de las plantas [24], se tomaron 12 bolsas con el abono obtenido y se le realizó una siembra de semillas: cuatro de frijol, tres de maíz, tres de guama, una de jazmín, una de manzano, en donde su crecimiento fue uniforme durante 55 días. En la Fig. 17, se evidencia el crecimiento de las anteriores semillas.



Fig. 17. Crecimiento de las plantas con el abono obtenido.

3.5. Diseño a nivel industrial del proceso de obtención del sebo.

Con el fin de realizar la optimización de los tanques es necesario evaluar: el diseño tanto de los tanques de sebo, tanque de coagulación-floculación, agitadores y bombas al igual que la red de tubería, almacenamiento del agua y válvulas necesarias para la operación del proceso.

3.6.1. Diagrama de flujo básico del proceso de obtención del sebo.

El diagrama de proceso se observa en la Fig. 18, para el cual se utilizó el programa Microsoft Visio 2010.

En la Tabla 10, se muestran los diferentes equipos con sus dimensiones básicas, [8] donde se propone realizar el proceso de cocción con la ayuda de un intercambiador de calor tipo chaqueta a una temperatura de 70°C.

Cabe resaltar que la descarga del ácido sulfúrico al tanque extractor de grasa se debe realizar lo más cerca al eje del sistema de agitación [21] debido a que de esta manera se favorece el contacto del ácido con el sebo ya que cerca del eje se crea un vórtice que actúa como túnel entre la superficie y el fondo del tanque [22].

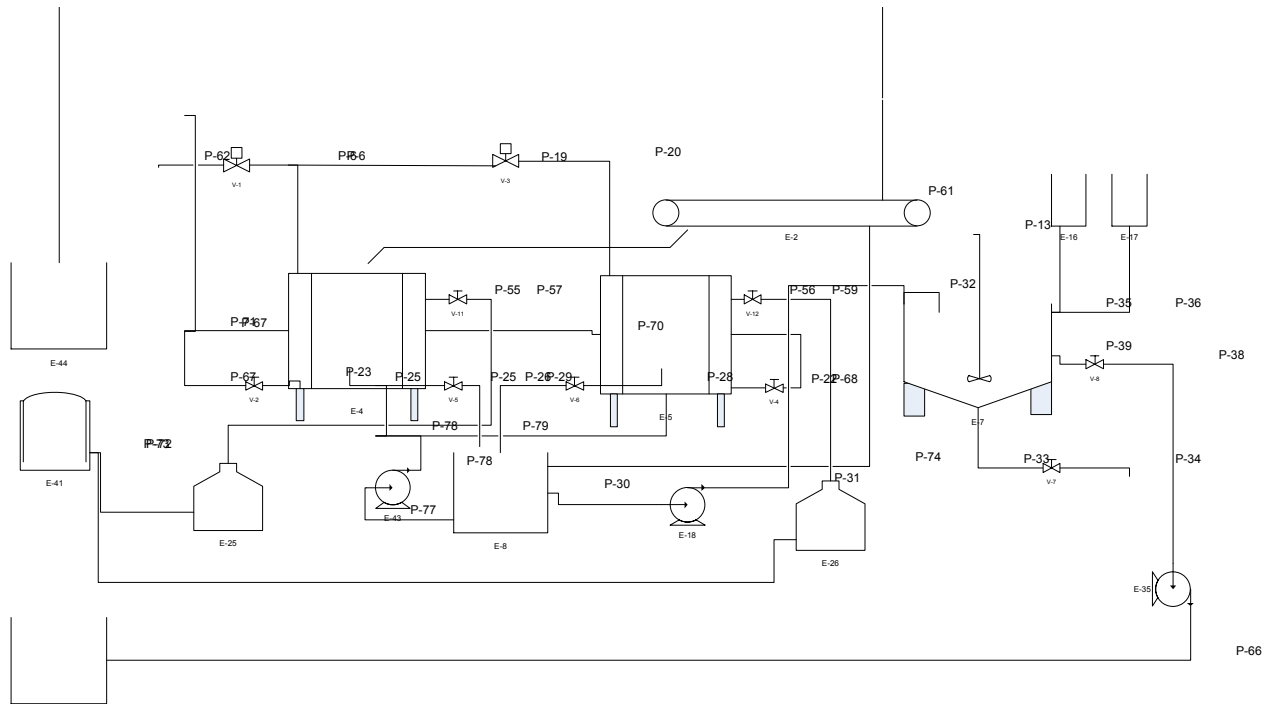


Fig. 18. Diagrama de flujo del proceso de obtención de sebo optimizado.

Tabla 10. Dimensionamiento básico del proceso de producción de sebo.

| EQUIPOS | | | | | | |
|------------|-------------------------|--------------------------------|----------|-----------|------|-------------------------|
| | Descripción | Tipo | Cantidad | Capacidad | | Material deconstrucción |
| E-2 | Banda Transportadora | Perforada | 1 | WEje[HP] | 2.0 | Acero inoxidable |
| E-7 | Tanque | Coagulación-Floculación | 1 | V[m3] | 17.0 | Acero inoxidable |
| E-25; E-26 | Tanque | Recepción Grasa | 2 | V[m3] | 3.0 | Madera |
| P-32 | Agitador | Tanque Coagulación-Floculación | 1 | WEje[HP] | 2.0 | Acero inoxidable |
| E-43;E-18 | Bomba | Diafragma | 2 | WEje[HP] | 2.0 | Acero inoxidable |
| E-35 | Bomba | Centrifuga | 1 | WEje[HP] | 2.0 | Acero inoxidable |
| P-23 | Aislante tanques | Tanques de Proceso | 2 | □[cm] | 0.01 | Acero inoxidable |
| P-23; P-70 | Intercambiador de Calor | Chaqueta | 2 | A[m²] | 0.9 | Acero inoxidable |
| V-7,11,12, | Válvula | Industrial | 3 | Q[m3/h] | 3.0 | Acero inoxidable |
| V-2; V-5 | Válvula | Trampa de Vapor | 2 | Q[m3/h] | 3.0 | Acero inoxidable |
| V-1,2,8 | Valvula | Control | 3 | Q[m3/h] | 3.0 | Acero inoxidable |
| C-1,2,3 | Controladores | Nivel, Flujo | 3 | | | Acero inoxidable |
| E-8,27 | Tanque | Pozo | 2 | V[m3] | 30.7 | Asfalto |
| CA-1 | Canoa | Recepción del Unche | 1 | | | Acero inoxidable |

4. CONCLUSIONES

Se logró mostrar a nivel de laboratorio, que en el proceso de cocción el incremento en el volumen de agua en el proceso a un valor superior de 50 mL, produce una disminución del índice de grasa de 0.16 a 0.06.

La temperatura adecuada en el proceso de cocción se presenta en un intervalo de 70-85°C, en ella se obtiene la mayor cantidad de grasa en un tiempo de 30 minutos con un índice de grasa de 0.12 a escala de laboratorio y de 0.16669 a escala piloto; mientras que el volumen de agua adecuada a escala de laboratorio fue de 50 mL en tanto que a escala piloto fue igual a 1000 mL.

Por medio del proceso de coagulación-floculación, se obtuvo un clarificado que puede ser utilizado en el proceso de lavados en la zona de pelambre.

Al residuo líquido obtenido del proceso de cocción se le realizó un proceso de coagulación – floculación en donde se utilizó el coagulante 10075 y el ayudante de coagulación Exro 663 a una velocidad de agitación de 100-120 rpm, donde la concentración óptima de coagulante fue igual a 40 g/L y la concentración apropiada de ayudante de coagulación fue de 0.4 g/L.

Se realizó un proceso de drenaje de los lixiviados del residuo sólido producido en la zona de pelambre por medio del cual se perdió 32.62% de humedad en 44 días, posteriormente se realizó un proceso de compostaje de 51 días en donde se obtuvo 458 kg de abono.

Se realizó un prototipo de planta de obtención de sebo con su diagrama de flujo y dimensionamiento de equipos a partir de los análisis de temperatura óptima de cocción y cantidad de agua que se debe adicionar al proceso de cocción, siendo este un aporte a la industria curtidora.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a Curtimbres de Itagüí S.A., prestador de las instalaciones y laboratorio para llevar a efecto el presente artículo.

REFERENCIAS

- [1]. A. Rojas, V. Franklin. “Estudio económico-financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas de residuos de descarte ‘Unche’ derivados del proceso de curtición en el municipio de Villapinzón- Cundinamarca”. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, 2010.
- [2]. Konrad C, Bichler B, Moser G., “General waste management guidelines for tanneries. Internal Report of University de Concepción (Chile)”. 1999.
- [3]. M. P. Ramón, V. S. Gladys, L. Karl E, R. M. Fernando. Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad de Santiago de Compostela, 2007.
- [4]. Comisión Nacional del Medio Ambiente. “Fabricación de Grasas y Aceites Vegetales y Subproductos”. Fecha julio de 1998. Edición Primera.
- [5]. R. Julián, G. Rodrigo, B. Mariluz. “Diseño básico de un equipo para extracción de grasa a partir del proceso del descarte”. *Revista Investigaciones Aplicadas*. Vol. 4, No.2, pp. 87-96, 2010.
- [6]. T. Feral. “Perspectives on supercritical fluid processing of fats and oils”, *J. of Supercritical Fluids*, pp. 583-590, 2009.
- [7]. J.M. Adzet. “Química y Técnica de la Tenería. Procesamiento de Pieles, Romanyá Nalls”, Barcelona, 1985.
- [8]. H. U., Carlos Andrés. Simulación y evaluación de procesos químicos. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, 2006.
- [9]. Instituto de investigación y desarrollo de procesos químicos – Ing Química- UMSA. Aprovechamiento de residuos grasos de matadero y curtiembres. pp. 12, 2004.
- [10]. C. B. Xiomara, F. R. Marisol, C.M. Ana M. “Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil “desembarco del Granma” a escala de laboratorio”. En: *Tecnología Química* Vol. XXIX, 2009.
- [11]. Y. C. Andía. Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico. pp.17, 2000.
- [12]. C. F. Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del hidróxido de aluminio. Ingeniero de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. pp.25, 2010.
- [13]. A. Tinajero, J. Magaña, A. Chávez y B. Jiménez. “Determinación del cambio de distribución de las partículas de acuerdo a la dosis de coagulante y floculante aplicado en un proceso fisicoquímico”. Instituto de Ingeniería. Grupo de Tratamiento y Reúso. UNAM, pp.1-6, 2002.

- [14]. Í. Gilberto, R. Ramón, V. Gil. Compostaje de material de descarte y aguas residuales de la industria curtidora. *Rev. Int. Contam. Ambient.* pp. 113-123, 2006.
- [15]. B Ravindran, G. Sekaran. "Bacterial composting of animal fleshing generated from tannery industries". *Waste Management*, pp. 2622–2630, 2010.
- [16]. G. E. Jhoniers, M. P. Jaime A. Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *Cientia et Technica Año XIII, No 34, Universidad Tecnológica de Pereira*, pp. 595-600, 2007.
- [17]. C. V. Lina, R. C. Esperanza. Tratamiento y aprovechamiento de curtiduría por composteo y vermicomposteo. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 1-11, 1991.
- [18]. C. F. Nelson Fabián. Estudio del proceso de compostaje de los lodos producidos en la operación de pelambre en la industria de curtido de pieles. Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Ingeniería Ambiental: Grupo de Investigación en Residuos y Procesos Biológicos. 2008.
- [19]. Contreras-Ramos S. M., Alvarez-Bernal D., Trujillo-Tapia N., Dendooven L. Composting of tannery effluent with cow manure and wheat straw. *Bioresource Technology*, pp. 223-228, 2004.
- [20]. A. C. Yolanda. (2000, April.). "Tratamiento de agua: coagulación floculación". SEDAPAL, pp. 1-44. [Online] Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.
- [21]. I. Bouwmans, A. Bakker, D. Van, H.E.A. Akker. Blending liquids of differing viscosities and densities in stirred vessels. *Institution of Chemical Engineers*, pp.777-783, 1997.
- [22]. S. Bhattacharya, S. M. Kresta. Reactor performance with high velocity surface feed. *Chemical Engineering Science*, pp. 3033-3043, 2006.
- [23]. G. Lofrano, S. Meriç, G. E. Zengin, D. Orhon. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. *Science of the Total Environment*, pp. 265-281, 2013.
- [24]. N. Moraes, V. P. Costa Neto, A. S. Ferreira de Araújo, M. V. Barreto Figueiredo, A. Bonifacio, A. C. Rodrigues. *Bradyrhizobium sp.* inoculation ameliorates oxidative protection in cowpea subjected to long-term composted tannery sludge amendment. *European Journal of Soil Biology*, pp. 35-45, 2016.