

Análisis del tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarte en curtiembres

Yelitza Aguas Mendoza
Universidad de Sucre
yelitza.aguas@unisucre.edu.co

Rafael Olivero Verbel
Universidad del Atlántico
rafaelolivero@mail.uniatlantico.edu.co

Iván Mercado Martínez
Universidad del Atlántico
ivanmercado@mail.uniatlantico.edu.co

Katia Cury Regino
Universidad de Sucre
katiacury@hotmail.com

Cesar Martínez Betancourt
ACONDESA
cmartinez_8401@hotmail.com

Ana Paris Pérez
Universidad de Sucre
anam46@hotmail.com

(Tipo de Artículo: Investigación Ciencia y Tecnología. Recibido el 19/10/2015. Aprobado el 17/04/2016)

Resumen. Se analizó el tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarte, del proceso de curtición semiartesanal desarrollado en Sampués, Departamento de Sucre (Colombia). Para su desarrollo se seleccionó una muestra de carnaza representativa, homogénea y con menos tiempo de almacenamiento. Dicha muestra se redujo al tamaño de 1 cm² y se conservó refrigerada para posteriormente realizar los análisis de grasa, pH y presencia de cal. Los baños termotratados de descalcado se realizaron a tres temperaturas diferentes (26, 30 y 35 °C). Se utilizó como agente descalcante el ácido sulfúrico en tres concentraciones (3, 2 y 1 N). Además se usó un sistema de agitación simulando el bombo en proceso industrial. Se llevaron a cabo nueve pruebas con tres repeticiones para mayor confiabilidad de los datos, en donde se determinó la correlación existente entre las variables independientes, temperatura y concentración, sobre la cal impregnada y los resultados de grasa en cada una de las muestras en un tiempo de 4 y 8 h.

Finalmente el estudio demostró que se puede retirar la cal y mantener el porcentaje de grasa, en los residuos de descarte, manteniendo una temperatura en el bombo de 30 °C y una concentración de ácido sulfúrico de 2 ó 1 N durante 4 h.

Palabras clave. Baños termotratados, Cal, Carnaza, Curtiembre, Descarnado, Descalcado.

Analysis of the ideal treatment using baths thermo-treated for the separation of lime of the residues when flesh is stripped from animal in tanneries

Abstract. The ideal treatment using baths thermo-treated for the separation of lime of the residues when flesh is stripped from animal, of the process of tanned semi-handcrafted developed in Sampués, Sucre Department (Colombia), was analyzed. A fleshing waste representative sample, homogeneous and with less storage time was selected for its development. The sample was reduced to the size of 1 cm² and it kept refrigerated for later perform analysis of fat, pH and presence of lime. The baths thermo-treated of lime-coated to three different temperatures (26, 30 and 35 °C) were realized. The sulphuric acid as agent lime-coated in three concentrations (3, 2 and 1 N) was utilized. In addition a system of agitation simulating the bass-drum was used. Nine tests were carried out by three repetitions for major reliability of the information, where the existing correlation decided between the independent variables, temperature and concentration, on the impregnated lime and the results of fat in each of the samples in a time of 4 and 8 h.

Finally the study demonstrated that it is possible to withdraw the lime and support the percentage of fat, in the residues of remove the flesh, always and when the treatment is realized by a temperature of 30 °C and using a sulphuric acid concentration of 2 ó 1 N for 4 h.

Keywords. Baths thermo-treated, Lime, fleshing waste, Tannery, Stripping of flesh, Lime-coated process.

1. Introducción

En una curtiembre se someten las pieles de animales, especialmente vacunos y caprinos, a varios procesos con diferentes sustancias llamadas curtientes y otras operaciones, con la finalidad de generar cambios químicos y físicos en las pieles, para convertirlas en un material duradero llamado cuero o piel curtida, siendo casi imputrescible, apenas permeable al agua, suave, elástico y flexible [1]. Esta Industria ofrece una amplia gama de bienes de consumo, tales como zapatos, ropa, bolsos, entre otros; transformando un producto de desecho de la industria de alimentos en uno deseable y útil [2]. Es importante resaltar que 20·10⁹ bovinos sacrificados generan 1·10⁹ Kg de cuero [3].

El proceso de fabricación del cuero realizado en una curtiembre implica tres etapas. En la primera fase

llamada ribera se busca mecánicamente y químicamente limpiar las pieles de elementos que afecten la siguiente etapa, aislar la dérmis y dejarla dispuesta para absorber los curtientes [1]. Además, este proceso realizado de manera convencional, es responsable del 70% de la contaminación total generada a través de una curtiembre [4].

La conservación de las pieles representa uno de los principales problemas de las curtiembres. Los métodos más comunes para reducir la actividad bacteriana son secar, refrigerar o salar las pieles lo más pronto posible. Esta última técnica es la más usada. Sin embargo, libera en el agua residual gran cantidad de ión cloruro [3].

Inicialmente las pieles se salan y se seleccionan; luego se cortan las orejas, cola y extremidades [1]; posteriormente se remojan o empapan con agua en

presencia de aditivos, agentes humectantes o tensoactivos como soda cáustica, bicarbonato de sodio y otros álcalis, a fin de eliminar el exceso de sal y otros sólidos adheridos a las pieles [1, 2, 5]. La sal se puede eliminar mecánica o manualmente antes de adicionar el agua, para lograr reducir las concentraciones de cloruros en las aguas residuales. Además puede ser recuperada [3]. También se usan enzimas durante el remojo para disminuir el tiempo del depilado [4], [6]; después se elimina el pelo y la epidermis presente en las pieles, mediante un ataque químico alcalino compuesto de cal llamado encalado, sulfuro de sodio y agua para blanquearlas [4, 7], o mediante un ataque enzimático, usando proteasas en solución acuosa [7], [8]. A veces se adiciona algún agente coadyuvante como tensoactivos, humectantes y aminas [7].

El componente más importante de las pieles es el colágeno [8]-[10]. En los bovinos, las pieles están compuestas por 64% de agua y 33% de proteínas, entre las que se encuentran el colágeno (29%), la queratina (2%), elastina (0,3%), albúminas y globulinas (1%), mucinas y micoides (0,7%). Como componentes menores, las pieles contienen grasas (2%) y otras sustancias, tales como materia inorgánica (0,5%), pigmentos (0,5%), entre otros [3].

En el depilado se saponifican en forma parcial las grasas naturales y se dilatan las fibras de las pieles, preparándolas para absorber los curtientes [1]. Se modifica químicamente el colágeno presente en las pieles y se hincha generando una estructura más abierta [3, 9]. El agua absorbida por las pieles ayuda a la apertura de sus fibras. Muchas sustancias son destruidas en el depilado, albúminas y globulinas, mucinas y micoides, grasas, entre otras [3, 10].

Para eliminar el pelo de las pieles se utilizan grandes cantidades de agua, y su descarga residual representa el mayor aporte de carga orgánica de una curtiembre [7], [11]; además de contener sulfuro de sodio y cal al utilizar un ataque químico, el residuo tiene un elevado pH que oscila entre 11 a 12 [7], también se generan sulfuros como el sulfuro de hidrógeno [6], gas tóxico e incluso letal (a 200 ppm) y una gran cantidad de sólidos suspendidos [4]. El ataque químico descompone la estructura del pelo en la raíz porque reduce la queratina [3].

También se utiliza para eliminar el pelo el ataque enzimático que reduce la contaminación orgánica, y disminuye los niveles de nitrógeno y sulfuros, así como tiempo de proceso [4, 6, 12]. Además, los pelos intactos se pueden recuperar por filtración porque las enzimas atacan la conexión entre el pelo y la dermis, lo que facilita la liberación de pelo, no lo destruyen [4, 11]. Estos pueden ser usados en la producción de fertilizantes, alimento para aves de corral, biogás, o para la extracción de la queratina para cosméticos o fines farmacéuticos [4].

A continuación las pieles son descarnadas, es decir, se eliminan residuos de tejido, músculos o grasa adheridos [2]; por último se separa mecánicamente la capa superior o dermis, de la capa inferior o hipodermis

de las pieles, también llamada carnaza. Esta última capa se utiliza en la fabricación de diversos artículos como guantes, juguetes caninos [1], delantales de tipo industrial, forros internos de bolso [13], gelatinas [14], [15].

En la segunda fase llamada curtido se busca mejorar algunas de las propiedades naturales de las pieles, retirar cualquier material no deseado, estabilizar químicamente la estructura de la dermis y al mismo tiempo evitar su putrefacción [3].

Inicialmente los productos alcalinos, cal y sulfuro de sodio, se eliminan del interior de las pieles, mediante el uso de soluciones acuosas de ácidos que neutralizan las pieles. Entre los químicos que se manejan están los ácidos: sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico y sus mezclas; las sales de amonio, el bisulfito de sodio [7], dióxido de carbono [16], también se adicionan enzimas pancreáticas (proteasas) y bacteriales con el fin de modificar la proteína de las fibras de las pieles y convertirlas en suaves y flexibles favoreciendo la penetración de los curtientes [1]; proceso al cual se le denomina desencalado [1, 7] y se realiza en tambores a una temperatura que oscila de 27-32 °C [2]. Se continúa con el piquelado que consiste en tratar las pieles con ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, acético (vinagre) y con sales como cloruro sódico, para dar a la piel un pH entre 2 y 3.5 [1]; luego las pieles reciben el curtiente que eleva el pH, siendo generalmente una sal de sulfato crómico [2, 3, 16].

En el curtido se aplica a las pieles un curtiente vegetal o mineral para formar los cueros, resistentes a la degradación física o biológica, convirtiéndose en materiales estables [1], los curtientes vegetales son principalmente taninos y requieren de tres semanas para que penetren en las pieles [2], mientras los curtientes minerales son compuestos químicos inorgánicos derivados especialmente de cromo, circonio, hierro y aluminio [1]. Las pieles curtidas a base de cromo son más suaves, más estables al calor y al agua, y requieren menor tiempo de penetración que las pieles curtidas a base de taninos [2, 4]; posteriormente se busca mecánicamente, mediante su escurrido, que el cuero pierda humedad y aumente su área; por último también mediante una manera mecánica, se disminuye el calibre de los cueros hasta obtener un espesor uniforme [1].

En la tercera fase llamada acabado se busca que las pieles puedan ser nuevamente curtidas usando químicos. Inicialmente los cueros se someten a un recurtido, es decir, nuevamente a curtientes como el cromo [1], siempre y cuando en la fase de curtido se hayan utilizado curtientes de tipo vegetal [2]. Luego se tiñen los cueros y se adicionan aceites [2], dándoles mayor elasticidad, textura y brillo. Para fijar los engrasantes y colorantes se emplea ácido fórmico o sulfúrico [1]; posteriormente mecánicamente se secan los cueros [2, 3]; por último se les aplica tratamientos de superficie para darles mayor resistencia contra las condiciones ambientales, mejorar sus brillos y textura [1]. El pH del cuero acabado oscila entre 3.8 y 4.2 [2].

Actualmente, Asia es el líder mundial en la producción de cuero o piel curtida, siendo China el país más sobresaliente en este sector industrial, junto con la India y Hong Kong [3]. Le sigue la Unión Europea [16] con más de 3000 curtiembres especializadas en cuero para calzado, ropa, muebles y sector automotriz [3]. En Colombia funcionan aproximadamente 800 empresas de curtiembres [1], y muchas se caracterizan por tener un proceso productivo artesanal [17]. Las pieles colombianas se usan principalmente para la fabricación de zapatos [18].

En una curtiembre, 1000 kg de piel cruda se convierten en 150 kg de cuero o piel curtida, generándose 850 kg de residuos sólidos [2] y se utilizan 450 Kg de insumos químicos [19]. En general, este sector industrial se caracteriza por el uso de grandes cantidades de productos químicos, el alto consumo de agua potable y la generación de cargas contaminantes significativas sobre el medio ambiente [10, 17, 20]. Sin embargo, es posible controlar sus impactos y reducirlos a niveles tolerables, tomando las medidas y precauciones necesarias [21], incorporando en el proceso productivo los nuevos métodos que ofrecen la posibilidad de disminuir el tiempo de operación, los químicos y el agua utilizada [16].

Uno de los residuos sólidos generados en las curtiembres son las hipodermis o carnazas de las pieles impregnadas de los productos alcalinos, cal hidratada (hidróxido de Calcio) y sulfuro de sodio, como consecuencia del proceso de encalado de la fase de ribera [13]. Las carnazas representan entre un 20-35% del peso inicial de las pieles [19]. Son tiras formadas de tejido adiposo, conjuntivo y muscular que pueden ser aprovechadas en el sector cosmético, para elaborar concentrados para animales, jabones, gelatinas, para el mismo tratamiento del cuero porque se usa junto con los aceites en el engrase, entre otros usos. Dejan de ser un desecho de las curtiembres para convertirse en una fuente de materia prima [13, 19, 22, 23].

Las carnazas pueden generar efectos negativos sobre el medio ambiente, como malos olores, emisión de sulfuros, amoníaco y otros solventes; proliferación de insectos, roedores y aves de rapiña, por ser un material putrescible; y provocan enfermedades de tipo respiratorio, intestinales y dermatológicas [13]. En Colombia, se utilizan como abono en la fertilización de pastizales que tardan un año en asimilarlo. Sin embargo, también se depositan en botaderos ilegales a cielo abierto localizados en sitios rurales [19]. En menor proporción se usan para producir concentrados para cerdos, con un alto valor proteínico [13]. Sin embargo, es necesario suplementar con aminoácidos sintéticos, debido al desbalance en este componente esencial para estos animales [24]. Además, las carnazas se emplean como materia prima para gelatinas [14, 15].

Para aprovechar como materia prima las hipodermis o carnazas de las pieles de las curtiembres, inicialmente se debe realizar un proceso de desencalado. De esta forma, se eliminan los productos alcalinos adheridos y absorbidos en su interior. Se debe evitar un hinchamiento excesivo de estas [13, 22].

El objetivo de este estudio fue analizar la aplicación de la técnica de desencalado, como herramienta para retirar la cal hidratada y mantener el más alto porcentaje de grasa en las carnazas de la curtiembre del municipio de Sampués, Departamento de Sucre en Colombia; buscando condiciones favorables para su aprovechamiento como materia prima y dejar de verlas como un desecho del proceso.

2. Metodología

Primero se recolectó carnaza bovina, proveniente del proceso de fabricación del cuero realizado en una curtiembre, ubicada en la región de la Costa Atlántica Colombiana, específicamente en Sampués (Sucre). Posteriormente se seleccionó una muestra representativa y homogénea de estos residuos sólidos. Luego se escogieron varias partes de la misma, se redujeron de tamaño hasta obtener 1 cm² aproximadamente, y se conservaron refrigeradas hasta que se emplearon.

Para analizar el método de desencalado, aplicando baños termotratados tipo bombo en los residuos de descarnado objeto de estudio, se utilizaron agitadores eléctricos, modelo ER 10, que lo simulaban. Estos ensayos a escala laboratorio, se realizaron en las instalaciones de la planta piloto de procesos agroindustriales de la universidad de Sucre. Para lo cual se usó un diseño experimental de tres factores multinivel; siendo dos factores evaluados en tres niveles: temperatura (26, 30 y 35 °C) y ácido sulfúrico como agente desencalante (1, 2 y 3 N), y un factor evaluado en dos niveles: tiempo de proceso (4 y 8 h); que permitió considerar el porcentaje de grasa (%) en las carnazas como variable respuesta.

Se estableció el porcentaje de grasa usando el método Soxhlet. Durante 5 h en este análisis, se manipuló bencina de petróleo como solvente para extraer la grasa que se presentó en las muestras [25], antes y después de ser sometidas al proceso de desencalado simulado. Estas pruebas de laboratorio se realizaron en un Soxhlet extractor de grasas digital, modelo S - 2E, marca E&Q.

Se determinó la presencia de cal, adicionando un indicador de pH (fenolftaleína) a las muestras, previamente y posterior al tratamiento de desencalado realizado a escala laboratorio. El color rosado como resultado de este análisis químico, indicó que las carnazas objeto de estudio, presentaban un pH mayor a 8,2 porque el proceso de desencalado aun no había terminado, y por tanto existía la presencia de cal. Sin embargo, en este análisis, cuando las carnazas se volvieron incoloras, se reveló que poseían un pH menor a 8,2 porque el proceso de desencalado había terminado [26]. También se utilizó un pHmetro de mesa previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7, modelo UB-10, marca Denver Instrument, para medir el pH presente en cada una de las muestras.

Para evaluar la presencia o ausencia de cal en las muestras se estableció una escala de medición, para lo cual se utilizó el número 0 como un indicador de su

carencia, y el número 1 como un valor que representó su presencia.

Se elaboraron réplicas por triplicado de las simulaciones de los baños termotratados tipo bombo, de tal manera que pudieran analizarse estadísticamente.

El diseño experimental factorial multinivel planteado, tiene la estructura $3 \cdot 3 \cdot 2$ y permitió investigar el efecto individual y la interacción entre los factores sobre el porcentaje de grasa de la carnaza proveniente de la curtiembre objeto de estudio. Para esta investigación se elaboró un análisis de varianza, ANOVA, con una confiabilidad del 95 %, mediante el programa estadístico Statgraphics Centurium II demo.

Posteriormente se empleó la prueba de rangos múltiples, con el mismo nivel de confiabilidad (95 %), que determinó los niveles de los factores que generaron un mayor efecto sobre la variable respuesta.

3. Resultados y análisis

Las condiciones iniciales de los valores promedios obtenidos de la carnaza proveniente de la curtiembre, antes de ser sometida al proceso simulado de baños termotratados tipo bombo, fue: 84,80 % de grasa y 11,05 de pH. La presencia de cal se evaluó de una manera cualitativa, su resultado fue positivo y se representó con el número 1.

La Carnaza está compuesta por agua, proteínas, grasas y sales minerales. Las proteínas están formadas por fibras de colágeno y elastina Son triglicéridos de ácidos grasos sólidos de tipo palmítico y esteárico y ácidos grasos líquidos tipo ácido oleico. [13].

El matadero San Jorge, en Cochabamba (Bolivia), desde el año 1992 viene desarrollando métodos de extracción de grasa a partir de sus residuos, transformándolos en materia prima para la elaboración de jabón. En La Paz, Bolivia, en el año 2004 el Instituto de investigación y Desarrollo de Proceso Químicos de la Universidad Mayor de San Andrés, realizó un proyecto de investigación en el cual se determina el procedimiento para la fabricación de ácidos grasos a partir de la grasa obtenida de los desechos de mataderos y curtiembres [19].

Lo anterior demuestra que la carnaza puede ser aprovechada para múltiples usos. Sin embargo, la curtiembre objeto de estudio, la dispone finalmente en un relleno sanitario.

Las condiciones finales de los valores promedios obtenidos de los residuos de descarte, después de haber sido tratados durante 4 h con el proceso simulado

de baños termotratados tipo bombo, como método de descalcado; se dan a conocer en la Tabla 1. En general, se observa que no se detectó presencia de cal, su ausencia se simbolizó con el número 0. Al utilizar una dosis de 1 N de ácido sulfúrico como agente descalcante, y 26 °C como temperatura de proceso; se logró determinar el más alto porcentaje de grasa, equivalente a 82,72 %. Sin embargo, el valor más bajo de este parámetro químico fue 70,84 % y se obtuvo al emplear una temperatura 35 °C y una dosis de 3 N de ácido sulfúrico.

Tabla 1. Condiciones de la carnaza después de 4 h del proceso de descalcado simulado

T NH ₂ SO ₄	% grasa	pH	Presencia de cal
26 °C 3 NH ₂ SO ₄	80,21	7,38	0
26 °C 2 NH ₂ SO ₄	82,18	7,42	0
26 °C 1 NH ₂ SO ₄	82,72	7,58	0
30 °C 3 NH ₂ SO ₄	74,20	7,40	0
30 °C 2 NH ₂ SO ₄	76,36	7,49	0
30 °C 1 NH ₂ SO ₄	79,70	7,52	0
35 °C 3 NH ₂ SO ₄	70,84	7,68	0
35 °C 2 NH ₂ SO ₄	78,08	7,60	0
35 °C 1 NH ₂ SO ₄	79,02	7,66	0

En la Tabla 2 se muestran las condiciones finales de los valores promedios obtenidos de las carnazas, luego de 8 h de descalcado. No se encontró cal hidratada. Además 72,35 % de grasa fue la mayor cantidad hallada en las muestras, y se consiguió al utilizar 30 °C como temperatura de proceso y una dosis de 1 N de ácido sulfúrico, como agente descalcante. Siendo 50,77 % de grasa el menor dato obtenido, para lo cual se usó una dosis de 3 N de ácido sulfúrico y 35 °C como temperatura para el tratamiento.

El pH influye directamente en el tratamiento de descalcado de las carnazas, porque permite determinar su efectividad [26]. Sus valores presentados en la Tabla 1 y Tabla 2, demostraron que se favoreció la eliminación de cal, porque siempre se obtuvo un valor de pH menor a 8,2 en los análisis realizados.

Tabla 2. Condiciones de la carnaza después de 8 h del proceso de desencalado simulado

T	% grasa	pH	Presencia de cal
26 °C 3 N _{H₂SO₄}	60,16	7,32	0
26 °C 2 N _{H₂SO₄}	65,53	7,40	0
26 °C 1 N _{H₂SO₄}	67,46	7,54	0
30 °C 3 N _{H₂SO₄}	67,37	7,33	0
30 °C 2 N _{H₂SO₄}	69,81	7,40	0
30 °C 1 N _{H₂SO₄}	72,35	7,46	0
35 °C 3 N _{H₂SO₄}	50,77	7,63	0
35 °C 2 N _{H₂SO₄}	67,46	7,57	0
35 °C 1 N _{H₂SO₄}	72,08	7,64	0

Se realizó un análisis de varianza mediante una tabla ANOVA del diseño experimental factorial multinivel planteado. Los resultados se presentan en la Tabla 3 y revelaron un efecto significativo de cada uno de los factores analizados, temperatura del bombo (B), dosis del agente desencalante (A) y tiempo de proceso (C), sobre el porcentaje de grasa en las carnazas (valores P = 0,000). Las interacciones entre factores también influyeron significativamente sobre esta variable respuesta (valores P = 0,000). Este análisis estadístico fue llevado a cabo con un nivel de significancia del 5% (valor P < 0,05). La relación F enseñó el grado de influencia de los factores, para este caso, el tiempo de operación intervino más sobre el tratamiento de desencalado, siendo el menos influyente la temperatura del bombo.

Tabla 3. Análisis de varianza del diseño experimental de tres factores multinivel

Factor	GL*	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Rel F	Valor P
(A) H ₂ SO ₄	2	620,806	310,403	91,89	0,000
	2	228,487	114,244	33,82	0,000
(B) T _{BOMBO}					
(C) t _{PROCESO}	1	2325,52	2325,52	688,4	0,000
AB	4	195,398	48,8495	14,46	0,000
AC	2	79,8645	39,9323	11,82	0,000
BC	2	283,594	141,797	41,98	0,000
ABC	4	77,8388	19,4597	5,76	0,001
Residuos	36	121,612	3,37812		
Total corregido	53	3933,12			

* Grados de Libertad

La prueba de rangos múltiples se exhibe en la Tabla 4, con un nivel de confianza del 95 %, no presentó diferencias significativas en los contrastes formados por

las temperaturas 26 y 30 °C. Este análisis demostró que el uso de cualquiera de las dos temperaturas de proceso en los baños termotratados, generó prácticamente el mismo efecto en cada una de las muestras de carnaza, porque no hubo una amplia diferencia entre los resultados de porcentajes de grasas. Además, la comparación de las medias de cada nivel del tiempo de desencalado, dio a conocer sus diferencias. En un tiempo de 4 h se conservó el mayor porcentaje de grasa en los residuos de descarte. En relación a la concentración del agente desencalante utilizado, no existió diferencia significativa entre el contraste originado por 2 y 1 N de ácido sulfúrico. Este análisis indicó que las dos concentraciones originaron un efecto muy semejante sobre la variable respuesta.

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples

Factor	Caso	Media	Contrastes	Sig	Dif	+/- lim
T _{BOMBO}						
26 °C	18	72,72	26-30 °C		-0,543	1,242
30 °C	18	73,31	26-35 °C	*	4,066	1,242
35 °C	18	68,70	30-35 °C	*	4,610	1,242
H ₂ SO ₄						
3 N	18	67,21	3-2 N		-4,732	5,384
2 N	18	71,95	3-1 N	*	-8,337	5,384
1 N	18	75,55	2-1 N		-3,605	5,384
t _{PROCESO}						
4 h	18	65,03	4-8 h	*	13,087	3,04
8 h	18	78,11				

* indica una diferencia significativa.

4. Conclusiones

Se demostró que el desencalado mediante baños termotratados tipo bombo, es una técnica capaz de retirar la cal hidratada y mantener un elevado contenido de grasa en las carnazas de una curtiembre. En este método, los factores que se analizaron e influyeron sobre el porcentaje de grasa fueron, tiempo de operación (en mayor grado), temperatura del bombo (en menor grado) y dosis del agente desencalante.

Las temperaturas de 26 y 30 °C y las concentraciones del ácido sulfúrico 2 y 1 N que se utilizaron en los baños termotratados, no afectaron significativamente el desprendimiento de la grasa. Sin embargo, se recomienda usar 30 °C que es la temperatura ambiente del proceso artesanal de fabricación del cuero en la curtiembre objeto de estudio, evitando un gasto energético adicional. Además las pérdidas de grasa en los residuos de descarte fueron mayores cuando se trabajó 8 h el proceso de desencalado.

5. Trabajos futuros

Esta investigación será referencia para futuros estudios en los que se utilicen otros tiempos de proceso para el desencalado de las carnazas, además del uso de otros agentes desencalantes, con la finalidad de comparar resultados.

6. Referencias

- [1] J. Téllez; R. M. Carvajal y A. M. Gaitán. "Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso

- productivo de curtiembres". *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia*, Vol. 52, No. 1, pp. 50-61, Ene-Mar. 2004.
- [2] S. Dixit; A. Yadav; P. Dwivedi and M. Das. "Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 87, No. 15, pp. 39-49, Jan. 2015.
- [3] V. Beghetto; A. Zancanaro; A. Scrivanti; U. Matteoli and G. Pozza. "The leather industry: a chemistry insight Part I: an overview of the industrial process". *Sciences at Ca' Foscari*, Vol. 2, No. 1, pp. 13-22, Jun. 2013.
- [4] E. Andrioli; L. Petry and M. Gutterres. "Environmentally friendly hide unhairing: Enzymatic-oxidative unhairing as an alternative to use of lime and sodium sulfide". *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 93, pp. 9-17, Jan. 2015.
- [5] G. Lofrano; S. Meriç; G. Zengin and D. Orhon. "Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review". *Science of the Total Environment*, Vol. 461-462, pp. 265-281, Sep. 2013.
- [6] F. R. de Souza and M. Gutterres. "Application of enzymes in leather processing: a comparison between chemical and coenzymatic processes". *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 29, No. 3, pp. 473-481, Jul-Sep. 2012.
- [7] S. R. Báez; L. D. Pinzón y I. A. Jiménez. "Asociación entre los niveles de cal séricos y la presencia de patologías oculares y visuales en trabajadores de las curtiembres San Benito". *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, No. 10, pp. 57-63, Ene-Jun. 2008.
- [8] A. Afsar and F. Cetinkaya. "Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process". *Indian Journal of Chemical Technology*, Vol. 15, No. 5, pp. 507-510, Sep. 2008.
- [9] V. Lischuk; V. Plavan and A. Danilkovich. "Transformation of the collagen structure during beam-house processes and combined tanning". *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering*, Vol. 12, No. 3-1, pp. 188-198, Sep. 2006.
- [10] D. Nazer; R. Al-Sa'ed and M. Siebel. "Reducing the environmental impact of the unhairing-liming process in the leather tanning industry". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, No. 1, pp. 65-74, Ene. 2006.
- [11] P. Thanikaivelan; J. Rao; B. Nair and T. Ramasami. "Zero discharge tanning: a shift from chemical to biocatalytic leather processing". *Environmental Science and Technology*, Vol. 36, No. 19, pp. 4187-4194, Oct. 2002.
- [12] V. Valeika; K. Beleska and J. Sirvaityte. "Alkali-free method of hide preparation for tanning". *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 29, No. 2, pp. 315-323, Apr-Jun. 2012.
- [13] C. A. Martínez y A. M. Paris. "Determinación del tratamiento óptimo por baños termotratados tipo bombo para la separación de cal de los residuos de descarte del proceso de curtición semiartesanal desarrollado en Sempués-Sucre". *Proyecto fin de carrera, dirigido por Y. Aguas*, Universidad de Sucre, Carrera 28 # 5-267 Barrio Puerta Roja, Sincelejo-Colombia, 2010.
- [14] L. Serna; D. Pineda y A. Ayala. "Aplicación de endopeptidasa alcalina en carnaza bovina para mejorar la calidad de la gelatina". *Revista Colombiana de Química*, Vol. 36, No. 2, pp. 169-161, Jul-Dic. 2007.
- [15] L. Serna; M. Velásquez y A. Ayala. "Efecto de la ultrafiltración sobre las propiedades reológicas de gelatina comestible de origen bovino". *Información Tecnológica*, Vol. 21, No. 6, pp. 91-102, Nov-Dic. 2010.
- [16] R. Manfred; W. Wckhard; J. Björn and G. Helmut. "Free of water tanning using CO₂ as process additive-An overview on the process development". *Journal of Supercritical fluids*, Vol. 66, pp. 291-296, Jun. 2012.
- [17] J. A. Vásquez y D. P. Gonzales. "Metodología para implementar un modelo de responsabilidad social empresarial (RSE) en la industria de la curtiembre en Colombia". *Contabilidad y Negocios*, Vol. 4, No. 8, pp. 49-56, Jul-Dic. 2009.
- [18] J. C. Robledo. "Lineamientos de mejoramiento de procesos eco-eficientes para la curtidora de cuero Inversiones J y D en Calarcá Quindío". *Maestría. Proyecto, dirigido por B. A. Uribe y Y. C. Kuan*, Universidad Eafit, Carrera 49 # 7 sur-50, Medellín-Colombia, 2014.
- [19] F. V. Vicente. "Estudio económico-financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas del residuos de descarte unche derivado del proceso de curtición en el Municipio de Villapinzón-Cundinamarca". *Maestría. Proyecto, dirigido por J. S. Rojas y Y. V. Aranda*, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 45 # 26-85, Bogotá, 2010.
- [20] J. A. Ramírez. "Evaluación de la gestión integral de residuos sólidos en las curtiembres de San Benito". *Especialización. Proyecto*, Universidad Militar Nueva Granada, Carrera 11 # 101-80, Bogotá-Colombia, 2014.
- [21] S. Agudelo y P. Gutiérrez. "Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas". *Dyna*, Vol. 74, No. 152, pp. 241-250, May-Ago. 2007.
- [22] C. G. Sinaluiza. "Evaluación de un sistema ecológico en el proceso de desencalado en la obtención de cueros pura anilina para calzado". *Proyecto fin de carrera, dirigido por L. E. Hidalgo y G. H. Moreno*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 ½, Riobamba-Ecuador, 2014.
- [23] G. E. Gordillo y C. E. Toledo. "Técnicas ambientales de producción más limpia en la industria de curtiembres". *Proyecto fin de carrera, dirigido por L. Aguirre*, Universidad Central de Ecuador, Calle Gerónimo Leyton y Avenida La Gasca, Quito, 2014.
- [24] M. Castro y M. Martínez. "La alimentación porcina con productos no tradicionales: cincuenta años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Vol. 49, No. 2, pp. 189-196, Abr-Jun. 2015.
- [25] AOAC. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th Edition*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1990, p.931.
- [26] C. A. Arango; A. M. Alzate y O. L. Tobón. *Manual ambiental sectorial: proyecto gestión ambiental en la industria de curtiembre en Colombia*. Medellín: CNPMLTA- Centro Nacional de Producción Más Limpias y Tecnologías Ambientales, 2004, p 37. Consultado en Octubre 19 de 2015. "Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org/curtiembres/manual.pdf>"