

# Desarrollo de un proceso de desengrase de pieles de paiche (Arapaima gigas) para su curtición conservando el patrón y color natural

## Development of a degreasing process for paiche skins (*Arapaima gigas*) to tan them conserving its pattern and natural color

A. Segundo; L. Marrufo; J. Barra & R. Contreras

Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica del Cuero Calzado y Conexas (CITEccal Lima) –  
Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Pesquero Amazónico Pucallpa (CITEpesquero  
Amazónico Pucallpa

Instituto Tecnológico de la Producción (ITP)

asegundo@itp.gob.pe; lmarrufo@itp.gob.pe; julio.barra.h@uni.pe; rcontreras@itp.gob.pe

---

### Resumen

El aprovechamiento de pieles de especies de pescado provenientes de la Amazonía, tal y como el paiche, para obtener cuero, es una actividad que ha ido cobrando importancia en los últimos años en el Perú. La belleza de la piel de esta especie no está dada sólo por el patrón que presenta cuando se retiran las escamas, sino también por el color beige claro de la piel y la franja negra que atraviesa su dorso. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar un proceso de desengrase en la curtición de estas pieles que permita mantener el color y patrón natural de la especie para la elaboración de artículos de calzado, vestimenta y marroquinería. Con este propósito se utilizó una mezcla de desengrasantes constituida por hidrocarburos, enzimas lipídicas y tensoactivos desengrasantes y un proceso de curtido basado en la aplicación de glutaraldehído y compuestos fenólicos - sintano sulfónicos. Las características físico-mecánicas de las pieles curtidas se midieron a través de ensayos de resistencia al desgarrado, resistencia a la tracción, porcentaje de elongación y temperatura de contracción, y se evaluó la presencia de olor "característico a pescado" en las pieles curtidas mediante análisis de grasa, caracterización de los tipos de ácidos grasos presentes y pruebas sensoriales aplicando un test de grado de atributo especificado. Por otro lado, con el objetivo de establecer un proceso que no cause impacto en el medio ambiente se caracterizaron los efluentes líquidos del proceso en cuanto a su contenido de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites y grasas, hidrocarburos, fenoles y pH, y se aplicó un proceso de tratamiento basado en sedimentación, tamizado y coagulación - floculación a escala de laboratorio para la remoción de la carga orgánica. Como resultado de la investigación, se estableció un proceso de desengrase basado en el uso de 8% de hidrocarburos, 18% de tensoactivos desengrasantes y 1.2% de enzimas lipídicas aplicadas en ciclos, antes y después del piquelado, mediante el cual se obtuvo un cuero de piel de paiche que conserva el color y patrón de la especie, con propiedades físico-mecánicas en conformidad con los requerimientos de estándares y recomendaciones existentes para la elaboración de calzado, vestimenta y marroquinería, en el que los niveles de remoción de ácidos grasos poliinsaturados se encuentran a tal nivel que permite la eliminación de olor "característico a pescado". Así mismo, se logró la disminución de la carga orgánica contaminante de los efluentes que se originan en el proceso, hasta niveles aceptables.

**Palabras Clave:** Paiche, *Arapaima gigas*, piel de pescado, curtido, desengrase, enzimas lipídicas.

---

### Abstract

The utilization of amazonian fish skins, such as paiche, to obtain leather, is an activity that has been gaining importance in recent years in Perú. The beauty of this fish species doesn't limit only to the pattern of the scaled skin, it is also because of its light beige color and the black strip that cross over its back. The present research aimed to develop a degreasing process for the tanning of paiche skin, that conserves its natural pattern and color in the finished leather, for the making of leather goods, footwear and clothing. With this purpose, a mix of degreasing agents (constituted by hydrocarbons, lipases and degreasing surfactants) and an alternative tanning process (based on glutaraldehyde and phenolic sulfonic syntans composites) were applied. The physic-mechanical characteristics of tanned paiche skins were evaluated to determine the breaking strength by grab method, tensile strength & elongation and shrinkage temperature, besides, the presence of the "characteristic fish odor" in the tanned paiche skins were evaluated through the analysis of fat content and fatty acid profiles, and the sensorial test of fish odor degree. On the other hand, aiming to establish a tanning process that doesn't generate a significant negative environmental impact, the wastewater of the process was characterized to determine the content of BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, oils and greases, TPH, phenols and pH, these wastewaters were treated by a laboratory scale conventional system, based on sedimentation, sifting and flocculation-coagulation. As results, a degreasing process using 8% of hydrocarbons, 18% of degreasing surfactants and 1.2% enzymes, applied in cycles before and after the pickling process, was established. The application of this process allowed the conservation of the natural pattern and color of paiche skin and the reduction of the polyunsaturated fatty acids that caused the "characteristic fish odor" in the finished leather, which complied with the physic-mechanical standards for making leather goods, footwear and clothing. Finally, a reduction in the pollutant charge in wastewater was achieved to comply an acceptable environmental content.

**Keywords:** Paiche, *Arapaima gigas*, fishskin, tanning process, degreasing, lipases.

---

## I. INTRODUCCIÓN

Es incuestionable el valor del paiche como recurso hidrobiológico, las propiedades nutritivas de su carne han sido la razón para que se constituya en una fuente muy importante de alimentación para los pobladores de la Amazonía (Alcántara Bocanegra, Wust, Tello Martín, Rebaza Alfaro, & Del Castillo Torres, 2006; Chu Koo et al., 2017) y para los foráneos que van tomando conocimiento de sus atributos. Sin embargo, su riqueza no solo radica en su carne, sino también en los residuos que se generan de su aprovechamiento, a partir de los cuales se puede obtener, por ejemplo, escamas con un alto contenido de proteínas y una piel con un peculiar patrón y color que le confieren belleza natural y que dan cuenta, además, de la biodiversidad de la Amazonia.

El informe especializado de PROMPERU: Oportunidades Comerciales del Paiche en Europa (PROMPERÚ, 2017), señala que en el año 2015 se obtuvieron aproximadamente 1227 toneladas de paiche provenientes de la actividad acuícola y de captura, lo que significó la generación de alrededor de 400 toneladas de pieles, número que, puesto en perspectiva al momento actual, significaría una importante cantidad de residuos que pueden ser aprovechados para obtener un subproducto como el cuero. No obstante, es cierto que en el Perú se han venido desarrollando importantes esfuerzos para poner en vitrina las propiedades de la piel de esta especie como cuero, existe mucha potencialidad que explotar en este recurso y que permitirá añadir valor a la actividad acuícola, dando lugar a importantes emprendimientos basados en la fabricación de productos utilizando este residuo curtido, que deben apuntar a mercados con estándares de alta moda, sofisticación y de alta valoración de la biodiversidad.

El aprovechamiento de las pieles de paiche para su curtición implica el desarrollo de un proceso adaptado a las características que posee la especie, entre las que resalta su alto contenido de grasa. Por otro lado, el mantener el color y patrón natural, constituido por un color beige claro y una franja de color negro que atraviesa su dorso, implica evitar el uso de productos químicos que puedan cambiarlo y/o deteriorarlo. El presente trabajo de investigación desarrolló un proceso de desengrase utilizando hidrocarburos, tensoactivos desengrasantes y enzimas lipídicas que permitieron mantener el color y patrón natural de la especie, además, que al controlar la grasa se evitó el afloramiento de un olor "característico a pescado". Por otro lado, el curtido se realizó con glutaraldehído y compuestos fenólicos – sintano sulfónicos obteniéndose pieles curtidas con propiedades sensoriales y físico-mecánicas adecuadas para la elaboración de artículos de calzado, vestimenta y marroquinería. Finalmente, se validó a escala de laboratorio un sistema de tratamiento de efluentes para este proceso de curtición, de tal manera que su escalamiento pueda ser sustentable. Este trabajo de investigación corresponde al Proyecto "IDIBIO-1-P-021-17. Curtición de pieles de pescado conservando el color y patrón y su aplicación en artículos de calzado, marroquinería y prendas de vestir en la Región Ucayali" Convenio 124-INNOVATEPERU-IDIBIO-2018 financiado por el Programa Nacional de Innovación para la competitividad y productividad (Innovate Perú) del Ministerio de la Producción.

## II. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Planta Piloto de Curtiembre del CITEccal Lima. Las pieles de paiche

que fueron curtidas procedieron de la actividad acuícola que se desarrolla en la Región Ucayali. Para evitar la degradación microbológica de la estructura colagénica se recomendó que una vez separadas de la carne fueran almacenadas inmediatamente en un recipiente conteniendo salmuera a 20° Baumé hasta el final de la jornada de fileteado, tras lo cual fueron desescamadas y embadurnadas con sal al 30% de su peso por ambos lados, colocando una piel encima de otra, dejándolas escurrir por 12 horas y llevándolas a congelación hasta su procesamiento.

### Curtición de pieles:

Antes de empezar el proceso de curtición las pieles fueron acondicionadas mediante un proceso de descarnado que permitió retirar carne y grasa adheridas a la piel. El proceso de curtición se inició con el proceso de remojo en dos fases, que permitió devolver a las pieles a su estado de hinchamiento natural y así mismo eliminar la suciedad, las sustancias proteicas solubles y agentes de conservación (CHINA LEATHER AND FOOTWEAR INDUSTRY, n.d.). En la fase de pre remojo se utilizó agua a temperatura ambiente, humectante, bactericida y tensoactivo desengrasante y en el remojo principal se incorporaron enzimas lipídicas para finalmente lavar y escurrir las pieles.

Para establecer el proceso de desengrase óptimo se realizaron pruebas con mezclas de hidrocarburos, probióticos, tensoactivos desengrasantes y enzimas lipídicas, de acuerdo a las formulaciones que se citan en la Tabla N°01.

**Tabla N°01. Procesos de desengrase evaluados en la curtición de pieles de paiche**

Código de la muestra	Descripción	Fecha de curtición
A	Desengrase: 5% hidrocarburos y 3% probióticos.	23 de Octubre del 2018
	Curtido: 2,25% glutaraldehído y 7,5% phenol-sulphonic syntan	
B	Desengrase: 5% hidrocarburos, 3% tensoactivo desengrasante, 0,1 % enzima lipídica.	13 de diciembre del 2018
	Curtido: 3% glutaraldehído y 10% phenol-sulphonic syntan	
C	Desengrase: 4% hidrocarburos, 15% tensoactivo desengrasante, 1% enzima lipídica y 0,7% emulsionante (reposo de las pieles 2 semanas)	14 de febrero del 2019
	Desengrase después piquelado: 4.5% tensoactivo desengrasante, 0.2% enzima lipídica, 0.2% tensoactivo humectante	
D	Curtido 2.5% glutaraldehído, y 7,5% phenol-sulphonic syntan	3 de abril del 2019 – concluye 17 de abril del 2019
	Desengrase 4% hidrocarburos, 15% tensoactivo desengrasante, 1% enzima lipídica y 0,7% emulsionante (reposo de las pieles 1 semana)	
D	Desengrase después piquelado: 4.5% tensoactivo desengrasante, 0.2% enzima lipídica, 0.2% tensoactivo humectante	3 de abril del 2019 – concluye 17 de abril del 2019
	Curtido 2.5% glutaraldehído, y 7.5% phenol-sulphonic syntan	

<b>Control negativo</b>	Muestra de cuero de paiche curtido vegetal sin olor a pescado.	Fecha de curtición: anterior al inicio del proyecto
<b>Control positivo</b>	Desengrase con 4% petróleo, 3% FU-100 Curtido con 1,5% GT-50 y 10% compuestos fenólicos	1 de octubre del 2018

En los procesos de las muestras C y D el desengrase se llevó a cabo en tres fases. En la primera, se utilizó 4% de hidrocarburos, 0.5% de humectante y agua a una temperatura de 28°C. La fase 2 consistió en cuatro ciclos de agua a 28°C, 3% de tensoactivo desengrasante y 0.2% de enzima lipídica, la tercera fase comprendió 2 ciclos de agua a 28°C, 3% de tensoactivo desengrasante, 0.2% de enzima lipídica, 0.35% de emulsionante y 0.15 de humectante. El control de calidad del proceso se basó en el análisis del tacto graso de las pieles desengrasadas.

El piquelado se desarrolló en dos fases: la preparación de la salmuera y la acidificación. Para esta última, se utilizaron dos partes de ácido orgánico (1% por cada parte) que permitieron llevar a las pieles a un pH igual a 3.

Después se llevó a cabo un proceso de desengrase post piquelado, que se inició con el despiquelado de las pieles con salmuera y basificación con dos partes de 0.5% de bicarbonato de sodio. El desengrase se realizó en 2 etapas, en la primera se utilizó agua a 28°C, 3% de tensoactivo desengrasante y 0.2% de enzima lipídica. En la segunda se utilizó agua a 28°C, 1.5% de tensoactivo desengrasante y 0.2% de humectante. Posteriormente, se repitió el proceso de piquelado antes descrito, quedando las pieles listas para iniciar la curtición, proceso en el cual se utilizó como curtientes glutaraldehído al 2,5% y compuestos fenólicos sintano sulfónicos al 7,5%. La temperatura de contracción de las pieles curtidas, determinada con el método NTP 291.036:2007, indicó un encogimiento no mayor a 5% a una temperatura entre 70 a 75°C quedando a un pH entre 4 a 4.2.

Las pieles así obtenidas fueron lavadas, y neutralizadas para ser engrasadas con ácido sintético, ácido sintético ablandante y un compacto de rellenos. Antes del acabado las pieles fueron alisadas, secadas y ablandadas. El acabado consistió en la aplicación de un mix de ligantes proteicos y ceras y penetrante en el pre fondo y penetrantes, mix de ligante proteico y cera para pulido y resina uretánica en el fondo.

### Evaluación de la remoción de grasa

El grado de remoción de grasa en la piel curtida se cuantificó determinando el contenido de grasa en una piel cruda y en una piel curtida mediante el método de análisis NTP 201.016 2002 (Rev 2017) CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. Determinación del Contenido de Grasa Total. De la misma manera se caracterizó los tipos de ácidos grasos presentes utilizando el método ISO 12966. Animal and vegetable fats and oils -- Gas chromatography of fatty acid methyl esters. Para determinar la presencia del olor "característico a pescado" se ejecutaron pruebas sensoriales a las pieles curtidas mediante un test de grado de atributo especificado, llevado a cabo por un panel de jueces especialistas en el análisis químico de muestras de cuero del Laboratorio de CITEccal Lima. Cada juez fue asignado con nueve probetas por muestra. Dentro de las muestras entregadas se incluyó un control negativo correspondiente a una muestra de piel de

paiche curtida con taninos sin olor "característico a pescado". La muestra que presentaba el atributo a evaluar consistió en una piel de paiche curtida con olor a pescado altamente perceptible. Las muestras fueron asignadas a los analistas al azar y su análisis se realizó por lo menos un mes después de su proceso de curtición. Cabe señalar que los analistas permanecieron con los ojos vendados durante las pruebas para evitar que asocien el color de las probetas con el grado de olor. Los criterios de calificación utilizados en la prueba sensorial fueron: 1: Imperceptible, 2: Ligeramente perceptible, 3: Moderadamente perceptible y 4: Altamente perceptible.

El análisis estadístico de los resultados se realizó para cada juez mediante un análisis ANOVA y pruebas de comparación múltiple (Test Tukey HSD/Kramer y Test Dunnett) al 95% de nivel de confianza, con el objetivo de establecer diferencias significativas de las muestras de los procesos (A, B, C y D) con el control negativo y entre las muestras. El análisis estadístico se realizó con el complemento Real Statistics para MS. Excel.

### Evaluación de la calidad físico-mecánica de la piel curtida:

Las muestras curtidas fueron sometidas a ensayos para determinar sus propiedades físico-mecánicas en el laboratorio de CITEccal Lima. Los ensayos ejecutados fueron resistencia al desgarro (NTP ISO 3377-2:2008. CUERO. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia al desgarro. Parte 2: Desgarro doble), resistencia a la tracción y porcentaje de elongación (NTP ISO 3376:2012. CUERO. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de alargamiento) y temperatura de contracción con el método (NTP 291.036:2007. PELETERIA. Ensayos físicos. Determinación de la temperatura de contracción).

### Caracterización de efluentes y tratamiento

Los efluentes del proceso de curtición fueron caracterizados en los parámetros establecidos por el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, analizándose el contenido de Sólidos Suspendidos Totales (SST) (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C), Aceites y Grasas (ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011). Standard Test Method for oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed:2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-day BOD test), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D ;23rd Ed:2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux. Colorimetric Method) y potencial de hidrógeno (pH) (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+-B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.), así mismo, se evaluó el contenido de Fenoles (EPA Method 420.2:1974 Phenolics-Colorimetric, Automated 4-AAP With Distillation//EPA Method 420.4 Rev. 01.1993 Determination of Total Recoverable Phenolics By Semi-Automated Colorimetry. Validad 2013) e Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (EPA Method 8015C Rev.3: 2007. Nanhologated Organics by Gas Chromatography.).

El efluente global del proceso, constituido por el aporte de los subprocesos, fue sometido a un tratamiento basado en los principios de sedimentación, separación líquido - sólido (tamizado) y coagulación - floculación, a escala de laboratorio, para la reducción de la carga contaminante. El procedimiento

fue realizado de la siguiente manera: en primer lugar, se separó la grasa del efluente mediante una pera de decantación, dejándolo en reposo por espacio de 30 minutos, luego se procedió a filtrar los sólidos con una malla Tyler N° 200 (74 µm). Una vez filtrada la muestra, se diluyó en la relación de 1 a 9 con agua de grifo. A continuación, se preparó como coagulante una solución de sulfato férrico al 10% y como floculante, el Arisfloc 606 al 0.1%. Las condiciones de operación fueron las siguientes: Coagulación: Velocidad de agitación = 200 rpm, Tiempo de agitación = 5 minutos / Floculación: Velocidad de agitación = 40 rpm, Tiempo de agitación = 10 minutos. El tiempo de sedimentación posterior al tratamiento fue de 10 minutos, al cabo de los cuales se tomaron y preservaron las muestras para el análisis de SST, Aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Fenoles y TPH. Las muestras de efluentes fueron analizadas en un Laboratorio acreditado bajo los requisitos de la ISO 17025 en los ensayos de interés.

### III. RESULTADOS

Las Tablas N° 02 y N° 03 presentan los resultados obtenidos en la determinación de grasas y en la concentración porcentual de tipos de ácidos grasos, respectivamente, para la piel cruda y para pieles curtidas.

**Tabla N°02.** Resultados de la concentración de grasa en piel cruda y piel curtida

Descripción de la muestra	Concentración de grasas expresado en %
Piel de paiche cruda	45,1
Piel de paiche curtida - Muestra D (Ver Tabla N° 04)	11,3
Piel de paiche curtida - Muestra P-Er*	11,0

\* Desengrasada con 6% hidrocarburos, 18% tensoactivo desengrasante, 1.2% enzimas lipídicas, 2.3% emulsionante, 3% humectante / Desengrase post piquelado: 6% tensoactivo desengrasante, 0.4 % enzimas lipídicas, 0.4 % emulsionante, 2% humectante // curtido con 2.5% glutaraldehído, 7.5% compuestos fenólicos sintano sulfónicos

**Tabla N°03.** Resultados de la caracterización de tipos de ácidos grasos en piel cruda y piel curtida

Tipos de ácidos grasos	Tipos de ácidos grasos expresados en %	
	Piel de paiche cruda	Piel de paiche curtida – Muestra D
Ácidos grasos saturados	20.53	6.38
Ácidos grasos monoinsaturados	11.63	3.30

Ácidos grasos poliinsaturados	7.65	0.54
Porcentaje de grasas	45	11.3

Los resultados de las propiedades físico-mecánicas evaluadas en las pieles curtidas, expresados en rangos, se señalan en la Tabla N°04.

**Tabla N°04.** Características físico mecánicas de las pieles de paiche curtidas

Propiedad	Rango de valores obtenidos	Método de ensayo
Resistencia al desgarrar	147 N -187 N	NTP ISO 3377-02:2008
Resistencia a la tracción	9,79 N/mm <sup>2</sup> /12,24 N/mm <sup>2</sup>	NTP ISO 3376:2012
Porcentaje de elongación	76,40 -94,47%	NTP ISO 3376:2012
Temperatura de contracción	Mayor a 75°C: encogimiento 4%	NTP 291.036:2007
Olor	Imperceptible a olor de pescado	Pruebas sensoriales

Los resultados del análisis estadístico de la prueba sensorial se muestran en las Tablas N°05, 06 y 07 y en las Figuras N° 01, 02 y 03. En el análisis estadístico para los resultados del Juez N°1 se observa que este establece diferencias significativas entre el control negativo y las muestras de los procesos A y B. Las muestras A y B, ambas con moda 4 (altamente perceptible) como valoración, corresponden a las muestras curtidas con niveles importantes de afloramiento de olor y el control negativo, con valoración 2 (ligeramente perceptible), es una muestra sin olor "característico a pescado" proveniente de una curtiduría vegetal. La muestra C, no presenta diferencias significativas con el control negativo después de haber transcurrido casi tres meses desde su curtiduría. La muestra D (ensayada después de un mes de curtiduría) presenta diferencias significativas respecto a todas las restantes, siendo su valoración 1, imperceptible, estableciéndose diferencias significativas respecto del control negativo y de la muestra C. En lo que se refiere al Juez N°2, el análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre las muestras A, B y el control negativo. La moda para cada una de ellas fue 3, 4 y 1, respectivamente. La muestra C con moda 2 y la muestra D con moda 1, no presentan diferencias significativas respecto al control negativo, sin embargo, la muestra D y la muestra C presentan diferencias significativas entre ellas. El análisis estadístico para Juez N°3 indica que las muestra A, B, C, D presentan modas 4, 4, 3 y 1 respectivamente, las cuales son significativamente diferentes del control negativo que presenta una moda 2. Las muestras A y B son significativamente diferentes de la muestra C y esta a su vez es diferente estadísticamente de la muestra D.

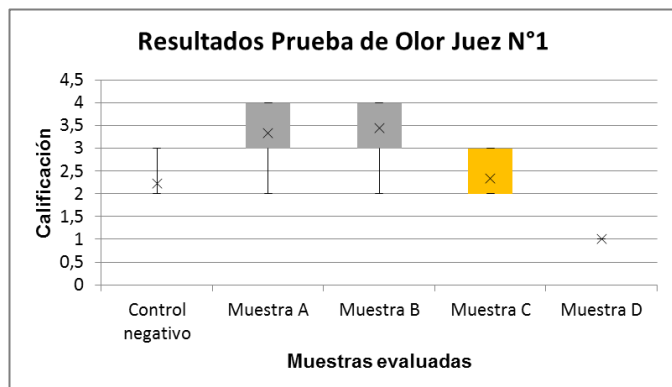


Figura N°01. Resultados obtenidos por el Juez N°1 en la prueba sensorial de olor.

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Control negativo	Muestra A	1.1111	0.1956	5.6796	0.3210	1.9013	0.0022	0.7902	1.8932
Control negativo	Muestra B	1.2222	0.1956	6.2476	0.4321	2.0124	0.0007	0.7902	2.0825
Control negativo	Muestra C	0.1111	0.1956	0.5680	-0.6790	0.9013	0.9943	0.7902	0.1893
Control negativo	Muestra D	1.2222	0.1956	6.2476	0.4321	2.0124	0.0007	0.7902	2.0825
Muestra A	Muestra B	0.1111	0.1956	0.5680	-0.6790	0.9013	0.9943	0.7902	0.1893
Muestra A	Muestra C	1.0000	0.1956	5.1117	0.2098	1.7902	0.0070	0.7902	1.7039
Muestra A	Muestra D	2.3333	0.1956	11.9272	1.5432	3.1235	0.0000	0.7902	3.9757
Muestra B	Muestra C	1.1111	0.1956	5.6796	0.3210	1.9013	0.0022	0.7902	1.8932
Muestra B	Muestra D	2.4444	0.1956	12.4952	1.6543	3.2346	0.0000	0.7902	4.1651
Muestra C	Muestra D	1.3333	0.1956	6.8155	0.5432	2.1235	0.0002	0.7902	2.2718

Tabla N°05. Análisis de los resultados obtenidos por el Juez N°1 Test Tukey HSD/Kramer

TUKEY HSD/KRAMER		alpha		0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Control negativo	2.2222	9	1.5556		
Muestra A	3.3333	9	6.0000		
Muestra B	3.4444	9	4.2222		
Muestra C	2.3333	9	2.0000		
Muestra D	1.0000	9	0.0000		
			45	13.7778	40 4.039

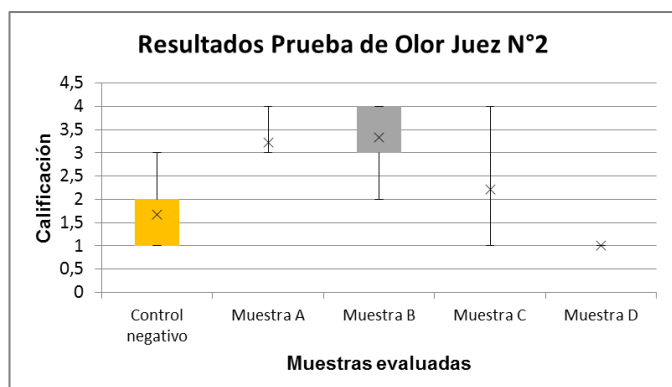


Figura N°02. Resultados obtenidos por el Juez N°2 en la prueba sensorial de olor.

Tabla N°06. Análisis de los resultados obtenidos por el Juez N°2 Test Tukey HSD/Kramer

TUKEY HSD/KRAMER		alpha		0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Control negativo	1.6667	9	6.0000		
Muestra A	3.2222	9	1.5556		
Muestra B	3.3333	9	6.0000		
Muestra C	2.2222	9	5.5556		
Muestra D	1.0000	9	0.0000		
			45	19.1111	40 4.039

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Control negativo	Muestra A	1.5556	0.2304	6.7514	0.6250	2.4862	0.0002	0.9306	2.2505
Control negativo	Muestra B	1.6667	0.2304	7.2336	0.7361	2.5973	0.0001	0.9306	2.4112
Control negativo	Muestra C	0.5556	0.2304	2.4112	-0.3750	1.4862	0.4425	0.9306	0.8037
Control negativo	Muestra D	0.6667	0.2304	2.8935	-0.2639	1.5973	0.2635	0.9306	0.9645
Muestra A	Muestra B	0.1111	0.2304	0.4822	-0.8195	1.0417	0.9970	0.9306	0.1607
Muestra A	Muestra C	1.0000	0.2304	4.3402	0.0694	1.9306	0.0298	0.9306	1.4467
Muestra A	Muestra D	2.2222	0.2304	9.6449	1.2916	3.1528	0.0000	0.9306	3.2150
Muestra B	Muestra C	1.1111	0.2304	4.8224	0.1805	2.0417	0.0123	0.9306	1.6075
Muestra B	Muestra D	2.3333	0.2304	10.1271	1.4027	3.2639	0.0000	0.9306	3.3757
Muestra C	Muestra D	1.2222	0.2304	5.3047	0.2916	2.1528	0.0048	0.9306	1.7682

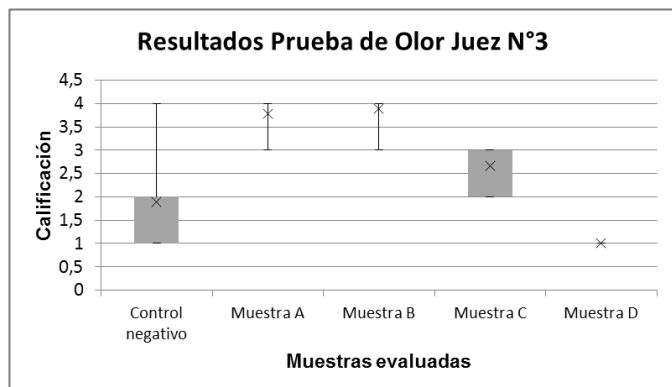


Figura N° 03. Resultados obtenidos por el Juez N°3 en la prueba sensorial de olor.

Tabla N° 07. Análisis de los resultados obtenidos por el Juez N°3 Test Tukey HSD/Kramer

TUKEY HSD/KRAMER		alpha		0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Control negativo	1.8889	9	6.8889		
Muestra A	3.7778	9	1.5556		
Muestra B	3.8889	9	0.8889		
Muestra C	2.6667	9	2.0000		
Muestra D	1.0000	9	0.0000		
			45	11.3333	40 4.039

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Control negativo	Muestra A	1.8889	0.1774	10.6458	1.1722	2.6055	0.0000	0.7166	3.5486
Control negativo	Muestra B	2.0000	0.1774	11.2720	1.2834	2.7166	0.0000	0.7166	3.7573
Control negativo	Muestra C	0.7778	0.1774	4.3836	0.0611	1.4944	0.0276	0.7166	1.4612
Control negativo	Muestra D	0.8889	0.1774	5.0098	0.1722	1.6055	0.0086	0.7166	1.6699
Muestra A	Muestra B	0.1111	0.1774	0.6262	-0.6055	0.8278	0.9917	0.7166	0.2087
Muestra A	Muestra C	1.1111	0.1774	6.2622	0.3945	1.8278	0.0007	0.7166	2.0874
Muestra A	Muestra D	2.7778	0.1774	15.6556	2.0611	3.4944	0.0000	0.7166	5.2185
Muestra B	Muestra C	1.2222	0.1774	6.8885	0.5056	1.9389	0.0002	0.7166	2.2962
Muestra B	Muestra D	2.8889	0.1774	16.2818	2.1722	3.6055	0.0000	0.7166	5.4273
Muestra C	Muestra D	1.6667	0.1774	9.3934	0.9500	2.3833	0.0000	0.7166	3.1311

Finalmente, en la Tabla N° 08 se presentan los resultados de la evaluación fisicoquímica de los efluentes del proceso de curtición

Tabla 8. Resultados obtenidos en efluentes de desengrase del proceso de curtición y en el efluente tratado

Parámetro	Límite máximo permitido – alcantarillado <sup>1</sup>	Desengrase DP-8 <sup>2</sup>	Muestra compuesta CP-8 <sup>3</sup>	Desengrase DP-F <sup>4</sup>	Efluente tratado <sup>5</sup>
pH	6.0-9.0	5.30	4.19	5.70	6.11
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	500	2135.0	2500	2124	93
Aceites y grasas (mg/L)	50	1167.7	831	9796.6	166.3
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	500	11270	9120	11500	358
DQO (mg/L)	1500	33617	27366	25004	1519
Fenoles *(mg/L)	0.5	--	5.02	--	0.21
Hidrocarburo* s totales de petróleo (C10-C40) (mg/L)	20	2622.1	269.8	1571.2	56.5

<sup>1</sup> Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE - Perú

<sup>2</sup> Desengrase: 8% hidrocarburos, 18% tensoactivo desengrasante, 1,2 % enzima lipídica, 3% humectante, 2.3% emulsionante /Desengrase post piquelado: 6% tensoactivo desengrasante, 0.4 % enzima lipídica, 0.2% humectante, 0.4 % emulsionante.

<sup>3</sup> Desengrase con 8% hidrocarburos, 18% tensoactivo desengrasante y 1,2 % enzima lipídica. Desengrase post piquelado: 6% tensoactivo desengrasante, 0.4 % enzima lipasa, 0.2% humectante, 0.4 % emulsionante /Curtido 2.5% glutaraldehído, y 7,5% phenol-sulfhonic syntan.

<sup>4</sup> Desengrase con 8% hidrocarburos, 18% tensoactivo desengrasante, 1,2 % enzima lipídica, 3% humectante, 2.3% emulsionante

<sup>5</sup> Desengrase con 8% hidrocarburos, 18% tensoactivo desengrasante, 1,2 % enzima lipídica, 3% humectante, 2.3% emulsionante/Curtido 2.5% glutaraldehído, y 7,5% phenol-sulfhonic syntan.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó que las pieles de paiche presentan un alto contenido de grasas, 45% aproximadamente, concentración mayor a pieles como las de ganado ovino que con valores 30% - 40% (Afsar & Cetinkaya, 2008) es una de las especies con mayor concentración de grasa en relación a otras que tradicionalmente se curten, por ejemplo, bovinos (2-4%) y cabras (12-15%) (Choudhary, Jana, & Jha, 2004).

La remoción de grasas para la curtición de pieles convencionales se lleva cabo en las operaciones de precurtido, estas operaciones incluyen el pelambre o depilado, cuyo objetivo es retirar el pelo mediante productos alcalinos (CHINA LEATHER AND FOOTWEAR INDUSTRY, n.d.; Escoto-Palacios, Pérez-Limiñana, & Arán-Ais, 2016). En el caso de pieles de pescado, el uso de sulfuros y bases, contribuyen a la remoción de escamas y pigmentos de las

pieles (Duraisamy, Shamena, & Berekete, 2016; Hermiyati, Syabani, & Silvianti, 2017). En la presente investigación se prescindió de esta operación, debido a que el desecado, por el gran tamaño de las escamas se realiza en la etapa de conservación de la piel. Por ello, siendo el objetivo mantener el color y patrón natural de las pieles, se procedió directamente al desengrase después del remojo.

La dificultad en el proceso de desengrase es que la mayor parte de la grasa natural está disponible en la dermis y está contenida dentro de células grasas, cuyas paredes consisten en una envoltura protoplásmica invertida en tejido reticular, por lo tanto, el desengrase implica la liberación de grasa del confinamiento celular y para ello es necesario lograr la difusión de los desengrasantes en la piel, piel que tiene un tejido tridimensional de fibras de colágeno. Esta difusión incluye: el transporte de productos químicos desengrasantes hacia el interior de la piel, la emulsificación de grasa y la eliminación de la grasa emulsionada (Sivakumar, Chandrasekaran, Swaminathan, & Rao, 2009). Una de las formas más eficaces utilizadas para la remoción de grasas, en la industria de la curtiembre, es el proceso de desengrase que utiliza solventes orgánicos, emulsionantes y/o una mezcla de ellos (Choudhary et al., 2004; Sivakumar et al., 2009). Dentro de los solventes orgánicos utilizados tenemos el kerosene (Sivakumar et al., 2009), petróleo, tricloroetileno y percloroetileno (Nawaz, Solangi, Nadeem, Zehra, & Zeeshan, 2011).

Una alternativa a estos productos, desarrollada en los últimos años, consiste en el uso de enzimas, que tienen aplicación en el remojo, pelambre, descalcado, desengrase y rendido (Nawaz et al., 2011), siendo las enzimas proteasas y lipasas las que han llegado a un nivel comercial y de quienes se ha demostrado que contribuyen a la eficacia del proceso de desengrase disminuyendo la cantidad de solventes orgánicos y emulsionantes en los efluentes que se generan y que estarían afectando la salud ambiental (Nawaz et al., 2011).

En las pieles de paiche curtidas mediante los procesos A y B, el alto porcentaje de grasas no removidas originó el amarillamiento de las pieles en el tiempo y la emanación de un olor "característico a pescado", lo que determinó que adicionalmente al uso de petróleo, y tensoactivos desengrasantes se utilizaran enzimas lipídicas, con el objetivo de lograr una mayor remoción de grasas. Se descartó continuar investigando, por el momento, la aplicación de probióticos, ya que, los defectos presentados por las pieles implicaban el uso de una mayor cantidad de este producto lo cual incrementaba el costo del proceso al ser escalado. El olor "característico a pescado" es causado por la degradación de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales tienen dos o más dobles enlaces que son fácilmente oxidados y convertidos a hidroxiperoxidos por acción de ciertas enzimas (Fujita et al., 2010). Estos ácidos poliinsaturados serían la causa del amarillamiento de las pieles y del olor "característico a pescado" en las pieles desengrasadas insuficientemente.

De acuerdo a los datos de la Tabla N° 03, el valor de grasas en la piel curtida proveniente del proceso D disminuyó en comparación a la piel cruda, estableciéndose un contenido de grasa de 11,3%, el cual no varía apreciablemente para el proceso de curtiembre en el que se incrementa la concentración de petróleo a 6% y que contiene 11,0% de grasas. El nivel de grasa recomendado para cuero según G. John (1997) está en el rango de 4-10%. Por otro lado, como se puede apreciar en la Tabla N° 04 las pieles crudas presentaron un porcentaje de

ácidos grasos poliinsaturados correspondiente al 7.65%. La remoción de grasa mediante la fórmula de desengrase D, dio como resultado una piel curtida terminada con una concentración de ácidos grasos poliinsaturados de 0.54 %.

La calificación "imperceptible" dada por los tres jueces para la muestra proveniente del proceso D en la prueba de olor, se sustentaría en la disminución del porcentaje de grasas y ácidos grasos poliinsaturados lograda mediante el desengrase aplicado. Por otro lado, el color de las pieles se mostró más claro, respecto de muestras como la A y la B tal y como se muestra en la Figura N° 04.



**Figura N°04.** Muestras de pieles correspondientes a los procesos de curtiembre A y D respectivamente.

La diferencia entre los procesos de las muestras A, B, C y D, no sólo radica en la concentración de agentes desengrasantes y curtiembres utilizados, sino también en el post desengrase que se aplica en los procesos C y D con enzima lipídica y tensoactivos desengrasantes después del piquelado con el objetivo de optimizar la remoción de grasas (Afşar & Çetinkaya, 2008).

En cuanto a la diferencia a las muestras de los procesos C y D, esta se da en el tiempo de post curtiembre que existe entre uno y otro, que es de 2 meses aproximadamente (ver Tabla N° 01). Como se observa en la prueba sensorial los tres jueces establecen diferencias significativas entre las muestras C y D, lo que significaría que podría haberse originado una oxidación de ácidos grasos poliinsaturados en el tiempo, lo que hace perceptible la diferencia en el olor. Es esta la razón por la que se utilizó concentraciones mayores de desengrasantes, tal y como lo muestra la Tabla N° 02, proceso P-Er, en el que se utilizó 6% de hidrocarburos (Afşar & Çetinkaya, 2008). Los resultados obtenidos para el contenido de grasa indica que la remoción es ligeramente superior a la del proceso D. Adicionalmente, se trabajaron concentraciones de hidrocarburos de 8%, teniendo como resultado pieles más claras en comparación con las obtenidas en los anteriores procesos lo que nos dio indicio de una mayor remoción de grasa, por ello, se estableció el desengrase a esta concentración de hidrocarburos.

En cuanto a los resultados de la evaluación de la resistencia al desgarro, resistencia a la tracción y porcentaje de elongación para las pieles curtidas, se determinó que sus valores se encuentran dentro de los estándares establecidos por las normas técnicas y recomendaciones que se citan en la Tabla N° 09. La temperatura de contracción determinada para las pieles curtidas en esta investigación con compuestos

fenólicos sintano sulfónicos y glutaraldehído se encuentra dentro de los valores mínimos recomendados para cuero (>75%) (Kuria et al., 2016). La curtición con agentes alternativos al cromo, en muchos casos, no es comparable con la de este metal por la débil capacidad de reticulación de estos sustitutos (Valeika, Širvaityte, & Beleška, 2010). Existen trabajos que reportan temperaturas de contracción para el curtido con agentes de curtición sintéticos como los fenoles polimerizados en el rango de 75-85°C y para el glutaraldehído en el rango de 80-85°C (Covington, Song, Suparno, Koon, & Collins, 2008). Las propiedades alcanzadas en la piel curtida hacen viable su uso para la fabricación de calzado y la confección de artículos de vestimenta y marroquinería. En la Figura N° 05 se presentan los prototipos elaborados con las pieles de paiche curtidas obtenidas en el marco de este proyecto de investigación.

**Tabla N° 09.** Especificaciones y valores referenciales para cuero

PARÁMETRO	USO				
	Calzado de Casual <sup>1</sup>	Calzado de Caballero <sup>2</sup>	Calzado Dama <sup>3</sup>	Prendas de vestir <sup>4</sup>	Artículos de marroquinería <sup>5</sup>
<b>Resistencia al desgarro</b>	Sin forro: $\geq 100$ N Con forro: $\geq 70$ N	$\geq 40$ N	$\geq 40$ N.	Mayor de 20 N*	Mínimo 400 N/cm
<b>Resistencia a la tracción</b>	$\geq 10$ N/mm	$\geq 15.0$ N/mm <sup>2</sup> en serrajes	$\geq 15.0$ N/mm <sup>2</sup> en serrajes		Mínimo 2250 N/cm <sup>2</sup>
<b>Porcentaje de elongación</b>	$\geq 15\%$ (→) $\geq 7\%$ (↑)				Máximo 50%
<b>Temperatura de contracción</b>	Como mínimo 70°C a 75°C con un encogimiento no mayor al 5%				

<sup>1</sup> NTP 241.023:2014. CALZADO. Calzado casual. Requisitos y métodos de ensayo.

<sup>2</sup> NTP 241.021:2015 CALZADO. Calzado de caballero. Requisitos y métodos de ensayo.

<sup>3</sup> NTP 241.022:2015 CALZADO. Calzado de dama. Requisitos y métodos de ensayo.

<sup>4</sup> NTP ISO 14931:2016. CUERO. Guía para la selección de cuero para prendas de vestir (excluyendo las pieles de pelo)

<sup>5</sup> Gerhard, J. (1996). Possible defects in leather production

\*las pieles con resistencia al desgarro mayor de 10 N se pueden utilizar siempre y cuando se preste atención al diseño y construcción de la prenda.



**Figura N°05.** Artículos elaborados con piel de paiche conservando el patrón y color.

En lo que se refiere a la carga contaminante del proceso (Ver Tabla N° 08), el contenido de contaminantes orgánicos en los efluentes líquidos es alto, al igual que en otros procesos que utilizan curtientes orgánicos como los taninos (Krishnamoorthy, Sadulla, Sehgal, & Mandal, 2012). En el proceso desarrollado y tratado, correspondiente a desengrase con 8% de hidrocarburos, la carga contaminante se incrementó por el alto contenido de grasas proveniente de la piel de paiche, sin embargo, el tratamiento de estos efluentes es viable a través de sistemas que incluyan procesos tales como: sedimentación, filtración y coagulación-floculación. Los resultados de los ensayos en los efluentes tratados mostraron que la remoción de la carga contaminante alcanzó los límites máximos permisibles de SST, pH, DBO<sub>5</sub> para efluentes a ser descargados al sistema de alcantarillado según el DS N° 002-2003-PRODUCE, excepto para el DQO que es superado en 18 mg/L y aceites y grasas, superado en 116,3 mg/L.

## V. CONCLUSIONES

El desengrase de las pieles de paiche para su curtición conservando color y patrón es un proceso que debe ser controlado para evitar el amarillamiento de las pieles curtidas y el afloramiento del olor "característico a pescado". En este trabajo de investigación la remoción de grasas se logró mediante el uso de mezclas de hidrocarburos, tensoactivos desengrasantes y enzimas lipídicas en ciclos repetitivos antes y después del piquelado. El nivel de grasa en las pieles curtidas llegó a una concentración de 11%, valor que asegura un nivel imperceptible del olor "característico a pescado". La temperatura de contracción de las pieles curtidas y sus propiedades físico-mecánicas se encontraron dentro de los estándares establecidos y recomendados para su uso en la fabricación de artículos de calzado, vestimenta y marroquinería. Los efluentes del proceso de curtición desarrollado, presentan altos niveles de contaminantes orgánicos los cuales fueron reducidos a escala de laboratorio mediante procesos de sedimentación, tamizado y coagulación-floculación. No obstante, consideramos que la investigación con enzimas y otros productos biodegradables para la remoción de grasas en especies como el paiche debe ser profundizada para lograr una mayor remoción del

contenido de grasas que asegure el buen desempeño de la piel en la fabricación de artículos y en su uso, y de esa manera disminuir el impacto ambiental por la aplicación de hidrocarburos. Por otro lado, la carga orgánica puede ser removida a un mayor nivel utilizando procesos complementarios como la flotación que contribuiría a que se alcancen no solo los estándares de efluentes para alcantarillado sino también para aguas superficiales.

## VI. RECOMENDACIONES

La curtición de pieles de peces amazónicos, es una actividad que debe ser considerada como una importante oportunidad para poner en valor nuestros recursos, sin embargo, la procedencia de las pieles debe ser de la actividad acuícola formal, de tal manera que se evite depredar estas especies. La técnica de curtición desarrollada debe ser escalada incluyendo el tratamiento de los efluentes para evitar impactos negativos en el medio ambiente.

El escalamiento de la técnica de curtición implicará el desarrollo de equipamiento para operaciones mecánicas, tales como descarnado, rebajado y lijado diseñado específicamente para la curtición de paiche, ya que la maquinaria existente está dimensionada para pieles mucho más grandes como las de vacuno. El desarrollo de equipos de rebajado, por ejemplo, permitirá disminuir el espesor de las pieles y hacerlas mucho más manejables para la confección de prendas de vestimenta.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afsar, A., & Cetinkaya, F. (2008). Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process. *Indian Journal of Chemical Technology*, 15(5), 507–510.
- Afşar, A., & Çetinkaya, F. (2008). A research on increasing the effectiveness of degreasing process by using enzymes. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(4), 278–283.
- Alcántara Bocanegra, F., Wust, W. H., Tello Martín, S., Rebaza Alfaro, M., & Del Castillo Torres, D. (2006). *Paiche el gigante del amazonas*. WUST Ediciones.
- CHINA LEATHER AND FOOTWEAR INDUSTRY. (n.d.). *Developing countries training course on eco-leather manufacture technology*.
- Choudhary, R. B., Jana, A. K., & Jha, M. K. (2004). Enzyme technology applications in leather processing. *Indian Journal of Chemical Technology*, 11(5), 659–671.
- Chu Koo, F., Fernández Méndez, C., Rebaza Alfaro, C., Darias, M. J., García Dávila, C. R., García Vásquez, A., ... Arbildo, H. (2017). *El cultivo del paiche: biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas*. Repositorio Institucional - IIAP. Retrieved from <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/267>
- Covington, A. D., Song, L., Suparno, O., Koon, H. E. C., & Collins, M. J. (2008). Link-lock: An explanation of the chemical stabilisation of collagen. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 92(1), 1–7.
- Duraisamy, R., Shamena, S., & Berekete, A. K. (2016). A Review of Bio-tanning Materials for Processing of Fish Skin into Leather. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 39(1), 19. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Seguye\\_Shamena/publication/308167382\\_A\\_Review\\_of\\_Bio-tanning\\_Material\\_for\\_processing\\_of\\_Fish\\_Skin\\_into\\_Leather/links/59bd2fc20f7e9b48a293b137/A-Review-of-Bio-tanning-Material-for-processing-of-Fish-Skin-into-Leather.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Seguye_Shamena/publication/308167382_A_Review_of_Bio-tanning_Material_for_processing_of_Fish_Skin_into_Leather/links/59bd2fc20f7e9b48a293b137/A-Review-of-Bio-tanning-Material-for-processing-of-Fish-Skin-into-Leather.pdf)
- Escoto-Palacios, M. J., Pérez-Limiñana, M. Á., & Arán-Ais, F. (2016). *From leather waste to functional leather*.
- Fischer, C., Izquierdo, F., Mähner, P., Drexler, J., Reetz, I., & Segura, R. (2011). Fatliquoring from a viewpoint of sustainability. In *31st IULTCS Congress*. Valencia, España.
- Fotouh, D. M. A., Bayoumi, R. A., & Hassan, M. A. (2016). Production of Thermoalkaliphilic Lipase. *Hindawi Publishing Corporation, 2016*(Enzyme Research). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2016/9034364>
- Fujita, A., Isogai, A., Endo, M., Utsunomiya, H., Nakano, S., & Iwata, H. (2010). Effects of sulfur dioxide on formation of fishy off-odor and undesirable taste in wine consumed with seafood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4414–4420. <https://doi.org/10.1021/jf9041547>
- Hermiyati, I. H., Syabani, M. W. S., & Silvianti, F. S. (2017). Vegetable Tanning Process Of Starry Trigger Fish (Abalistes Stellaris) And Its Plotting To Leather Products. *The 7th International Seminar on Tropical Animal Production*, (September), 475–474.
- Kılıç, E. (2013). Evaluation of degreasing process with plant derived biosurfactant for leather making: An ecological approach. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(2), 181–187.
- Krishnamoorthy, G., Sadulla, S., Sehgal, P. K., & Mandal, A. B. (2012). Green chemistry approaches to leather tanning process for making chrome-free leather by unnatural amino acids. *Journal of Hazardous Materials*, 215–216, 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.02.046>
- Kuria, A., Ombui, J., Onyuka, A., Sasia, A., Kipyegon, C., Kaimenyi, P., & Ngugi, A. (2016). Quality Evaluation of Leathers Produced By Selected Vegetable Tanning Materials from Laikipia County, Kenya. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science Ver. 1*, 9(4), 2319–2372. <https://doi.org/10.9790/2380-0904011317>
- Nawaz, H. R., Solangi, B. A., Nadeem, U., Zehra, B., & Zeeshan, M. (2011). PREPARATION AND APPLICATION OF DEGREASING ENZYME FOR LEATHER FROM INDIGENOUS RESOURCE: A STEP FOR REDUCTION OF TANNERY, 1–5.
- PROMPERÚ. (2017). *Informe Especializado Oportunidades Comerciales para el Paiche en Europa*. Lima.
- Sae-leaw, T., & Benjakul, B. A. (2014). Fatty acid composition, lipid oxidation, and fishy odour development in seabass (Lates calcarifer) skin during iced storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(7), 885–894. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300381>
- Singhania, R. R., Patel, A. K., Thomas, L., Goswami, M., Giri, B. S., & Pandey, A. (2015). Industrial enzymes. *Industrial Biorefineries & White Technology*, 473–497. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02035-3\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02035-3_42)
- Sivakumar, V., Chandrasekaran, F., Swaminathan, G., & Rao, P. G. (2009). Towards cleaner degreasing method in industries: ultrasound-assisted aqueous degreasing process in leather making. *Journal of Cleaner Production*, 17(1), 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.02.012>
- Sohn, J.-H., Taki, Y., Ushio, H., Kohata, T., Shioya, I., & Ohshima, T. (2005). Lipid Oxidations in Ordinary and Dark Muscles of Fish: Influences on Rancid Off-odor Development and Color Darkening of Yellowtail Flesh During Ice Storage. *Journal of Food Science*, 70(7), s490–s496. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11497.x>

Valeika, V., Širvaityte, J., & Beležka, K. (2010). Estimation of chrome-free tanning method suitability in conformity with physical and chemical properties of leather. *Medziagotyra*, 16(4), 330–336.