



Obtención de ensilaje biológico a partir de fermentación láctica de residuos pesqueros

Obtaining biological silage from lactic fermentation of fish waste

Margarita del Rosario Salazar-Sánchez^a, Ingris Yohana Hernández-Martínez^b, Rodrigo Rene Cuello-Marín^c, Iris Karine Martínez Quintero^d, Jeannie Vildary-Naranjo^d

^aDoctora en Ciencias Agrarias y Agroindustriales; ^bMédico Veterinario y Zootecnista; ^cIngeniero pesquero; ^dIngeniera Agroindustrial. Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica. Aguachica, Colombia.

Correspondencia: mdelrosariosalazar@unicesar.edu.co

Recibido: Junio 26, 2023. Aceptado: Julio 31, 2023. Publicado: Agosto 30, 2023.

Resumen

Los desechos del pescado como materia prima, aprovechando estos se consideran como un subproducto valioso por ser fuente de nutrientes que con procesos de transformación pueden llegar a evitar problemas de contaminación ambiental. Los residuos provenientes de la pesca no tienen un tratamiento adecuado referente su disposición final, siendo un factor contaminante del ambiente, además no son utilizados de manera racional, debido al desconocimiento de los procesos tecnológicos aplicables para la utilización de los co-productos que genera esta actividad diariamente, con la caracterización y aprovechamiento agroindustrial de estos residuos en la elaboración de un ensilado biológico. El objetivo de este trabajo fue obtener un ensilaje biológico con residuos de pesca en Gamarra (Cesar). Para la elaboración se utilizó un diseño experimental factorial 2 x 3, el primer factor la fuente de carbono (melaza) con dos niveles de 12% y 18%; y un segundo factor, fermento utilizando yogurt, con 3 niveles de 6%, 11%, y 15%; los cuales se evaluaron a un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$), obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno (24 unidades experimentales); las mezclas obtenidas fueron introducidas en unos reactores plásticos, por 15 días a temperatura ambiente, monitoreando las variables pH y acidez durante el ensayo, pasado este tiempo el ensilado fue sometido a secado por aire caliente. Logrando obtener un producto con niveles de proteína entre 32 y 43% y grasa con un porcentaje entre 19 y 33%. Los análisis microbiológicos ubican al producto obtenido como un pienso inocuo siendo un producto apto para consumo animal.

Palabras clave: Acuicultura; Biotecnología; Nutrición; Pez.

Abstract

Fish waste, when used as raw material, is considered a valuable byproduct due to its nutrient content, and through transformation processes, it can help prevent environmental pollution. The waste generated from fishing activities is not adequately treated in terms of its final disposal, which contributes to environmental contamination. Additionally, these waste materials are not used rationally due to a lack of knowledge regarding the applicable technological processes for utilizing the byproducts generated on a daily basis. This study aims to characterize and utilize these agro-industrial waste materials in the production of biological silage. The objective of this research was to obtain biological silage using fish waste in Gamarra (Cesar). An experimental factorial design of 2 x 3 was employed, with the first factor being the carbon source (molasses) at two levels of 12% and 18%, and the second factor being the fermenting agent, which utilized yogurt at three levels of 6%, 11%, and 15%. These factors were evaluated at a confidence level of 95% ($P < 0.05$), resulting in six treatments with four replications each (24 experimental units). The mixtures obtained were placed in plastic reactors and kept at room temperature for 15 days, with pH and acidity levels monitored throughout the experiment. After this period, the silage was subjected to hot air drying. The final product exhibited protein levels ranging from 32% to 43% and fat content ranging from 19% to 33%. Microbiological analysis confirmed the product's safety as animal feed, making it suitable for consumption.

Keywords: Aquaculture; Biotechnology; Nutrition; Fish.

1. Introducción

La industria pesquera a nivel mundial alcanzó un récord de 96,4 millones de toneladas [1], afectando el ambiente con la generación de residuos (aproximadamente 59 x 10⁹ ton), y pérdidas en el manejo del cultivo, almacenamiento, distribución y comercialización de desechos. En Colombia se cultiva alrededor de 97 ton de bocachico, nicuro, bagre, capaz y entre otros [2], que ocasionan con 50% de sobrantes como: partículas de carne, espinas, piel, cabeza, generando entre el 5-11% de vísceras [3,4], sin embargo, se ha reportado

que el aprovechamiento más razonable de este desecho se encuentra la producción de ensilado de pescado para la elaboración de alimentos en las producciones bovinas, porcinas, avícolas y acuícolas, entre [5-8].

El ensilaje de pescado es una alternativa para conservar los desechos o subproductos del pez por medio de la acidificación directa de estos con ácidos orgánicos, inorgánicos o mezcla de ambos (ensilado químico), o por fermentación de azúcares (ensilado biológico (EB)) que

producen ácido láctico [9], este último es una opción viable debido a su fácil elaboración y bajo costo, que por medio de fermentación controlada con bacterias lácticas y carbohidratos, se obtiene un producto acidificado estable, con cualidades nutritivas. Cabe destacar que el ensilaje de pescado se utiliza actualmente para alimentos en el sector pecuario como fuente de proteína, por ende, el aprovechamiento de estos residuos genera una mejora en los costos de la alimentación animal, asimismo disminuye la contaminación en el medio ambiente. Por tal motivo el objetivo del presente estudio fue caracterizar y aprovechar los residuos generados por la actividad pesquera en la elaboración de un EB.

2. Método y materiales

El experimento fue realizado en las instalaciones del laboratorio de química de la facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica. Se utilizó como materia prima (MP) los residuos de *Prochilodus reticulatus magdalenae* (Steindachner, 1878); *Leporinus muyscorum* (Steindachner, 1902); *Curimata (Acuticurimata) mivartii* (Steindachner, 1878) y *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) provenientes de la Pesquera la Pacora ubicada a las orillas del río Magdalena en el municipio de Gamarra (Cesar).

Elaboración del ensilado. El ensilado de los residuos de pescado se realizó siguiendo el diagrama de procesos con un diseño completamente aleatorio mediante un arreglo factorial, tomando como primer factor la fuente de carbono constituida por melaza (Me) con dos niveles de 12% y 18%; y como segundo factor, el fermento que consistió en una mezcla fermentada con yogurt comercial Bilife®, que contenía *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Bifidobacterium* spp. [10], con 3 niveles de 6%, 11%, y 15%, interactuando con la fuente de carbono y de fermento, para el cual se realizaron 4 repeticiones, la fermentación se realizó en reactores de 3L.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica. Se determinaron unidades formadoras de colonias de *Escherichia coli*, *Estafilococos coagulasa* positivo, Esporas *Clostridium sulfito* reductoras, *Salmonella* spp., y *Vibrio colerae* siguiendo la metodología de [11]. Así mismo, se realizó un análisis de composición bromatológica para el material determinado cenizas [12], fibra [13], grasas [14], humedad [15], proteínas y valor calórico en la materia prima de pescado, se midió el pH utilizando un pH-metro Wimcom (modelo PH8418) y la acidez titulable durante 15 días cada 24 horas en el ensilaje mediante el método descrito por [16,17].

3. Resultados y discusión

Caracterización del ensilado. La elaboración de ensilados biológicos permite aprovechar los residuos generados del procesamiento de pescado [18]. Este estudio presenta un método económico para el aprovechamiento y recuperación de componentes de alto valor nutricional presentes en las especies

pisicolas, contribuyendo a la disminución de la contaminación del ambiente [19], puesto que al usar las vísceras y escamas del pescado se optimiza la MP debido a que forman una porción importante del peso animal (15% de su peso) [20]. En la producción del ensilaje, como en este estudio, se ha reportado que los *Lactobacillus* convierten en ácido láctico (presente en el yogurt) preserva pescado [21, 22], además del ácido algunos tipos de lactobacilos producen otras sustancias (antibióticos) que aumentan su efecto de conservación [23], dado que se ha considerado que estos bacilos impiden la oxidación de las grasas [24].

Tabla 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del ensilado

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Humedad (%)	5,51	6,52	4,96	5,69	4,77	8,13
Cenizas (%)	15,36	6,50	10,06	7,77	12,03	14,82
Proteína (%)	34,26	43,82	32,96	39,28	42,58	39,60
Grasa (%)	33,05	23,63	25,54	24,21	22,11	19,11
Fibra (%)	0,00	0,19	0,18	0,16	0,33	0,71
Carbohidratos (%)	11,42	19,35	26,30	22,89	18,18	17,64
Valor Calórico (Kcal 100g ⁻¹)	480	465	467	467	442	401

De acuerdo a la composición proximal (Tabla 1), se obtuvo un subproducto con amplio potencial para la nutrición animal con un porcentaje de proteína que osciló entre 32 y 43%, este resultado es similar al reportado por [25] que uso residuos de *Pleuonectes platessa*, *Solea* y *Platichthys flesus* para ensilaje y con [26] que uso *Oreochromis niloticus* que obtuvo un contenido proteico total de 30,6%.

El contenido graso fue de 33,05% para el T1, similares a los reportados [27], en el cual oscilaron entre 12 y 15,5%, con este resultado el ensilaje puede ser utilizado para mejorar la inmunidad animal dado que es uno de los contenidos más importante en la dieta, asimismo como el suplemento de triglicéridos, fosfolípidos, ésteres de cera y éteres de glicerol [28,29].

En el caso de las cenizas se obtuvo un máximo de 15,36% (T1) y un mínimo de 6,50% (T2), las cuales están relacionadas con la cantidad de carbono presente en las muestras por aporte de trazas o presencia de huesos en los residuos del pescado ensilado [30], se obtuvo un máximo de 15,36% (T1) y un mínimo de 6,50% (T2), estos resultados son similares a los obtenidos por [31] de 8.85% usando vísceras de *Oreochromis spp.*

Los porcentajes de fibra en los 6 tratamientos oscilaron entre 0,16% y 0,71% datos similares a lo reportado por [32], de 0-6%, teniendo en cuenta que las vísceras están constituidas por tejido conjuntivo y fibroblasto [33], que al ser fermentados se degradan y por lo tanto no aportan fibra al ensilado, los resultados encontrados pueden deberse a residuos de quitina presentes en los residuos colectados, producto de la ingesta de los peces [34].

Tabla 2. pH y acidez del ensilado de vísceras de pescado

Tratamiento*		pH (Unidades de pH)	Acidez (mmol L ⁻¹)
T1	Me 12% - F 6%	4.77±0.5	8.0 ± 1.15
T2	Me 12% - F 11%	4.54 ± 0.12	8.0 ±1.15
T3	Me 12% - F 15%	4.57 ± 0.10	8.0 ±1.15
T4	Me 18% - F 6%	4.46 ± 0.11	8.0±1.15
T5	Me 18% - F 11%	4.47 ± 0.12	8.0±1.15
T6	Me 18% - F 15%	4.33 ± 0.10	8.0±1.15

*Me: Melaza; F: Fermento. Valor ± DS. Fuente: Autores.

El pH y la acidez son considerados como variables críticas para proceso de elaboración de ensilado, debido a que afectan directamente el crecimiento y actividad enzimática de los microorganismos adicionados como las bacterias ácido lácticas (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Bifidobacterium* spp.) [35]. En este estudio se presentó un pH inicial promedio de 6,10 y acidez promedio de 4,32mmol g⁻¹ en la fermentación de los residuos de pescado, que disminuyó después de 360 horas a un pH y acidez final promedio respectivamente de 1,0 y 15,0 mmol g⁻¹ (Tabla 2), además que esta disminución incidió en la eliminación del contenido de patógenos gramnegativos como *Salmonella* spp., y otros patógenos como *Escherichia coli*, *Estafilococo coagulasa* y *Clostridium sulfito* (Tabla 3) similar a lo reportado por [36-38] quien utilizó como inóculo cereales pre-fermentados con *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus plantarum* sobre residuos de pescado encontrando un descenso del pH por debajo de 4,5 en 30h, afectando la proliferación de *Aeromonas salmonicida*. También se encontró para los tratamientos T4, T5 y T6, que estaban compuestos por diferentes porcentajes de fermento y melaza que propiciaron el crecimiento de mohos y levaduras, en los que el pH se mantuvo ligeramente ácido [39].

Los parámetros analizados de las vísceras se encuentran dentro de los requisitos microbiológicos establecidos según la resolución 776 de 2008, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano, emanado del Ministerio de la Protección Social y se encuentran dentro de los parámetros establecidos según las Normas Técnicas Colombiana (NTC) (Tabla 3). Los reportes indican ausencia de *Salmonella* spp., ya que es una variable importante en el momento de evaluar un producto como materia prima en la elaboración de alimento para animales indicando un nivel de buena calidad y apto para consumo animal.

Tabla 3. Resultados de los análisis microbiológicos del ensilado.

Microorganismo	Tratamiento					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<i>Escherichia coli</i> (UFC g ⁻¹)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positivo (UFC g ⁻¹)	<100	<100	<100	<100	<100	<100
<i>Salmonella Spp.</i> (g)	Neg/25	Neg/25	Neg/25	Neg/25	Neg/25	Neg/25
Esporas de <i>Clostridium Sulfito reductor</i> (UFC g ⁻¹)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mohos y levaduras (UFC g ⁻¹)	<10	<10	<10	10	10	10

Fuente: Autores.

A partir de vísceras como materia prima, que es considerada un desecho, es posible elaborar un producto a costos de producción razonables (COL \$2904 kg⁻¹) comparado con el producto terminado, debido a que puede catalogarse como un suplemento proteico (proteína >20%), en que se necesitaría una cantidad menor de MP aportante de proteína en la mezcla con otros ingredientes en la elaboración de una dieta para diferentes animales, además una producción en una escala semi-industrial o industrial del ensilado, ayudaría a reducir costos, mantener producción constante y estandarizar el proceso. Por tal motivo los residuos de pescado se pueden considerar una fuente rica en proteínas, pero limitada en hidratos de carbono [40], cabe resaltar que este estudio tuvo similitud al desarrollado por [41]. En cuanto a la melaza se destaca como suplemento efectivo o fuente de carbono, de fácil adquisición y económico que resulta ser un factor incidente positivamente como fuente de energía para el desarrollo de diversos microorganismos fermentadores [42].

4. Conclusiones

La elaboración de ensilados biológicos permite aprovechar los residuos generados del procesamiento del pescado, utilizando un método económico para así recuperar los componentes de alto valor nutricional presentes en estos y contribuir a la disminución de la contaminación del ambiente, ya que las vísceras del pescado forman una porción importante del peso del animal (15%), formadas principalmente por tejido conjuntivo y quitina. La composición proximal evidenció que el ensilaje obtenido es un subproducto de gran importancia para la nutrición animal (Contenido de proteína mínimo 32.96% T3 y máximo 43.8% en T2), los análisis microbiológicos realizados a las vísceras demuestran que si se aplica una técnica de conservación adecuada estas pueden utilizarse sin la aplicación de ninguna operación de control que frene su deterioro por bacterias, y poder ser utilizadas como MP en la elaboración de subproductos para alimentación animal. En la elaboración del

EB seco se logra un rendimiento promedio de $5,3\% \pm 1,24$. Con referencia al análisis organoléptico: en el color, se pudo observar que existen diferencias entre los tratamientos, notándose pequeños cambios durante los 15 días de almacenamiento, en el tratamiento 4 se evidenció el color más oscuro, elaborado con 18% de Me y 6% de fermento esto pudo ocasionarse debido a las características colorimétricas de la Me empleada la cual es de un color marrón oscuro, teniendo en cuenta que en este tratamiento, a diferencia de los demás se utilizó mayor porcentaje de melaza con el menor porcentaje de yogurt..

Reconocimientos

Los autores agradecen a la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica por el préstamo de instalaciones para llevar a cabo la investigación.

Referencias

- [1] FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [2] Minagricultura. (2021). Sector Pesquero y Acuicola en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- [3] García-Sifuentes, C., et al. (2020). "Characterization of Fish Waste for the Development of Sustainable Aquafeed." *Journal of Aquaculture Research and Development*, 11(3), 1-5.
- [4] Lúquez-Pérez, Y., & Hleap-Zapata, J. (2020). "Fishery Waste in Colombia: Status and Potential Uses." *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 15(1), 23-31.
- [5] Afreen, M., & Ucak, İ. (2021). "Use of Fish Silage in Animal Feed: A Review." *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 4(1), 13-17.
- [6] Gomez, J., et al. (2014). "Evaluation of Different Silage Additives in Ensilaging Sardine Wastes for Animal Feed." *Animal Feed Science and Technology*, 188, 65-72.
- [7] Lúquez, Y., & Hleap, J. (2020). "Fish Silage: An Alternative to Manage Fishery Waste in Colombia." *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 15(2), 46-54.
- [8] Yamada, Y., et al. (2000). "Silage Fermentation Characteristics of Fish Waste." *Journal of Applied Microbiology*, 88(3), 445-449.
- [9] Perea, S. (2017). "Elaboración de ensilado de pescado: Una alternativa para la conservación de desechos o subproductos del pez." *Revista de Ciencia y Tecnología*, 3(2), 50-60.
- [10] Abimorad, E. G., Naves, L. P., & Oliveira, R. P. (2009). Caracterização de iogurtes com culturas probióticas comerciais. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 64(6), 371-377.
- [11] Carreño, A. L., & Hurtado, A. F. (2017). Métodos de análisis microbiológicos para alimentos. Pontificia Universidad Javeriana.
- [12] NTC 282:2002. (2002). Productos alimenticios. Determinación de nitrógeno (método de kjeldahl) y cálculo del contenido de proteína.
- [13] NTC 529:2009. (2009). Alimentos para animales. Determinación de humedad.
- [14] NTC 668:1973. (1973). Alimentos. Determinación de la fibra cruda. Método gravimétrico.
- [15] McGrath, J. M., Naem, A., & Coleman, J. G. (2016). The effect of fermenting corn with *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*, and *Lactobacillus fermentum* on feed intake, digestibility, and weight gain in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3712-3720.
- [16] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [17] De Arruda, L.F.; Borghesi, R.; Oetterer M. 2007. Use of fish waste as silage - A review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5): 879-886. DOI: 10.1590/s1516-89132007000500016
- [18] Alfio, V.G.; Manzo, C.; Micillo, R. 2021. From fish waste to value: An overview of the sustainable recovery of omega-3 for food supplements. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(4):1002. DOI: 10.3390/molecules26041002
- [19] He, C.; Cao, J.; Bao, Y.; Sun, Z.; Liu, Z.; Li, C. 2021. Characterization of lipid profiling in three parts (muscle, head and viscera) of tilapia (*Oreochromis niloticus*) using lipidomics with UPLC-ESI-Q-TOF-MS. *Food Chemistry*, 347(58):129057. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129057
- [20] Nilsson, R.; Rydin, C.; Stewart, J.W.; Takahashi, M. 1963. Fermentation as a means of preserving organic materials. En *Acta Chemica Scandinavica*:Vol.17.supl:174-179. DOI:10.3891/acta.chem.scand.17s-0174.
- [21] Olsen, R. L.; Toppe, J. 2017. Fish silage hydrolysates: Not only a feed nutrient, but also a useful feed additive. *Trends in Food Science and Technology*, 66:93-97. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.06.003
- [22] Arason, S. 1994. Production of fish silage. In: Martin A.M. (eds) *Fisheries Processing*. Springer, Boston, MA. 244-272p. DOI: 10.1007/978-1-4615-5303-8_11
- [23] De Vuyst, L.; Vandamme, E.J. 1994. Antimicrobial potential of lactic acid bacteria. En *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria*. USA. Ed. Springer. 91-142p. DOI: 10.1007/978-1-4615-2668-1_3
- [24] Van 'T Land, M.; Vanderperren, E.; Raes, K. 2017. The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish silage. *Animal Feed Science and Technology*, 234(October): 284-294. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.10.009
- [25] Oliveira Cavalheiro, J.M.; Oliveira De Souza, E.; Bora, P.S. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology*, 98(3):602-606. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.02.018
- [26] Holguín, M.; Caicedo, L.; Velloza, L. 2009. Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias ácido-lácticas. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(II):95-104.
- [27] Goosen, N.J.; De Wet, L.F.; Görgens, J.F.; Jacobs, K.; De Bruyn, A. 2014. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Animal Feed Science and Technology*, 188:74-84.
- [28] Afreen, M.; Ucak, I. 2020. Fish processing wastes used as feed ingredient for animal feed and aquaculture feed. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 6(2):55-64. DOI: 10.18331/SFS2020.6.2.7
- [29] Ramírez Ramírez, J.; Loya Olguín, J.; Ulloa, J.; Gutiérrez-Leyva, R.; Silva Carrillo, Y. 2020. Aprovechamiento de desechos de pescado y cáscara de piña para producir ensilado biológico. *Abanico Veterinario*, 10:1-12. DOI: 10.21929/abavet2020.29
- [30] Gaviria G, Y. S., Londoño F, L. F., & Zapata M, J. E. 2020. Effects of chemical silage of red tilapia viscera (*Oreochromis* spp.) as a source of protein on the productive and hematological parameters in isa-brown laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Heliyon*, 6(12), p. e05831. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05831
- [31] Viana, M. T. 2000. Nutrición de abulón. pp 33-41 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuicola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición. Acuicola*. Ed: La Paz B.C.S. (Ciudad de México). 15-18p.
- [32] Sierra, E.; Espinosa, A.; Real, F.; Herráez, P.; Castro, P.; Fernández, A. 2011. Histología y patología de los peces. Parte I: Biología y necropsia de los peces. *Revista Canaria de las ciencias veterinarias*, 44-51.
- [33] Sandbol, P. 1993. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad. IX Curso de especialización FEDNA, Barcelona, 1-28p.
- [34] Suarez, L.M.; Montes, J.R.; Zapata, J. E. 2018. Optimización del contenido de ácidos en ensilados de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con análisis del ciclo de vida de los alimentos derivados. *Información tecnológica*, 29(6):83-94. DOI: 10.4067/S0718-07642018000600083
- [35] Lindgren, S.; Pettersson, K.; Kaspersson, A.; Jonsson, A.; Lingvall, P. 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(9):765-774. DOI: 10.1002/jsfa.2740360902

- [36] Lindgren, S.; Pleje, M. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(10):1057-1067. DOI: 10.1002/jsfa.2740341005
- [37] Torres De Oliveira, A.L.; Oliveira Sales, R.; Sales Bruno, F.; Batista Santiago, J. 2013. Avaliação microbiológica da silagem biológica de resíduos de pescado das indústrias de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 07(2):68-85. DOI: 10.5935/1981-2965.20130011
- [38] Coblenz, W.K.; Akins, M.S. 2018. Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4075-4092. DOI: 10.3168/jds.2017-13708
- [39] Tacon, A.G.J. 2020. trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 28(1):43-56. DOI: 10.1080/23308249.2019.1649634
- [40] Mayta, A.C.; García, I.; Dabrowski, K.; Jiménez, R. (2021). Bacterial diversity analysis and evaluation proteins hydrolysis during the acid whey and fish waste fermentation. *Microorganisms*, 9(1):100. DOI: 10.3390/microorganisms9010100
- [41] Lakhali, D.; Bahlaouan, B.; Boutaleb, N.; Bennani, M.; El Antri, S. 2020. Agricultural valorization by biotransformation of fish wastes combined with grape marc and molasses. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(7):723. DOI: 10.13171/mjc1070200807144