



Orinoquia

ISSN: 0121-3709

orinoquiacolombiana@hotmail.com

Universidad de Los Llanos

Colombia

Hleap-Zapata, José I.; González-Ochoa, Juan M.; Mora-Bonilla, María F.  
Análisis sensorial de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con adición de harina de  
lombriz (*Eisenia foetida*)

Orinoquia, vol. 21, núm. 1, 2017, pp. 15-25

Universidad de Los Llanos

Meta, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89653552002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Análisis sensorial de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición de harina de lombriz (*Eisenia foetida*)

A sensory evaluation of red tilapia (*Oreochromis sp.*) sausages to which earthworm (*Eisenia foetida*) flour has been added

Análise sensorial de salsichas de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) Com adição de farinha de minhoca (*Eisenia foetida*)

José I. Hleap-Zapata<sup>1\*</sup>; Juan M. González-Ochoa<sup>2</sup>; María F. Mora-Bonilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Pesquero, PhD, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira, Colombia.

<sup>2</sup> Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira.

\* Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico, Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira.  
Email: jihleapz@unal.edu.co

Recibido: julio 03 de 2014

Aceptado: febrero 21 de 2017

### Resumen

Una de las principales necesidades de los seres humanos, relacionada con su alimentación, es la ingesta de proteínas de alta calidad. La producción de dicho nutriente, a nivel mundial, cada vez es más escasa y costosa. En este trabajo se evaluó sensorialmente la inclusión de proteína aportada por harina de lombriz roja californiana HLRC (*Eisenia foetida*) en salchichas elaboradas a partir de surimi de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). En una formulación previamente establecida, con inclusión de carne de res y cerdo, se sustituyeron proporciones definidas de estas carnes por la harina de lombriz. Fueron evaluados cinco tratamientos, en los cuales se reemplazó respectivamente el 4, 8, 12, 16 y 20% de proteína cárnica por igual proporción en proteína aportada por la harina de lombriz roja californiana, y un tratamiento control sin adición de HLRC. Se realizó una evaluación sensorial con base en pruebas afectivas que incluyeron las de grado de satisfacción, las de preferencia y las de aceptación, con jueces no entrenados haciendo el respectivo análisis estadístico. Los resultados del análisis sensorial mostraron que la salchicha de mayor aceptación fue aquella con inclusión del 4% seguida de aquella con adición del 8% de HLRC. A pesar de que la harina de lombriz es un producto novedoso y su uso no es común en la gastronomía colombiana, su aceptación por los degustadores fue del 78% del total de los encuestados. Esta proteína adicionada a las salchichas de tilapia roja puede ser considerada como fuente de alimentación proteica para la población colombiana.

**Palabras clave:** Agroindustria cárnica y pesquera, derivados pesqueros, proteína, nutrición humana.

### Abstract

High quality protein intake represents one of humans' main needs, related to their feeding habits; this nutrient's production worldwide is becoming increasingly scarce and costly. This work was thus involved a sensory evaluation of including protein from Californian red earthworm (*Eisenia foetida*) flour (CREF) in sausages made from red tilapia (*Oreochromis spp.*) surimi (fish paste/gel). Defined proportions of beef and pork were replaced by CREF in a previously-established formulation.

Five treatments involving replacing 4%, 8%, 12%, 16% and 20% meat protein by equal amounts of CREF were evaluated; a treatment control involved not adding CREF. Sensory evaluation was based on affective tests, which included rating degree of satisfaction, preference and acceptance; untrained evaluators were used and a statistical analysis was made of the results. Sensory evaluation revealed that the sausage which included 4% CREF had the widest acceptance, followed by that having 8% CREF. In spite of earthworm flour being a novel product and not being commonly used in Colombian gastronomy, it had 78% acceptance by the tasters involved in this study. CREF added to red tilapia sausages can be considered a source of protein food for the Colombian population.

**Key words:** Meat and fish farming industry, fishery derivative, protein, human nutrition.

## Resumo

Uma das principais necessidades dos seres humanos, relacionada à sua dieta, é a ingestão de proteínas de alta qualidade. A produção deste nutriente, em todo o mundo, é cada vez mais escassa e dispendiosa. Neste trabalho, foi avaliada em forma sensorial a inclusão de proteína de farinha de minhoca vermelho californiana HLRC (*Eisenia foetida*) em salsichas feitas de surimi de tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.). Em uma formulação previamente estabelecida, incluindo carne de boi e suína, foram substituídas em proporções definidas essas carnes por farinha de minhoca. Foram avaliados cinco tratamentos, com 4, 8, 12, 16 e 20% de proteína de carne substituídos por uma proporção igual em proteínas contribuídas pela farinha de minhoca vermelha californiana e um tratamento de controle sem adição de HLRC.

Foi realizada avaliação sensorial com base em testes afetivos que incluíram o grau de satisfação, preferência e aceitação, com juízes não treinados fazendo a respectiva análise estatística. Os resultados da análise sensorial mostraram que a salsicha mais aceita foi à inclusão de 4%, seguida de uma adição de 8% de HLRC. Embora a farinha de minhoca seja um produto inovador e seu uso não seja comum na gastronomia colombiana, a aceitação por provadores foi de 78% de todos os entrevistados. Esta proteína adicionada às salsichas de tilápia vermelha pode ser considerada como uma fonte de proteína para a população colombiana.

**Palavras-chave:** Agroindústria da carne e pesqueira, derivados da pesca, proteína, nutrição humana, indústria da carne.

## Introducción

La búsqueda de nuevas fuentes de alimentación ricas en proteína es una necesidad apremiante y de grandes consecuencias para la sostenibilidad de la humanidad (FAO, 2015). Por esta razón, la producción de alimentos a partir de recursos no tradicionales, ricos en nutrientes esenciales, como lo es la harina de lombriz roja californiana (HLRC), constituye una actividad recomendada. La literatura nos muestra varios trabajos relacionados con la utilización de la harina de lombriz roja californiana para la alimentación de diferentes animales de abasto (Nandeesh et al., 1988; Contreras-Ramos et al., 2006; Kostecka and Paczka, 2006; Isea et al., 2008; Elisen et al., 2010; King et al., 2010; Singh et al., 2010; Gómez-Brandón et al., 2013; Ncobela and Chimonyo, 2015; Naqtahnain et al., 2016; Swiderska et al., 2017) sin embargo, con relación a usos para alimentación humana son muy pocas las investigaciones realizadas. Otro de los desarrollos importantes que ha sido objeto de estudio es la aplicación de la lombriz roja californiana como elemento mejorador de suelos para agricultura (Geissen et al., 2008; Owojori and Reinecke, 2009; Liu et al., 2012; Xu et al., 2013; Rodríguez-Campos et al., 2014; Babić et al., 2016; Chachina et al., 2016; Lemitri et al., 2016; Tang et al., 2016; Tejada et al., 2016).

El análisis de la proteína aportada por la harina de lombriz roja californiana muestra valores bastante altos superando el 60% de proteína (base seca) (García et al., 2009; Abad et al., 2010; Bou-Maroun and Cayot, 2011), además de presentar una excelente composición de aminoácidos (Vielma et al., 2007; Pires, 2013) y minerales y elementos traza (Vielma et al., 2007). Por otro lado, la digestibilidad de la harina de lombriz roja californiana sobrepasa el 95%, lo que permite al cuerpo una elevada absorción de los nutrientes (Pires, 2013). Es de resaltar que este recurso no convencional se podría utilizar como una alternativa nutricional, dado que contiene los elementos esenciales para la alimentación humana (Vielma et al., 2008). Varias investigaciones en la actualidad proponen la lombriz roja californiana como una fuente importante de compuestos esenciales que pueden incorporarse a la dieta de seres monogástricos (Alcívar-Cedeño et al., 2016). Sin embargo, el uso de esta proteína está condicionado a la inclusión de ella en diferentes productos alimenticios, siendo los derivados cárnicos, tradicionales o novedosos, unos de los más indicados ya que permite disminuir costos de producción sin afectar la calidad nutricional de los mismos (Cury, 2006; Fadaee, 2012; García y Medina, 2013).

Los productos pesqueros (por captura y acuicultura) y sus productos derivados son los productos alimenticios más comercializados para la seguridad alimentaria

mundial y el comercio de alimentos (FAO, 2015; Shahidi and Ambigaipalan, 2015; Watson et al., 2015). La acuicultura a nivel mundial y en particular en Colombia, ha alcanzado grandes avances (FAO, 2015) mostrando una tendencia de crecimiento en el periodo 1985 – 2010 de 20,44% anual promedio, pasando de 572 toneladas en 1985 a 73.000 en 2010 (AUNAP, 2013). Éste crecimiento, en los últimos 20 años ha sido importante no sólo en términos de producción sino también en tecnificación y desarrollo agroindustrial (Salazar et al., 2011). Las especies de mayor interés en piscicultura en Colombia han sido la tilapia (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis sp.*), la cachama (*Piaractus brachipomus* y *Colossoma macropomum*) y la trucha (*Onchorynchus mykiss*), respectivamente con un 72,18%, 13,05% y 9,54%, dejando un 5,23% para otras especies autóctonas (AUNAP, 2013).

Según la FAO, más de 150 millones de toneladas de recursos pesqueros fueron desembarcados por captura o producidos por acuicultura en 2012, de los cuales alrededor de 136 TM (81% fueron utilizados para consumo humano directo (FAO, 2015). Una gran cantidad de estos recursos hidrobiológicos se procesa de una manera diferente en todo el mundo debido a su naturaleza altamente perecedera, potencial de exportación y demanda de productos de mar elaborados y listos para comer (Pal and Suresh, 2016). De las especies producidas en Colombia, la tilapia roja es la más apetecida en los mercados nacionales e internacionales, sobresaliendo por su presentación en forma de filetes congelados. Sin embargo, un porcentaje de dicha producción no alcanza los parámetros de calidad exigidos y debe ser utilizado para la elaboración de alimentos de mayor valor agregado, principalmente para el consumo nacional, como son los productos de salsamentaria (Hleap and Rodríguez, 2015). Por otro lado, la tendencia a nivel mundial muestra un consumo responsable de alimentos proteicos, caso del pescado (Hajkowicz et al., 2012), incluso buscando que los alimentos tengan buenas características funcionales (Das and Chakraborty, 2014).

Dentro de los productos cárnicos de mayor aceptación en el mundo y en Colombia se encuentran las salchichas embutidas y escaldadas, cuyo consumo es una práctica muy común, siendo las materias primas más utilizadas para su fabricación las carnes de res, cerdo, pollo o mezclas de éstas (Rodríguez et al., 2015). En los últimos años, tanto en Colombia como en el mundo en general, se han desarrollado diferentes alternativas de uso de fuentes de proteína no tradicionales para la fabricación de embutidos de este tipo (Saadoun y Cabrera, 2008; Hleap y Velasco, 2010; Leygonie et al., 2012; Intarasirisawat et al., 2014).

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar sensorialmente la aceptación de salchichas elaboradas a partir de filetes de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición, como fuente de proteína alternativa, de harina de lombriz roja californiana HLRC (*Eisenia foetida*), como una posibilidad de desarrollo alimenticio para la población colombiana, a menores costos de producción y a un alto valor nutricional.

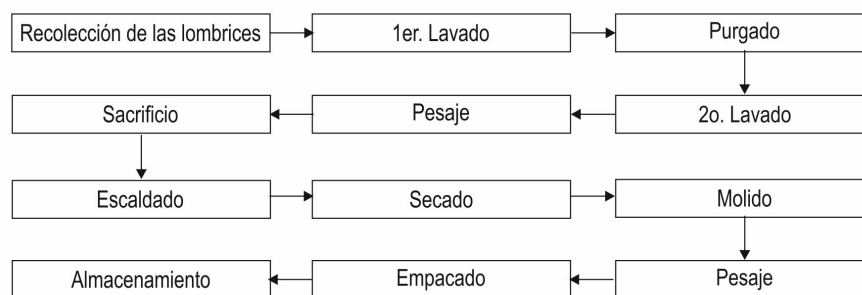
## Materiales y métodos

### Materias primas

Se utilizaron dos materias primas básicas: la harina de lombriz roja californiana (HLRC) y la tilapia roja. La primera se obtuvo por vía directa en el campus de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira y para su elaboración se aplicó el procedimiento que se muestra en la figura 1. Los filetes de tilapia roja se adquirieron en un supermercado de la ciudad de Palmira (Valle del Cauca) y correspondieron a filetes comerciales en presentación en bolsas de polietileno de 500 g, garantizando su calidad a través del Registro Sanitario otorgado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia – INVIMA. Los filetes se mantuvieron en congelación hasta el momento de su utilización. Los demás ingredientes (carne de res, cerdo, grasa de cerdo) y los condimentos (sal, azúcar, ajo paprika, etc.) igualmente se adquirieron en un supermercado de la ciudad de Palmira. Los aditivos se adquirieron en una tienda especializada de la ciudad de Cali (Valle del Cauca) y correspondieron a aditivos tradicionalmente utilizados para productos alimenticios cárnicos. Figura 1.

### Obtención de la HLRC

Las lombrices se acopiaron manualmente, a partir de una cría de lombrices ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira. Se seleccionaron los ejemplares de mayor tamaño, las cuales se consideran lombrices adultas y que, además, cuantitativamente eran la mayoría ya que todas las lombrices fueron sembradas en una misma cohorte. La temperatura de acopio, correspondió a la temperatura promedio de la ciudad de Palmira, calculada para la época de cosecha en 23°C. Se recolectó una cantidad total de 25 kg de lombrices en fresco. Utilizando zaranadas de madera se buscó que las propias lombrices se precipitaran sobre éstas al entrar en contacto con la luz solar, posibilitando de esta forma ser recolectadas. El primer lavado se realizó con el fin de retirar las partículas de materias extrañas, procedimiento que se realizó con abundante agua durante 15 a 20 minutos,



**Figura 1.** Proceso tecnológico para la obtención de la harina de lombriz roja californiana (HLRC).

por cohorte de lombriz recolectada. Posteriormente, las lombrices se sometieron a un procedimiento de purgado con el fin de limpiar el intestino. Para esto se utilizó una mezcla de harina de trigo con agua en proporción de 1:2, la cual fue adicionada a un recipiente que contenía las lombrices, dejando espacios de aire para evitar que las lombrices se asfixiaran. Esta operación tuvo una duración de 24 horas. Después del purgado, se procedió a un segundo lavado con agua abundante para despojar las partículas de la mezcla harina-agua, operación que se realizó sobre una malla, para evitar que las lombrices escaparan. Las lombrices obtenidas se pesaron, con el fin de calcular el rendimiento de la harina final. Para el sacrificio de las lombrices, se preparó en un recipiente de boca ancha una solución salina con concentración de 10 a 15% y en él se las sumergió totalmente. La duración del proceso fue de aproximadamente 5 minutos, tiempo suficiente para que se presentara el shock osmótico. Posterior a esto, se sometieron a un escaldado a temperatura que fluctuó entre 70 y 100°C con una duración de tres a cinco minutos con el fin de inactivar las enzimas deterioradoras. El tipo de secado aplicado fue el de liofilización, el cual consistió en una congelación previa a  $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y un sometimiento a liofilización en un equipo Freezone L & W con bomba de vacío Labcomco Freezone 195, Missouri, USA. durante 48 horas. Las lombrices secas se pasaron a un proceso de molido en un molino IKA M-20s3, USA. Por último, la harina obtenida se pesó, lo cual permitió calcular el rendimiento en peso y se sometió a empaque en bolsas de polietileno al vacío utilizando una máquina empacadora EGARVAC S.C.P. Basic B (Vacarisses, Barcelona, España). Las bolsas después de selladas se cubrieron con papel aluminio, para evitar durante el almacenamiento la acción de los rayos solares que pudieran llevar a procesos de oxidación y rancidez. El almacenamiento se llevó a cabo en una cámara seca y oscura a temperatura ambiente, cuidando de mantener baja la humedad relativa ambiental de la cámara.

### ***Elaboración de la salchicha***

Las salchichas fueron elaboradas en el Laboratorio de Tecnología de Carnes de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira, siguiendo una formulación desarrollada y validada en investigaciones anteriores (Hleap y Velasco, 2010; Hleap y Velasco, 2012). Dicha formulación está sustentada en la elaboración de una pasta base a partir de los filetes de tilapia denominada surimi de tilapia. Se evaluó la sustitución de las carnes de res y cerdo por la adición de HLRC en cantidades que garantizaran una participación proteica igual a la aportada por dichas carnes. En consecuencia se establecieron cinco tratamientos en los cuales se sustituyó respectivamente el 4, 8, 12, 16 y 20% de cada una de estas carnes por igual proporción de proteína representada en cantidades equivalentes de HLRC. Para esto se utilizó un factor de conversión proteico de 54,26%, el cual se calculó con base en el contenido de proteína de las carnes de res y cerdo, así como también de la HLRC. Además de lo anterior se elaboró una salchicha testigo de igual formulación y proceso exenta de la HLRC. En la tabla 1, se aprecian los tratamientos planteados para el desarrollo de la investigación.

Las salchichas se fabricaron a partir del surimi previamente elaborado. Éste se recibió directamente de la unidad de frío en forma de bloques congelados. En el cúter Hobart 84181-D (Corporation Troy, Ohio, USA) se mezclaron todos los ingredientes de acuerdo a cada uno de los tratamientos definidos. El mezclado se realizó durante aproximadamente 15 minutos hasta obtener una pasta homogénea y cuidando de no sobrepasar la temperatura de 12°C durante el proceso para evitar la desnaturalización de la proteína, lo cual impediría la formación de una buena emulsión. El control se realizó adicionando el hielo de la formulación durante el proceso de cutedo. Una vez obtenida la emulsión, se procedió a embutir usando una embutidora Javar Tecnología Alimentaria, Bogotá, Colombia). Para esto se utilizaron tripas sintéticas (Amicel®) calibre 22 mm. La tripa embutida se amarró



**Tabla 1.** Composición porcentual de las salchichas para los tratamientos desarrollados en la investigación.

Materias primas, %	Tratamiento Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
	0% de sustitución de carnes	4% de sustitución de carnes	8% de sustitución de carnes	12% de sustitución de carnes	16% de sustitución de carnes	20% de sustitución de carnes
Surimi de tilapia roja	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Carne de res	10,00	8,00	6,00	4,00	2,00	0,00
Carne de cerdo	10,00	8,00	6,00	4,00	2,00	0,00
Grasa de cerdo	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
HLRC	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00

manualmente dividiéndola en porciones uniformes de peso aproximado de 60 g por unidad. Posteriormente, las salchichas se sometieron al proceso de escaldado en agua a 80°C, hasta que la temperatura interna alcanzó 72°C, temperatura medida con un termómetro de aguja Checktemp HI98501 (HANNA Instruments Ltda., Leighton Buzzard, Bedfordshire, Inglaterra). Por último, las salchichas fueron enfriadas sumergiéndolas en agua fría, secadas, para lo cual se suspendieron en los soportes de una cámara de secado eléctrica marca Yuanyao-Tech, China a temperatura de 30°C y humedad relativa de 85% durante tres horas y empacadas al vacío con la ayuda de una máquina EGARVAC S.C.P. Basic B (Vacarisses, Barcelona, España). De esta forma las salchichas fueron almacenadas a temperatura de refrigeración (2°C ± 2°C) hasta el momento de realizar las pruebas sensoriales.

### **Análisis sensorial**

Se realizaron pruebas afectivas, las cuales correspondieron a pruebas de grado de satisfacción, pruebas de preferencia y pruebas de aceptación según las metodologías propuestas por Sancho *et al.*, (1999), Carpenter *et al.*, (2002) y Anzaldúa-Morales (2005). A través de estas pruebas se conoció la opinión de los jueces evaluadores respecto al producto analizado (Hleap y Molina, 2008; Martínez *et al.*, 2010). El proceso se desarrolló con el concurso de 100 jueces consumidores no entrenados escogidos al azar, profesores, estudiantes y funcionarios de la Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira. El horario de la evaluación sensorial aplicado fue entre las 2:00 y las 5:00 P.M. con el propósito de no alterar las apreciaciones de los jueces por efecto de hambre o saciedad. Para el desarrollo de la investigación se descartaron las salchichas que incluyeron una sustitución del 16 y 20% con HLRC, ya que sus características de textura y

consistencia no fueron aceptables. A través de estas pruebas se conoció la opinión del consumidor respecto al producto analizado.

Para la degustación, las salchichas fueron asadas en sartén y para una mejor presentación se trocearon en fragmentos pequeños proporcionalmente uniformes. Las muestras fueron codificadas con códigos numéricos aleatorios de cuatro cifras, de tal suerte que los jueces no se formaran una idea acerca de las características de las mismas. Para el tratamiento testigo (0% de sustitución de carnes por HLRC) se utilizó el 3488, para el tratamiento 1 (4% de sustitución de carnes por HLRC) el 6715, para el tratamiento 2 (8% de sustitución de carnes por HLRC) el 2790 y para el tratamiento 3 (12% de sustitución de carnes por HLRC) el 5731.

Para la prueba de grado de satisfacción se brindó a los jueces las cuatro muestras de salchichas en un orden aleatorio y se buscó conocer su grado de satisfacción a través de una encuesta que incluyó una escala hedónica de siete puntos, la cual abarcó desde “me gusta muchísimo asociado al número 1 hasta “me disgusta muchísimo” correspondiente al número 7, para los parámetros “sabor”, “olor”, “color”, “textura” y “aceptabilidad”. Para la prueba de aceptación y preferencia se ofrecieron las muestras a los jueces descartando la salchicha testigo, quienes después de probarlas debieron indicar cuál de ellas era de su mayor preferencia para posteriormente, mediante análisis estadísticos, evaluar cuál fue la de mayor aceptación.

### **Análisis estadístico**

La información obtenida en las encuestas durante el análisis sensorial se procesó a través del programa estadístico SPSS Windows v 19.0, en el cual se estableció la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) de cada uno de los parámetros

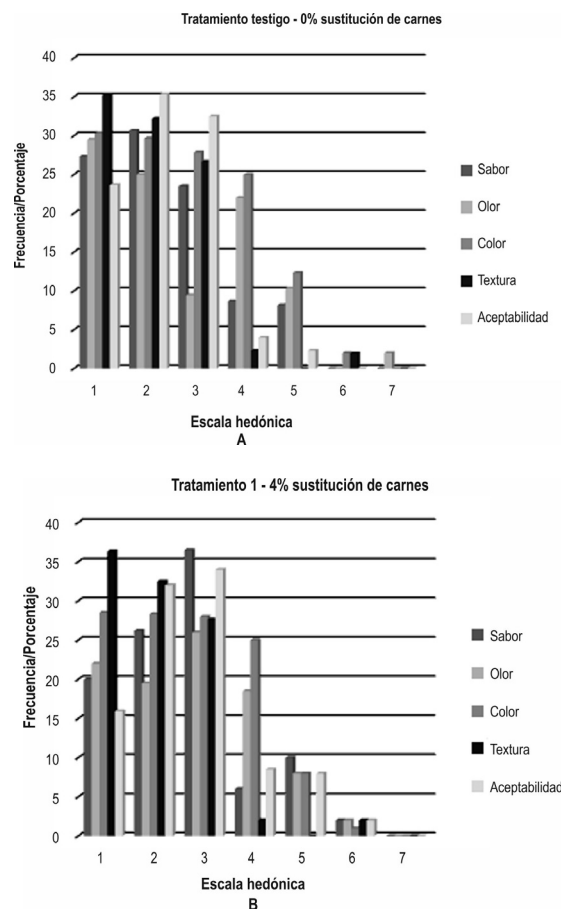
analizados y a través de una Análisis de Varianza – ANOVA completamente aleatorio y una Prueba de promedios múltiples de Tukey a un nivel de significancia del 5% se detectaron discrepancias entre los valores de las medias.

## Resultados

En la tabla 2 se muestra el análisis proximal realizado para las seis salchichas elaboradas a partir de filetes de tilapia con adición de diferentes niveles de HLRC como sustitución de los niveles de proteína aportada por las carnes de animales terrestres. Tabla 2.

En la figura 2 se muestran las frecuencias de respuesta de la prueba de grado de satisfacción para las diferentes salchichas analizadas. De las cuatro muestras, la primera (tratamiento control) presentó el mejor desempeño para los cinco parámetros analizados: sabor, olor, color, textura y aceptabilidad. Esto se evidencia ya que obtuvo la mayoría de las opiniones en los tres primeros puntos de la escala hedónica: me gusta muchísimo, me gusta mucho y me gusta ligeramente. El valor promedio para el atributo “sabor” en estos tres puntos fue de 28,00%, para el atributo “olor” fue de 22,00%, para el atributo “color” fue de 25,66%, para el atributo “textura” fue de 32,00% y para el atributo “aceptabilidad” fue de 31,33%. De las muestras con inclusión de HLRC, la de mejor desempeño fue aquella que tuvo una inclusión de 4% de dicha harina. Para esta salchicha, el promedio para los tres primeros puntos de la escala hedónica, respectivamente para cada parámetro (sabor, olor, color, textura y aceptabilidad) fue de 27,33%, 22,66%, 23,33%, 18,00% y 27,33%. Estos valores, para la salchicha con inclusión del 4% de HLRC, superan considerablemente los valores obtenidos para las salchichas con mayor inclusión de la

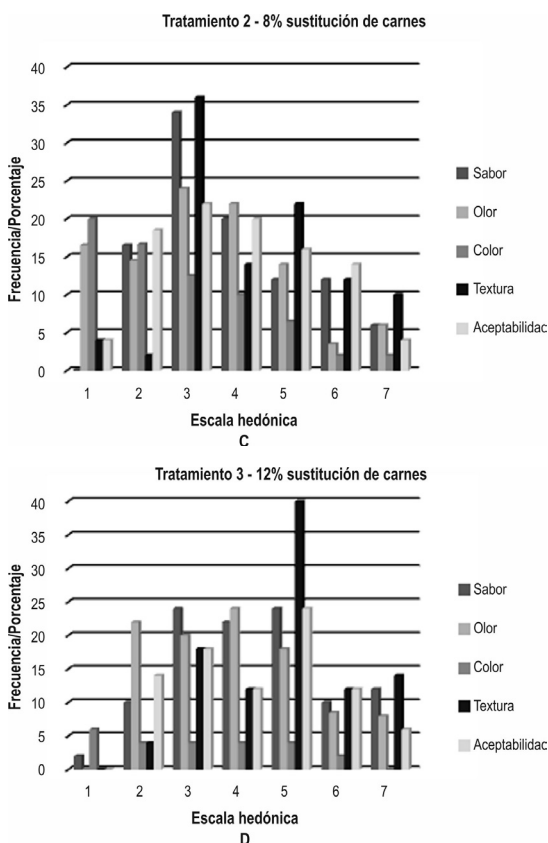
misma. Además de lo anterior, el más alto promedio para los cinco parámetros analizados, en los puntos de la escala hedónica: me disgusta ligeramente, me disgusta mucho y me disgusta muchísimo lo obtuvo la salchicha con adición de 12% de HLRC, en donde los valores fueron respectivamente para sabor, olor, color, textura y aceptabilidad de 14,00%, 11,33%, 12,00%, 22,00% y 14,00% Figura 2.



**Tabla 2.** Análisis proximal de las seis salchichas elaboradas <sup>(1)</sup>

Tratamiento	Materia seca, %	Proteína bruta, %	Extracto etéreo, %	Fibra detergente neutra, %	Cenizas, %	Carbohidratos, %	Energía bruta, cal/g
0% HLRC	62,92±1,89 <sup>a</sup>	14,08±0,56 <sup>a</sup>	16,87±0,72 <sup>a</sup>	1,20±0,06 <sup>a</sup>	3,08±0,68 <sup>a</sup>	1,85±0,23 <sup>a</sup>	2.014,92 <sup>a</sup>
4% HLRC	63,02±1,76 <sup>a</sup>	14,89±0,64 <sup>b</sup>	14,61±0,55 <sup>a</sup>	0,54±0,02 <sup>a</sup>	3,19±0,65 <sup>a</sup>	3,75±0,94 <sup>b</sup>	2.355,77 <sup>a</sup>
8% HLRC	63,20±1,68 <sup>a</sup>	15,95±0,69 <sup>b</sup>	13,53±0,62 <sup>a</sup>	1,25±0,18 <sup>a</sup>	3,61±0,78 <sup>a</sup>	2,46±0,73 <sup>a</sup>	2.382,92 <sup>a</sup>
12% HLRC	60,48±1,45 <sup>a</sup>	17,18±0,60 <sup>a</sup>	14,25±0,71 <sup>a</sup>	1,67±0,22 <sup>a</sup>	3,61±0,74 <sup>a</sup>	2,81±0,92 <sup>a</sup>	2.790,45 <sup>a</sup>
16% HLRC	55,82±1,22 <sup>b</sup>	19,09±0,73 <sup>c</sup>	15,48±0,76 <sup>a</sup>	0,28±0,07 <sup>a</sup>	3,81±0,75 <sup>a</sup>	5,52±0,87 <sup>c</sup>	2.596,47 <sup>b</sup>
20% HLRC	55,74±1,21 <sup>b</sup>	20,39±0,78 <sup>c</sup>	14,12±0,77 <sup>a</sup>	0,47±0,09 <sup>a</sup>	3,76±0,76 <sup>a</sup>	5,53±0,87 <sup>c</sup>	3.214,30 <sup>c</sup>

<sup>(1)</sup> Medias (n = 3) con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (p<0,05). Cada valor indica la media de la medición de ± error estándar.



1 Me gusta muchísimo, 2 Me gusta mucho, 3 Me gusta ligeramente, 4 Ni me gusta ni me disgusta, 5 Me disgusta ligeramente, 6 Me disgusta mucho, 7 Me disgusta muchísimo.

**Figura 2.** Frecuencia de respuesta de la prueba del grado de satisfacción para: **A** – Tratamiento testigo, **B** – Tratamiento 1, **C** – Tratamiento 2, **D** – Tratamiento 3 (muestra realizada con base en 100 jueces evaluadores).

El análisis estadístico mostró que no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los atributos “sabor”, “olor”, “color” y “aceptabilidad” entre la salchicha del tratamiento testigo y aquella con inclusión de 4% de HLRC, mientras que para los otros dos tratamientos (8% y 12% de inclusión de HLRC) si fueron significativas con relación a la salchicha control. Por el contrario, en cuanto al atributo “textura” si se presentaron diferencias significativas entre la salchicha del tratamiento testigo y los tres tratamientos analizados.

Los resultados de la prueba de grado de satisfacción mostraron las intenciones de consumo de los potenciales compradores de productos embutidos a base de tilapia adicionados con harina de lombriz roja californiana. Del total de 100 jueces consumidores el 58% fueron mujeres y el 42% hombres. De acuerdo a la edad, los panelistas presentaron un grupo mayoritario entre los 21 y 30 años (72%) y un segundo grupo para personas de menos de 20 años (28%).

Para las pruebas de aceptación y preferencia se descartó la salchicha testigo (muestra 1 con 0% de inclusión de HLRC). Con el ánimo de precisar cuál de las tres salchichas ofrecidas (inclusión de 4%, 8% y 12%) sería la de mayor aceptación por parte de los consumidores, se indagó sobre la preferencia por la compra de alguna de ellas. En la tabla 3 se muestran los resultados de la intención de compra de las salchichas. El mayor porcentaje de opción de compra lo obtuvo la salchicha del tratamiento 1 (4% de inclusión de HLRC) con un 48% de encuestados, seguido de la opción de compra de las tres salchichas (sin discriminar cuál de ellas) con un 20% y, en tercer lugar, con el 18% los que manifestaron no comprar ningún tipo de salchicha. Es de notar que la salchicha con adición de 12% de HLRC no presentó intención de compra por parte de los panelistas debido probablemente a la textura de la misma. Tabla 3

**Tabla 3.** Porcentaje de intención de compra de las salchichas por parte de los jueces evaluadores.

Tipo de salchicha según tratamiento*	Intención de compra	
	Porcentaje	Porcentaje acumulado
6715 (Tratamiento 2)	48	48
2790 (Tratamiento 3)	6	54
5731 (Tratamiento 4)	0	54
6715 – 2790 (Tratamientos 2 y 3)	8	62
Todos (Tratamientos 2, 3 y 4)	20	82
Ninguno (Ningún tratamiento)	18	100

\* Tratamiento 2 – 4% inclusión de HLRC, Tratamiento 3 – 8% inclusión de HLRC, Tratamiento 4 – 12% inclusión de HLRC.

Al implantar la idea ante los consumidores de ofrecer salchichas de tilapia roja con adición de harina de lombriz roja californiana la respuesta fue positiva, ya que el 78% de los encuestados si comprarían este producto innovador. Las razones aducidas se enfocan hacia las bondades nutricionales y al cumplimiento de las necesidades básicas de la ingesta diaria, lo cual a su vez es un punto a favor para su introducción al mercado. El 22% restante de los encuestados no compraría este producto, posiblemente por la falta de cultura en cuanto al consumo de productos elaborados a partir de pescado y, en el caso de las salchichas con mayor inclusión de HLRC, a baja calidad de la textura de las mismas.

Con relación a la frecuencia de consumo que tendría la salchicha elaborada con inclusión de 4% de HLRC



se apreció que la mayor frecuencia se encuentra en el consumo diario, con un valor cercano al 80%, mientras que el valor siguiente (quincenal) apenas llega al 11%, relegando a valores mínimos los consumos mensual y ocasional. Lo anterior ratifica la buena aceptación que tuvo la salchicha con adición del 4% de HLRC entre los jueces evaluadores.

Finalmente, se relacionaron la frecuencia de consumo de la salchicha con inclusión de 4% de HLRC con la edad y el sexo de los jueces consumidores. La mayoría de los panelistas que si comprarían este producto innovador se encuentra entre los 21 y 30 años de edad. Las posibles razones por las cuales la salchicha elaborada presentó buena aceptación podrían ser las siguientes: la sustitución de proteína aportada por las carnes convencionales por una proteína limpia proveniente de la HLRC, la relación de sabor que la salchicha obtuvo comparada con las salchichas tradicionales y ser un producto más económico.

Con relación al aspecto sexo de los jueces evaluadores, se observó un alto consumo diario por parte del género femenino, pero difiere significativamente del consumo quincenal, éste realizado en mayor proporción por el género masculino. Lo anterior permite concluir que la salchicha evaluada presenta muy buenas posibilidades de posicionarse en el mercado, ya que goza de una alta demanda aparente.

## Discusión

La elaboración de salchichas con inclusión del 4% de HLRC mostró que para los atributos sabor, olor, color, textura y aceptabilidad, los resultados concuerdan con lo planteado por García *et al.*, (2007) quienes afirman que la adición de ingredientes funcionales de manera general no afecta las características sensoriales de los productos cárnicos.

Por otro lado, se puede ver que los resultados para el parámetro “sabor” en los tratamientos 2 y 3, posiblemente se debieron al sabor aportado por la tilapia roja que para algunos de los jueces evaluadores no es común en un producto embutido tipo salchicha, apreciación que coincide con lo presentado por Granados *et al.*, (2013), quienes trabajaron salchichas elaboradas con subproductos de la industria atunera. Por el contrario, para el tratamiento 1 (inclusión del 4% de HLRC), los valores obtenidos fueron aceptables, lo que concuerda con algunos estudios, en los cuales utilizaron la harina de lombriz roja californiana como materia prima para la elaboración de Galletas, en las que las personas no distinguieron el sabor entre una galleta tradicional y una galleta elaborada con harina de lom-

briz (González, 2005; Sánchez *et al.*, 2005). Lo anterior permite concluir que el sabor de la salchicha, en adición de 4% o menos de HLRC, no se ve influenciado por el sabor característico que presenta esta harina.

En cuanto el atributo “textura”, el mejor resultado de los tratamientos con inclusión de HLRC fue aquel con adición del 4% de la harina en mención, posicionándose en la escala hedónica en el nivel 3 (me gusta ligeramente). Con relación a los tres tratamientos, se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para este atributo. De acuerdo a estos resultados, se puede concluir que a medida que aumenta el porcentaje de adición de HLRC en las salchichas, se ve afectada la textura de éstas, debido posiblemente a la poca capacidad emulsificante que presenta la harina de lombriz roja californiana y la adición de sustancias extensoras y emulsificantes. Los resultados obtenidos concuerdan con los presentados por García *et al.*, (2005), quienes desarrollaron salchichas con atún y carne, así como los obtenidos por Izquierdo *et al.*, (2007), quienes trabajaron con salchichas elaboradas a base de cahama negra (*Colossoma macropomum*). Igualmente, estos resultados coinciden con los obtenidos por Hernández y Güemes (2010), quienes evaluaron las propiedades texturales en salchichas cocidas con adición de harina de cáscara de naranja, así como también con los presentados por Chaparro *et al.*, (2013), quienes encontraron una mayor dureza y firmeza en salchichas adicionadas con harina de penca de maguey.

El hecho de que se presente una mayor aceptación de las salchichas por parte del género femenino concuerda con los aportados por Tuorila *et al.*, (2001) quienes indicaron que las mujeres son menos neofóbicas a los alimentos que los hombres.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos para el análisis sensorial demostraron una alta aceptación de las salchichas elaboradas a partir de tilapia roja y adicionadas con 4% de harina de lombriz roja californiana, por parte de los jueces evaluadores no entrenados, los cuales en un 78% estarían dispuestos a comprar este producto innovador si llegara a incursionar en el mercado regional o nacional.

La salchicha elaborada con filete de tilapia roja y adición de harina de lombriz roja californiana en un 4% presentó la mejor aceptación por parte de los jueces, ya que no se presentaron diferencias significativas con respecto a la salchicha control (0% de inclusión de HLRC). Una mayor adición de HLRC incide en la no aceptación del producto debido básicamente al pará-

metro textura, el cual se vio afectado por valores superiores de HLRC.

Se estudió sensorialmente un producto no convencional que sirve como sustituyente proteico para disminuir el déficit nutricional que presentan los países subdesarrollados como lo es el caso de Colombia, abriendo una alternativa importante para el desarrollo de la acuicultura y la lombricultura en nuestro país, al proponer un producto novedoso, fácil de elaborar y de buena aceptación organoléptica.

## Referencias

- Abad RB, Bou-Maroun E, Reparet JM, Blanquet J, Cayot N. Impact of lipid extraction on the dearomatisation of an *Eisenia foetida* protein powder. Food Chemistry. 2010; 119(2):459-466.; doi: 10.1016/j.foodchem.2009.06.040.
- Alcívar-Cedeño U, Dueñas-Rivadeneira A, Sacon-Vera E, Bravo-Sánchez L, Villanueva-Ramos G. Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. Revista Tecnología Química 2016;36(2):187-196.
- Anzaldúa-Morales A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 198 p.
- AUNAP - Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. 2013. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. <http://aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/25-Diagn%C3%B3stico-del-estado-de-la-acuicultura-en-Colombia.pdf>.; consulta marzo 2016.
- Babić S, Barišić J, Bielen A, Bošnjak I, Sauerborn KR, Ujević I, Strunkjak-Perović I, Topić PN, Čož-Rakovac R. Multilevel ecotoxicity assessment of environmentally relevant bisphenol A concentrations using the soil invertebrate *Eisenia fetida*. J Hazard Mater. 2016;318:477-486. doi: 10.1016/j.hazmat.2016.07.017.
- Bou-Maroun E, Cayot N. Odour-active compounds of an *Eisenia foetida* protein powder. Identification and effect of delipidation on the odour profile. Food Chemistry 2011;124(3):889-894. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.07.014.
- Carpenter RP, Lyon DH, Hasdell TA. 2002. Análisis sensorial en el Desarrollo y control de la Calidad de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 191 p.
- Chachina BB, Voronkova NA, Baklanova ON. Biological remediation of the petroleum and diesel contaminated soil with earthworms *Eisenia fetida*. Procedia Engineering 2016;152:122-133. doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.642.
- Chaparro J, Castillejos BI, Carmona RP, Escalona HB, Pérez ML. Evaluación sensorial de salchichas con harina de cáscara de naranja y/o penca de maguey. Revista Nacameh. 2013;7(1):23-40.
- Contreras-Ramos SM, Álvarez-Bernal D, Dedooven L. *Eisenia fetida* increased removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil. Environmental Pollution. 2006;141(3): 396-401. doi: 10.1016/j.envpol.2005.08.057.
- Cury K. 2006. Determinación biológica de la calidad proteica de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*). Facultad de Medicina Humana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Trabajo de grado. 67 p.
- Das A, Chakraborty R. 2014. Interest of functional food for low-income countries. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care 17(6): 582-586.; doi: 10.1097/MCO.000000000000111.
- Elisen HJ, Mulder WJ, Hendricks TL, Elbersen HW, Beelen B, Temmink H, Buisman CJ. Aquatic worms grown on biosolids: biomass composition and potential applications. Journal Bioresource Technology 2010;101(2):804-811. doi: 10.1016/j.biortech.2009.08.060.
- Fadaee R. A review on earthworm *Eisenia foetida* and its applications. Annals of Biological Research 2012;3(5):2500-2506.
- FAO. 2015. Fisheries and aquaculture topics. Seafood products. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/fishery/topic/12253/en>.; consulta febrero 2016.
- García A, Izquierdo P, Uzcátegui BS, Faría JF, García AC. Formulación de salchichas con atún y carne: vida útil y aceptabilidad. Revista Científica FVZ-LUZ. 2005;15(3): 272-278.
- García ML, Caceres E, Selgas MD. Utilization of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. Journal of the Science of Food and Agriculture 2007;87(4): 624-631. doi: 10.1002/jsfa.2753.
- García DE, Cova LJ, Castro AR, Medina MG, Palma JR. Effect of the nutritional substrate in the chemical composition and nutritive value of red Worm (*Eisenia spp.*) meal. Revista Científica FCV-LUZ. 2009;19(1):55-62.
- García IA, Medina RM. Alimento alternativo a partir de lombriz *Eisenia foetida* generada en esquema productivo de RSO mediante lombricompostaje. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. 2013;10(1):1-39.
- Geissen V, Gómez-Rivera P, Huerta LE, Bello MR, Trujillo NA, Barba ME. Using earthworms to test the efficiency of remediation of oil-polluted soil in tropical Mexico. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008;71(3):638-642. doi: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.015.
- Gómez-Brandón M, Lores M, Dominguez J. Changes in chemical and microbiological properties of rabbit manure in a continuous-feeding vermicomposting system. Bioresource Technology. 2013;128:310-316. doi: 10.1016/j.biortech.2012.10.112.
- González E. 2005. Galletas de lombriz con alto contenido proteico. En: Diario Monitor. <http://www.alimentarioonline.com/2005/01/25/galletas-de-lombriz-con-alto-contenido-proteico>.; consulta septiembre 2015.
- Granados C, Guzmán LE, Acevedo D. Análisis proximal, sensorial y de textura de salchichas elaboradas con subproductos de la industria procesadora de atún (*Scombridae thunnus*). Información Tecnológica. 2013;24(6):29-34. doi: 10.4067/S0718-07642013000600005.

- Hajkowicz SA, Cook H, Littleboy A. 2012. Our future world: global megatrends that will change the way we live. The 2012 revision. CSIRO, Australia.
- Hernández S, Güemes N. Efecto de la adición de harina de cáscara de naranja sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de salchichas cocidas. *Revista Nacameh*. 2010;4(1):23-36.
- Hleap JI, Molina A. Evaluación sensorial de tres formulaciones de productos embutidos escaldados de pescado, tipo salchicha, a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2008;21(3):472.
- Hleap JI, Velasco VA. Analysis of the properties of texture during the storage of sausage made from red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2010;8(2):46-56.
- Hleap JI, Velasco VA. Physicochemical parameters during storage of sausages made from red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2012;10(1):42-50.
- Hleap JI, Rodríguez GC. Textural and sensory properties of sausages made with red tilapia (*Oreochromis sp.*) with addition of chontaduro flour (*Bactris gasipaes*). *Revista Ingeniería y Desarrollo*. 2015;33(2):198-215. doi: 10.14482/inde.33.2.6332.
- Intarasirisawat R, Benjakul S, Visessanguan W, Wu J. Effects of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage. *LWT - Food Science and Technology*. 2014;58(1):280-286. doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.036.
- Isea LF, Blé MC, Medina GAL, Aguirre P, Bianchi PG, Kaushik S. Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la alimentación de trucha arco iris (*Onchorinchus mykiss*). *Revista Chilena de Nutrición*. 2008;35(1):62-68. doi: 10.4067/S0717-75182008000100008.
- Izquierdo CP, García A, Allara M, Rojas E, Torres G, González P. Análisis proximal, microbiológico y evaluación sensorial de salchichas elaboradas a base de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). *Revista Científica FVZ-LUZ*. 2007;17(3):294-300.
- King RA, Vaughan IP, Bell JR, Bohan DA, Symondson WO. Prey choice by carabid beetles feeding on an earthworm community analyzed using species – and lineage – specific PCR primers. *Molecular Ecology*. 2010;19(8):1721-1732. doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04602.x
- Kostecka J, Paczka G. Possible use of earthworm *Eisenia fetida* (Sav.) biomass for breeding aquarium fish. *European Journal of Soil Biology*. 2006;42(S1):S231-S233. doi: 10.1016/j.ejsobi.2006.07.029.
- Lemitri A, Liénard A, Alabi T, Brostaux Y, Cluzeau D, Francis F, Colinet G. Earthworms *Eisenia fetida* affect the uptake of heavy metals by plants *Vicia faba* and *Zea mays* in metal-contaminated soils. *Applied Soil Ecology* 2016;104:67-78. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.11.021.
- Leygonie C, Britz TJ, Hoffman LC. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. ilifibularis*. *Meat Science*. 2012;91(3):364-368. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.020.
- Liu F, Zhu P, Xue J. Comparative study on physical and chemical characteristics of sludge vermicomposted by *Eisenia fetida*. *Procedia Environmental Sciences*. 2012;16: 418-423. doi: 10.1016/j.proenv.2012.10.058.
- Martínez O, Salmerón J, Guillén MD, Casas C. Effect of freezing on the physicochemical, textural and sensorial characteristics of salmon (*Salmo salar*) smoked flavoring. *LWT-Food Science and Technology*. 2010;43(6):910-918. doi: 10.1016/j.lwt.2010.01.026.
- Nandeesh MC, Srikanth GK, Basavaraja N, Keshavanath P, Varghese TJ, Bano K, Ray AK, Kale RD. Influence of earthworm meal on the growth and flesh quality of common carp. *Biological Wastes*. 1988;26(3):189-198. doi: 10.1016/0269-7483(88)90165-6
- Naqtahain HSNi, Faiq AM, Zakaria Z, Mohd YSJH, Abdullah R. Formulation of fish feed with optimum protein-bound lysine for African Catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *Procedia Engineering*. 2016;148:361-369. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.468
- Ncobela CN, Chimonyo M. Potential of using non-conventional animal protein sources for sustainable intensification of scavenging village chickens: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2015;208: 1-11. doi: 10.1016/j.anifeeds.2015.07.005.
- Owojori OJ, Reinecke AJ. Avoidance behavior of two ecophysiologicaly different earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. *Chemosphere*. 2009;75(3):279-283. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.12.051.
- Pal GK, Suresh PV. Sustainable valorization of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2016;37(1):201-215.
- Pires MB. 2013. Harina de lombriz: una alternativa saludable para nuestra alimentación. Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Médicas, Licenciatura en Nutrición, Mar del Plata, Argentina. 79 p.
- Rodríguez-Campos J, Dendooven L, Álvarez-Bernal D, Contreras-Ramos SM. Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review. *Applied Soil Ecology*. 2014;79:10-25. doi: 10.1016/j.apsoil.2014.02.010.
- Rodríguez H, Restrepo LF, Urango LA. Caracterización del consumo de productos cárnicos en una población universitaria de la ciudad de Medellín, Colombia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 2015;19(2):90-96. doi: 10.14306/renhyd.19.2.147.
- Saadoun A, Cabrera MC. A review of the nutritional content and technological parameters of indigenous sources of meat in South America. *Meat Science*. 2008;80(3): 570-581. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.03.027.
- Salazar S, Uribe E, Aguilar C, Klotz B. Bioconservación de pescado fresco empacado al vacío mediante la utilización de extractos antimicrobianos de bacterias ácido lácticas. *Revista Alimentos Hoy*. 2011; 20(24):8-22.
- Sánchez E, Faría A, Hernández J, Pietrosevoli S, Ballesteros A, Canelón R, Palma R. 2005. Evaluación sensorial de galletas enriquecidas con harina de lombrices (*Eisenia andrei*), obtenidas en diversos sustratos alimenticios. En: *Compendio de la Reunión*

- Latinoamericana de Producción Animal. <http://www.lumbri-cultura.blogspot.com/p/evaluación-sensorial-de-galletas.html>; consulta septiembre 2015.
- Sancho VJ, Bota PE, de Castro MJJ. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Edicions Universitat Barcelona. 336 p.
- Shahidi F, Ambigaipalan P. Novel functional food ingredients from marine sources. *Current Opinion in Food Science*. 2015; 2:123-129. doi: 10.1016/j.cofs.2014.12.009.
- Singh J, Kaur A, Vig AP, Rup PJ. Role of *Eisenia fetida* in rapid recycling of nutrients from bio sludge of beverage industry. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2010; 73(3):430-435. doi: 10.1016/j.ecoenv.2009.08.019.
- Swiderska B, Kedracka-Krok S, Panz T, Morgan AJ, Falniowski A, Grzmil P, Plytycz. Lysenin family proteins in earthworm coelomocytes – comparative approach. *Developmental & Comparative approach*. 2017;67:404-412. doi: 10.1016/j.dci.2016.08.011.
- Tang H, Yan Q, Wang X, Ai X, Robin P, Matthew C, Qiu J, Li X, Li Y. Earthworm (*Eisenia fetida*) behavioral and respiration responses to sublethal mercury concentrations in an artificial soil substrate. *Applied Soil Ecology*. 2016;104:48-53. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.12.008.
- Tejada M, Gómez I, Franco-Andreu L, Benítez C. Role of different earthworms in a soil polluted with oxyfluorfen herbicide. Short-time response on soil biochemical properties. *Ecological Engineering*. 2016;86:39-44. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.09.058.
- Tourila H, Lähteenmäki L, Pohjalainen L, Lotti L. Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. *Journal Food Quality and Preference*. 2001;12(1):29-37. doi: 10.1016/S0950-3293(00)00025-2
- Vielma RA, Carrero P, Rondón C, Medina AL. Comparación del contenido de minerales y elementos trazas en la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) utilizando dos métodos de secado. *Revista Saber*. 2007;19(1):83-89.
- Vielma RA, Rosales D, Rosales Y, Medina AL, Villareal J. Perfil electroforético y calidad microbiológica de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*). *Revista Chilena de Nutrición*. 2008;35(3):225-234. doi: 10.4067/S07117-75182008000300008
- Watson RA, Nowara GB, Hartmann K, Green BS, Tracey SR, Carter CG. Marine foods sourced from farther as their use of global ocean primary production increases. *Journal Nature Communications*. 2015;6:7365. doi: 10.1038/ncomms8365.
- Xu D, Li X, Howard A, Guan Y. Effect of earthworm *Eisenia fetida* and wetland plants on nitrification and denitrification potentials in vertical flow constructed wetland. *Chemosphere*. 2013; 92(2):201-2016. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.03.016.