



Received: April 13, 2024 / July 15, 2024

Artículo Original

Inclusión de mucosa porcina hidrolizada en la dieta y rendimiento productivo en pollos de carne

Inclusion of hydrolyzed porcine mucosa in the diet and productive performance in broiler chickens

H. Pujada-Abad¹ , A. Niño-Montesinos² , M. Vilca-Rodriguez² , F. Airahuacho-Bautista^{1*} 



<https://doi.org/>

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de la inclusión mucosa porcina hidrolizada (MPH) en la dieta inicial (0 a 10 días) sobre el rendimiento productivo en pollos de carne. **Metodología:** Se elaboró una dieta convencional basada en maíz y torta de soya como tratamiento control. En las dietas experimentales, se añadió MPH en niveles de 2, 4 y 6%, manteniendo constantes la energía, proteína y aminoácidos esenciales. Para las etapas de crecimiento y acabado, se suministró el mismo tipo de alimento a todos los tratamientos. Las aves se distribuyeron aleatoriamente en 20 unidades experimentales (4 tratamientos con 5 réplicas cada una). Los datos se analizaron mediante el análisis de variancia y la prueba de Kruskal Wallis. **Resultados:** Se encontraron diferencias significativas en el peso corporal a los 10 y 21 días de edad ($p < 0.05$), con pesos superiores en el grupo tratado con 6% de MPH. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas a los 42 días de edad en el peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia ($p > 0.05$). El rendimiento de la pierna fue mayor en el grupo con inclusión de 6% MPH, aunque fue similar al control. **Conclusiones:** La inclusión de MPH en la dieta inicial mejoró el peso corporal de los pollos de engorde hasta los 21 días y aumentó el rendimiento de la pierna.

Palabras clave: Rendimiento de la canal; rendimiento de pierna; conversión alimenticia; nutrición inicial.

Abstract

Objective: To evaluate the effect of hydrolyzed porcine mucous inclusion (MPH) in the initial diet (0 to 10 days) on productive performance in broiler chickens. **Methodology:** A conventional corn and soybean cake diet was prepared as a control treatment. In the experimental diets, MPH was added at 2, 4 and 6% levels, keeping energy, protein and essential amino acids constant. For the growing and finishing stages, the same type of feed was given to all treatments. The birds were randomly distributed in 20 experimental units (4 treatments with 5 replicates each). Data were analyzed by analysis of variance and the Kruskal-Wallis test. **Results:** Significant differences were found in body weight at 10 and 21 days of age ($p < 0.05$), with higher weights in the group treated with 6% MPH. However, no significant differences were observed at 42 days of age in body weight, feed intake and feed conversion ($p > 0.05$). Leg performance was higher in the 6% MPH inclusion group, although it was similar to the control. **Conclusions:** The inclusion of MPH in the starter diet improved broiler body weight for up to 21 days and increased leg performance.

Keywords: Carcass yield; leg yield; feed conversion ratio; initial nutrition.

¹Departamento Académico de Zootecnia, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú

²Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú

*Autor para la correspondencia: fairahuacho@unjfsc.edu.pe

Introducción

La selección genética continua de pollos de engorde, para un rápido crecimiento, ha reducido la edad de sacrificio, haciendo cruciales las condiciones de vida temprana para su desarrollo y rendimiento (Mitchell, 2009). Durante los primeros días post eclosión, el tracto gastrointestinal del pollito experimenta cambios morfológicos y fisiológicos significativos. Estos cambios son necesarios debido a la transición de una dieta basada en ácidos grasos del saco vitelino a una dieta rica en carbohidratos, típicamente compuesta de maíz y soya en los alimentos comerciales (Cardeal et al., 2015).

El suministro deficiente de nutrientes posterior a la eclosión influye en el rendimiento productivo del ave (Cardeal et al., 2015). Durante la primera semana, el peso relativo del intestino delgado aumenta en 2.5% del peso corporal al nacer hasta el 7% a la semana post eclosión, lo que subraya la importancia de este órgano para el pollito recién nacido (Wijtten et al., 2012). Además, un régimen nutricional apropiado después del nacimiento influye positivamente sobre la proliferación, diferenciación y desarrollo morfológico óptimos del músculo pectoral mayor (Velleman et al., 2014), que se relacionaría con la actividad mitótica de las células satélite, que es máxima durante la primera semana después de la eclosión en los pollos (Halevy et al. 2000; Mozdziak et al., 2002b).

La industria cárnica genera grandes cantidades de subproductos, que son costosos de tratar y desechar ecológicamente; sin embargo, existen procesos que permiten la extracción paralela de compuestos orgánicos y minerales; como los hidrolizados proteicos que son muy valorizados para la nutrición animal (Borges et al., 2022). Con la hidrólisis, hay un aumento en la recuperación de proteínas muy valiosas; que se descomponen en péptidos más pequeños y solubles en agua y se liberan aminoácidos (Ahmed et al., 2020). Estos productos tienen excelentes composiciones nutricionales, perfiles de aminoácidos favorables y actividades biológicas beneficiosas, existiendo interés en examinar sus posibles aplicaciones industriales como ingredientes alimentarios funcionales (Heffernan et al., 2021)

Durante la primera semana de vida, el desarrollo del intestino delgado es prioridad esencial para los pollitos, subrayando la importancia crítica de este órgano en los recién nacidos (Wijtten et al., 2012). El peso relativo del

intestino delgado aumenta significativamente, pasando aproximadamente el 2,5% del peso corporal al nacer hasta a cerca del 7% al final izar la primera semana (Figura 1). Este incremento en el peso relativo del intestino delgado está positivamente correlacionado con el crecimiento de los pollos de engorde, lo que sugiere que un intestino delgado más desarrollado facilita el crecimiento rápido (Katanbaf et al., 1988). Sin embargo, tras esta primera semana, el peso relativo del intestino delgado disminuye rápidamente, reduciéndose a alrededor del 4,5% del peso corporal a las dos semanas de edad y continuando con una disminución gradual hasta el 3% a las cinco semanas (Wijtten et al., 2012).

El crecimiento muscular en los pollos después de la eclosión depende en gran medida de la incorporación de nuevos núcleos a partir de células satélite, que son progenitoras musculares, a las fibras musculares formadas durante el período embrionario mediante la hiperplasia de mioblastos (Velleman et al., 2014). Estas células satélites son cruciales para la hipertrofia de las fibras musculares existentes, ya que donan sus núcleos, lo que conduce a la acreción mionuclear y al aumento en la síntesis de proteínas (Moss & LeBlond, 1971). El acceso retrasado o limitado al alimento tras la eclosión ha demostrado afectar negativamente la proliferación de células satélite, incrementando la apoptosis (Mozdziak et al., 2002a). La actividad mitótica de las células satélite también alcanza su punto máximo durante la primera semana después de la eclosión en los pollos (Halevy et al., 2000; Mozdziak et al., 2002b). Un estudio de Velleman et al. (2014) revela que el momento en que se aplica una restricción alimentaria tras el nacimiento puede influir significativamente en el desarrollo del músculo pectoral mayor de pollos de engorde, tanto a nivel celular como tisular. Los hallazgos indican que un régimen nutricional adecuado después del nacimiento es esencial para una proliferación, diferenciación y desarrollo morfológico óptimos del músculo pectoral mayor.

La mucosa porcina hidrolizada (MPH) es una fuente de proteína de alta calidad obtenida mediante la hidrólisis enzimática seguida del secado en lecho fluido de la mucosa intestinal porcina. Este proceso produce un ingrediente con propiedades que potencialmente mejoran la digestibilidad de la dieta, la salud intestinal y, en consecuencia, optimizan el rendimiento productivo de los animales.

El estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión mucosa porcina hidrolizada (MPH) en la dieta inicial (0 a 10 días) sobre el rendimiento productivo de pollos de engorde, a los 42 días de edad

Metodología

La investigación se llevó a cabo en la localidad de Amay, distrito de Huacho, Provincia de Huaura. Región Lima Provincias, Perú, durante el período comprendido entre marzo y mayo del 2022.

Durante los primeros 21 días, los pollitos se mantuvieron en corrales circulares de 1,25 m de

diámetro, divididos en cinco compartimientos. Cada corral contaba con cinco campanas de calefacción ubicadas en el centro, siguiendo las recomendaciones del manual de manejo de Cobb (2018). Pasado los 21 días, las aves fueron se trasladaron a corrales de un metro cuadrado.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes, T0: dieta convencional en base a maíz y soya, T1: dieta con 2 % MPH, T2: dieta con 4 % MPH, y T3: dieta con 6 % MPH. El programa de nutrición y alimentación se diseñó según las recomendaciones de Cobb 500 (Cobb, 2018), como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 1

Dietas experimentales y contenido nutricional

Ingredientes	Inicio				Crecimiento	Acabado
	T0	T1	T2	T3		
Aceite de soya	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50
Maíz	49,20	51,0	51,48	52,38	59,56	62,23
Torta soya 48	29,50	29,10	29,13	28,20	18,53	18,01
Soya integral	16,10	12,20	9,51	6,25	17,00	14,20
MPH	0,00	2,00	4,00	6,00	0,00	0,00
L-Lisina	0,13	0,21	0,23	0,36	0,28	0,20
DL-metionina	0,34	0,30	0,38	0,41	0,33	0,27
L-treonina	0,05	0,05	0,14	1,42	0,00	0,80
Carbonato de calcio	1,03	1,01	1,03	1,08	1,05	0,96
Fostato di cálcico	1,72	1,70	1,76	1,68	1,10	0,90
Sal	0,11	0,52	0,52	0,45	0,40	0,28
Premezcla vitamínico mineral	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Secuestrante	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20
Antifúngico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10
Bicarbonato	0,40	0,40	0,40	0,40	0,14	0,20
Coccidiostato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Composición nutricional						
Energía metabolizable, Mcal/kg	2,98	2,98	2,98	2,98	3,08	3,13
Proteína, %	24,3	24,3	24,3	24,4	20,0	19,0
Lisina dig., %	1,30	1,31	1,31	1,31	1,12	1,00
Met.+cist. Dig., %	0,97	0,97	0,97	0,97	0,85	0,78
Treonina dig., %	0,87	0,86	0,86	0,86	0,73	0,68
Triptófano dig., %	0,28	0,26	0,25	0,24	0,19	0,18
Calcio, %	0,97	0,97	0,97	0,97	0,85	0,78
Fósforo disp., %	0,46	0,46	0,46	0,46	0,42	0,38
Sodio, %	0,23	0,23	0,23	0,23	0,20	0,18
Cloro, %	0,24	0,24	0,25	0,25	0,27	0,22
Potasio, %	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,86
Grasa, %	6,17	5,67	5,16	4,80	6,84	6,96
Fibra, %	3,06	2,87	2,70	2,60	3,40	3,30

Cada kg contiene: Vitamina A 10 000 000 UI, Vitamina D3 3 000 000 UI, Vitamina E 15 000 UI, Vitamina K3 2.5 g, Riboflavina 4 g, Cianocobalamina 12 mg, Ácido pantoténico 6 g, Ácido fólico 500 mg, Niacina 20 g, Manganeso 60 g, Zinc 45 g, Hierro 40 g, Cobre 5 g, Iodo 1 g, Selenio 100 mg

Las aves se asignaron aleatoriamente a cada uno de los cuatro tratamientos, con cinco réplicas para cada tratamiento. Cada réplica consistió en un grupo de 10 aves.

Se evaluaron las variables: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y el rendimiento de la canal. Este último se definió como el porcentaje de componentes comestibles después del beneficio, excluyendo las vísceras verdes y plumas. El rendimiento de la canal se calculó utilizando la siguiente fórmula: % canal = (Componentes comestibles del ave / peso vivo del ave) * 100

Las aves se alimentaron de acuerdo con el tratamiento asignado, utilizando una dieta de inicio específica durante los primeros 10 días. Posteriormente, todas las aves se alimentaron con una dieta de desarrollo uniforme, conforme a las recomendaciones de la línea Cobb-Vantres (2018). Tanto el agua como el alimento se suministraron ad libitum.

La vacunación se efectuó en planta de incubación al primer día de vida, incluyendo las vacunas contea Marek, Gumboro (IBD y Newcastle (NC), con revacunaciones para NC a los 10 y 21 días de edad.

El pesaje de las aves se realizó al momento de la recepción, a los 10 días y luego semanalmente. A los 42 días, después de un ayuno de 8 horas, se seleccionaron al azar tres aves de tres réplicas por cada tratamiento, para su sacrificio. El objetivo de esta selección fue evaluar el rendimiento de la carcasa.

La ganancia de peso vivo y el consumo de alimento, cumplieron los requisitos de normalidad y homogeneidad de variancias. Por lo tanto, se analizaron mediante el análisis de variancia (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey. Para evaluar la conversión alimenticia, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, seguida de una prueba de comparación de medianas.

Resultados

La Tabla 2 presenta el peso corporal de los pollos de engorde en diferentes etapas de crecimiento. El análisis estadístico reveló diferencias estadísticas significativas en el peso corporal a los 10 y 21 días de edad (p<0.05), pero no se observaron diferencias significativas los 42 días de edad.

A los 10 días, los pollos que recibieron dietas suplementadas con un 6% de MPH mostraron un peso corporal superior en comparación con los demás tratamientos. A los 21 días de edad, los pollos alimentados con dietas que incluían un 2% y un 6 % de MPH tuvieron un peso corporal significativamente mayor en relación con el grupo control. Sin embargo, el peso corporal de los pollos en el grupo suplementado con un 4% de MPH fue estadísticamente similar al del grupo control.

Tabla 2

Efecto de la suplementación con MPH en la dieta pre-inicio (0 a 10 días) sobre el peso corporal en pollos de engorde

Tratamientos	Peso corporal			
	Inicial	10 días	21 días	42 días
0% MPH	37,3 ± 0,5	311 ± 13	1206 ± 29	3673 ± 106
2% MPH	38,2 ± 0,3	320 ± 6	1285 ± 29	3714 ± 175
4% MPH	37,9 ± 0,1	322 ± 9	1265 ± 36	3802 ± 160
6% MPH	38,1 ± 0,6	342 ± 5 ^a	1275 ± 53	3768 ± 140
P valor		0,001	0,020	0,540

Los valores se expresan como media ± DS (n = 5)

La Tabla 3 presenta el consumo de alimento de pollos de engorde durante diferentes etapas de crecimiento. El análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas significativas en el consumo de alimento entre los tratamientos en ninguna de las etapas de crecimiento (p>0.05).

Tabla 3

Efecto de la suplementación con MPH en la dieta pre-inicio (0 a 10 días) sobre el consumo de alimento en pollos de engorde.

Tratamientos	Consumo de alimento			
	0-10 días	0-21 días	22-42 días	0-42 días
0% MPH	327 ± 22	1338 ± 52	3868 ± 93	5206 ± 109
2% MPH	333 ± 12	1406 ± 40	3732 ± 170	5139 ± 195
4% MPH	336 ± 11	1363 ± 106	4016 ± 234	5379 ± 205
6% MPH	347 ± 7	1400 ± 43	3856 ± 80	5256 ± 113
P valor	0,186	0,346	0,078	0,160

Los valores se expresan como media ± DS (n = 5)

La Tabla 4 presenta la conversión alimenticia de pollos de engorde en diferentes etapas de crecimiento. El análisis estadístico indicó que la suplementación con MPH no produjo diferencias significativas en la conversión alimenticia en ninguna de las etapas de crecimiento evaluadas (p>0.05).

Tabla 4

Efecto de la suplementación con MPH en la dieta pre-inicio (0 a 10 días) sobre la conversión alimenticia en pollos de engorde.

Tratamientos	Conversión alimenticia			
	0-10 días	0-21 días	22-42 días	0-42 días
0% MPH	1,05 ± 0,03	1,14 ± 0,04	1,56 ± 0,02	1,42 ± 0,00
2% MPH	1,04 ± 0,03	1,12 ± 0,06	1,58 ± 0,03	1,42 ± 0,04
4% MPH	1,04 ± 0,02	1,16 ± 0,10	1,58 ± 0,03	1,42 ± 0,03
6% MPH	1,01 ± 0,02	1,13 ± 0,03	1,53 ± 0,08	1,41 ± 0,07
P valor	0,182*	0,821**	0,643**	0,826**

Los valores se expresan como media ± DS (ANOVA *) o mediana ± RIQ (Kruskal-Wallis **)

La Tabla 5 presenta las características de la canal de los pollos de engorde a los 42 días de edad. El análisis estadístico reveló diferencias significativas en el rendimiento de pierna ($p < 0.05$) y mostró una tendencia hacia un mayor rendimiento de la canal ($p < 0.1$) debido a la suplementación con MPH en la dieta de pre-inicio.

En particular, los pollos alimentados con dietas que contenían un 6% de MPH exhibieron un mayor rendimiento en las piernas y una tendencia a un mejor rendimiento de la canal. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el rendimiento de las alas y la pechuga debido a la suplementación con MPH en la dieta de pre-inicio.

Tabla 5

Efecto de la suplementación con MPH en la dieta pre-inicio (0 a 10 días) sobre las características de la canal en pollos de engorde.

Tratamientos	Rendimiento%		
	Canal	Pechuga	Pierna
0% MPH	79,3 ± 2,4	30,2 ± 1,6	22,3 ± 1,3
2% MPH	77,6 ± 5,7	29,9 ± 2,3	21,5 ± 5,1
6% MPH	80,9 ± 0,7	28,0 ± 1,4	23,6 ± 0,5
P valor	0,182*	0,821**	0,643**

Los valores se expresan como media ± DS (ANOVA *) o mediana ± RIQ (Kruskal-Wallis **)

Discusión

Los hidrolizados proteicos se presentan como alternativas alimenticias destacadas debido a su adecuado perfil de aminoácidos y su alto contenido de compuestos bioactivos (Gao et al.,

2021; Ishak & Sarbon, 2018), lo que les confiere ventajas adicionales frente a otros insumos proteicos en la alimentación animal. En el estudio, la inclusión de 6% MPH mejoró el peso corporal de los lechones a los 10 días de edad. Asimismo, la inclusión entre un 2% y un 6% MPH incrementó el peso corporal a los 21 días. Resultados similares fueron reportados por Frikha et al. (2014), quienes observaron un aumento en el crecimiento de pollos de engorde durante la fase inicial (1 a 22 días de edad) al incluir en las dietas niveles de entre 2,5% y 5% de MPH pulverizada en harina de soya, siendo los efectos más pronunciados durante los primeros 14 días de vida.

Cardeal et al. (2015) sostienen que la nutrición durante los primeros días de vida tiene un impacto significativo en el rendimiento productivo final de las aves. No obstante, en este estudio, aunque la inclusión de MPH en la dieta mejoró el peso corporal durante la etapa inicial, este efecto no se reflejó en el peso corporal final. Frikha et al. (2014) encontraron resultados similares; al incluir entre un 2.5% y un 5% de MPH en la dieta inicial, se observó un aumento en el peso corporal en las etapas tempranas (14 y 21 días), pero no se detectó una mejora en el peso corporal final. Ríos (2008) no reportó mejoras significativas en el peso corporal en ninguna fase productiva al evaluar los efectos de la suplementación con tres tipos MPH.

La inclusión de MPH no afectó el consumo de alimento de las aves durante los primeros 21 días. Sin embargo, se observó una tendencia a un mayor consumo en las aves que recibieron dietas con 0% y 4% de MPH entre los 22 a 42 días de edad. Estas aves, que tuvieron una menor ganancia de peso en la fase inicial (0 a 21 días), mostraron signos de crecimiento compensatorio, un fenómeno de crecimiento acelerado tras un periodo de restricción nutricional (Madsen & Bee, 2015). Después de la eclosión, las aves que se acostumbran a dietas con nutrientes de alta disponibilidad pueden enfrentar desafíos al pasar a dietas basadas en nutrientes vegetales, que son menos digeribles. A medida que aumenta el nivel de MPH en la dieta, mejora la disponibilidad intestinal de nutrientes, debido a los altos coeficientes de digestibilidad del MPH (Silva et al., 2017). Esto facilita una mayor expresión del potencial productivo del ave. En este estudio, las aves que tuvieron una menor disponibilidad intestinal de nutrientes al inicio compensaron

umentando su consumo cuando recibieron dietas más equilibradas *posteriormente* (Lunedo et al., 2019).

La inclusión de MPH en la dieta de los pollos de engorde no afectó la conversión alimenticia en ninguna fase de crecimiento. En este estudio, aunque las aves alimentadas con dietas que contenían MPH durante los primeros 21 días mostraron un mayor peso corporal, aquellas que no consumieron MPH o que recibieron la menor cantidad de MPH aumentaron su consumo de alimento en el período de 22 a 42 días. Este incremento en el consumo de alimento en etapas posteriores enmascara el impacto positivo del MPH en la dieta inicial. Estos hallazgos coinciden con el reportado por Ríos (2008), quien no observó mejoras en la conversión alimenticia al suplementar con tres tipos de hidrolizados proteicos de pescado en la dieta inicial de pollos de engorde. No obstante, Frikha et al. (2011) reportaron mejoras en la conversión alimenticia al incluir 2.5% de MPH en la dieta inicial de pollos de engorde.

El crecimiento de los animales es un indicador clásico de un adecuado aporte de nutrientes en la dieta. Sin embargo, también es pertinente evaluar características específicas de la canal para obtener una visión más completa (Ríos, 2008). En este estudio, las aves que consumieron dietas con un 6% MPH en la ración inicial mostraron un mayor rendimiento de pierna y una tendencia a un mejor rendimiento de la canal, a los 42 días de edad, lo que sugiere un suministro óptimo de nutrientes. Un régimen nutricional adecuado desde el nacimiento es esencial para la proliferación, diferenciación y desarrollo morfológico del músculo pectoral mayor (Velleman et al., 2014). La disponibilidad limitada de nutrientes puede afectar negativamente la proliferación de células satélite, las cuales son fundamentales para la hipertrofia de las fibras musculares existentes. Estas células satélites contribuyen al crecimiento muscular al donar sus núcleos, facilitando la acreción mionuclear y al aumento en la síntesis de proteínas (Moss & LeBlond, 1971).

Conclusiones

La adición de un 6% mucosa porcina hidrolizada en la dieta preinicio de los lechones aumentó el peso corporal a los 10 y 21 días de edad. Sin embargo, no tuvo efecto en el peso corporal, el consumo de alimento ni la conversión

alimenticia a los 42 días de edad. Además, esta inclusión mejoró el rendimiento de la pierna.

Referencias

- Ahmed, M., Verma, A. K., Patel, R. (2020). Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: a review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 18:100315. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100315>
- Borges, S., Piccirilo C., Scalera, F., Martins, R., Rosa, A., Couto, J., Almeida, A & Pintado, M. (2022). Valorization of porcine by-products: a combined process for protein hydrolysates and hydroxyapatite production *Bioresources and Bioprocessing* volume 9, Article number: 30. <https://bioresources.bioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-022-00522-6>
- Cardeal, P., Caldas, E., Lara, L., Rocha, J., Baião, N., Vaz, D., & Da Silva Martins, N. (2015). In ovo feeding and its effects on performance of newly-hatched chicks. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 655-662. [doi:10.17/S0043933915002445](https://doi.org/10.17/S0043933915002445)
- Cobb 500 (2018). Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde. Cobb – Vantress. 14 p. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850f8e02/6998d7c0-12dl-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>
- Frikha, M., Mohiti-Asli, M. & Mateos, G. (2014). Hydrolyzed porcine mucosa in broiler diets: Effects on growth performance, nutrient retention, and histomorphology of the small intestine. *Poultry Science*. 93,2, 400-41. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03376>
- Gao, R., Yu, Q., Shen, Y., Chu, Q., Chen, G., Fen, S., Yang, M., Yuan, L., McClements, D.J., & Sun, Q. (2021). Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 687-699. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.031>
- Halevy, O., Geyra, A., Barak, M., Uni, Z., & Sklan, D. (2000). Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *The Journal of Nutrition*, 130(4), 858-864.

- <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.858>
- Heffernan, S., Giblin, L., & O'Brien, N. (2021). Assessment of the biological activity of fish muscle protein hydrolysates using in vitro model systems. *Food Chemistry*, 359, 1–29852. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.12.9852>
- Ishak, N., & Sarbon, N. A. (2018). Review of Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides Deriving from Wastes Generated by Fish Processing. *Food Bioprocess Technology* 11, 2-16. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1940-1>
- Katanbaf, M. N., Dunnington, E. A., & Siegel, P. B. (1988). Restricted Feeding in Early and Late-Feathering Chickens.: 3. Organ Size and Carcass Composition. *Poultry Science*, 68(3), 359–368. <https://doi.org/10.3382/ps.0680359>
- Lunedo, R., Furlan, L., Fernandez-Alarcon, M., Squassoni, G., Campos, D., Perondi, D., & Macari, M. (2019). Intestinal microbiota of broilers submitted to feeding restriction and its relationship to hepatic metabolism and fat mass: Fast-growing strain. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 103, 1070–1080. <https://doi.org/10.1111/jpn.13093>
- Madsen, J. G., & Bee, G. (2015). Compensatory growth-feeding strategy does not overcome negative effects on growth and carcass composition of low birth weight pigs. *Animal*, 9(3), 427–436. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000263>
- Mitchell, M. A. (2009). Chick transport and welfare. *Avian Biology Research*, 2(1/2), 99-105. <https://doi.org/10.3184/175815509X431894>
- Moss, F. P., & Leblond, C. P. (1971). Satellite cells as the source of nuclei in muscles of growing rats. *The Anatomical Record*, 170(4), 421–435. <https://doi.org/10.1002/ar.1091700405>
- Mozdziak, P. E., Evans, J. J., McCoy, D., & W. (2002a). Early Posthatch Starvation Induces Myonuclear Apoptosis in Chickens, *The Journal of Nutrition* 132, 901–903. <https://doi.org/10.1093/jn/132.5.901>
- Mozdziak, P. E., Walsh, T. J., & McCoy, D. W. (2002b). The effect of early posthatch nutrition on satellite cell mitotic activity. *Poultry science*, 81(11), 1703–1708. <https://doi.org/10.1093/ps/81.11.1703>
- Ríos, M. A. (2008). Evaluación de tres hidrolizados proteicos de pescado solos y mezclados con proteína vegetal de dos orígenes, sobre los rendimientos productivos y económicos de pollos broiler [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133703>
- Silva, T. C., Rocha, J. D. M., Moreira, P., Signor, A., & Boscolo, W. R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7), 485–492. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700002>
- Sklan, D. (2001). Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 57(4), 415–428. <https://doi.org/10.1079/WPS200110030>
- Velleman, S. G., Coy, C. S., & Emmerson, D. A. (2014). Effect of the timing of posthatch feed restrictions on broiler breast muscle development and muscle transcriptional regulatory factor gene expression. *Poultry Science*, 93(6), 1484–1494. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03813>
- Wijtten, P. J. A., Langhout, D. J., & Verstegen, M. W. A. (2012). Small intestine development in chicks after hatch and in pigs around the time of weaning and its relation with nutrition: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 62(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/09064702.2012.676061>