

Inicio de la nocicepción y percepción del dolor en los embriones de pollo: revisión

MIKE T. PETRIK y JAMES J. PETRIK

En la avicultura de puesta los pollitos machos se consideran de nulo interés y la práctica actual de manejo incluye la eutanasia, lo que comporta cada año la destrucción mundial de 6.500 millones de ellos tras su eclosión. La eutanasia de los machitos representa una carga financiera significativa y requiere miles de horas-persona de trabajo. Recientemente, se han desarrollado tecnologías que permiten un sexado preciso de los embriones de pollitos in ovo. Existen tecnologías que pueden determinar el sexo desde el día 1 hasta el día 16, pero su precisión y aplicabilidad a escala comercial varían. El poder destruir los machitos in ovo supondría un avance significativo en la eficiencia del manejo y reduciría los costes para la industria avícola. Desde una perspectiva de bienestar sería importante poder realizar esta eutanasia antes de que el embrión en desarrollo pueda identificar el dolor (nocicepción). Este artículo revisará las prácticas actuales de manejo avícola en torno a la eutanasia de los machitos, discutirá la biología de la nocicepción en los embriones en desarrollo e identificará los posibles cambios prácticos en el manejo de los mismos que sean económicamente beneficiosos y potencialmente eliminan el dolor y el sufrimiento.

Impacto de la producción del pollo de engorde en el bienestar y el medio ambiente y posibles estrategias de mitigación: revisión

ANAND PRAKASH, MANISH K. SINGH, SHAKTI KANT DAS, OM PRAKASH MALAV, YASHWANT SINGH, AMIT SHARMA, PARAG ACHARYA, SUMAN KUMARI JOSHI Y MAHENDRA KUMAR PATEL

Los rápidos ritmos de crecimiento de los broilers comerciales han provocado un aumento de la aparición de enfermedades metabólicas, trastornos esqueléticos y una inmunidad deficiente. Además, la alta densidad de población en el sistema de cría intensiva agrava aún más los problemas de bienestar. Junto con estos, la cría intensiva de broilers genera contaminación ambiental, como la liberación de grandes cantidades de polvo, gases de efecto invernadero y escorrentía de nutrientes, en gran parte procedentes de la producción de las deyecciones y el pienso. Además, un manejo inadecuado de los residuos contribuye a la contaminación del suelo y del agua y a la propagación de bacterias resistentes a los antibióticos. Los problemas de bienestar, junto con los medioambientales derivados de la cría intensiva de los pollos comprometen su sostenibilidad. Este trabajo examina los impactos de la producción intensiva de broilers en el bienestar de las aves y los problemas medioambientales relacionados,

junto con sus estrategias de mitigación. Las estrategias de mitigación para los problemas de bienestar de las aves incluyen intervenciones genéticas como la selección asistida por marcadores para su robustez y un cambio hacia razas de crecimiento más lento o autóctonas, en combinación con incentivos regulatorios e industriales, junto con un manejo inteligente del alojamiento. La reducción de los problemas ambientales asociados implica estrategias para una digestión eficiente y una mejor composición de la microbiota intestinal, una alimentación de precisión, una suplementación enzimática y el uso de fuentes alternativas de proteínas (por ejemplo, harina de insectos, subproductos), que mejorarán la absorción de nutrientes y reducirán la excreción de nitrógeno y fósforo. La adopción de compostaje, la biofiltración, la ventilación inteligente y los sistemas de monitorización y energías renovables pueden optimizar el uso de los recursos, minimizar las emisiones y apoyar el bienestar. La producción sostenible de broilers exige un enfoque integrado que abarque la genética, la nutrición y el manejo para garantizar el bienestar animal, la responsabilidad ambiental y la viabilidad económica.

Comportamiento ingestivo de las gallinas ponedoras en respuesta a la energía dietética, aminoácidos digeribles, proteínas y minerales: revisión sistemática y metaanálisis

JANAÍNA DE PAULA DE OLIVEIRA, ANANDA PORTELLA FÉLIX y MARCOS MARTÍNEZ DO VALE

Esta revisión sistemática y metaanálisis evaluó los efectos de las concentraciones dietéticas de energía metabolizable, aminoácidos digeribles, proteína bruta, calcio total, fósforo y sodio disponibles sobre la ingesta de alimento y la masa de huevos en gallinas ponedoras de Hy-Line W-36. El análisis se basó en un conjunto de datos de 13 estudios. Un análisis de regresión lineal simple indicó que los nutrientes individuales poseen una baja capacidad predictiva de la ingesta de pienso. Sin embargo, la metionina digerible, la metionina digerible + cistina, la energía metabolizable y el calcio mostraron una relación negativa significativa con la ingesta de pienso. Para la masa de huevos, los aminoácidos digeribles y el sodio tuvieron efectos negativos significativos. La regresión lineal múltiple reveló que la metionina digerible es el inhibidor más fuerte de la ingesta de alimento ($\beta_{std} = -0,606$, $P < 0,001$) y la masa de huevos ($\beta_{std} = -0,642$, $P < 0,001$). Por el contrario, la proteína y el fósforo disponible mostraron efectos positivos significativos en la ingesta de pienso en un análisis de regresión lineal múltiple. El análisis de interacción (nutriente x energía metabolizable) fue decisivo, confirmando que la energía metabolizable es el principal modulador del comportamiento ingestivo y el rendimiento productivo en las gallinas ponedoras. Las siete interacciones nutritivas con la energía metabolizable fueron significativas para la ingesta de pienso, siendo la

interacción proteína bruta x energía metabolizable la más influyente ($R^2 = 0,432$). Las interacciones positivamente correlacionadas con la lisina digestible y metionina + cistina digestibles indicaron que unas concentraciones más altas de energía en la dieta generalmente mitigan el efecto restrictivo de estos nutrientes sobre la ingesta de pienso. Para la masa de huevos, la interacción de la energía metabolizable con la lisina digestible, la proteína bruta, el fósforo disponible y la metionina + cistina digestibles mostraron el mayor poder predictivo, lo que indica que la masa óptima de huevos depende de la disponibilidad energética para la utilización de nutrientes. Estos resultados subrayan que la ingesta de pienso y el rendimiento productivo están determinados por el equilibrio entre la energía dietética y los aminoácidos digestibles. La optimización de la dieta debe centrarse en la relación entre nutrientes y densidad energética dietética, reforzando la necesidad de modelos nutricionales de precisión que tengan en cuenta estas interacciones dinámicas entre los nutrientes y la energía.

Patogénesis del síndrome hemorrágico hepático graso en las gallinas ponedoras y avances en la intervención nutricional mediante aditivos para el pienso

LANLAN LI, JIE GAO, XIN WANG, YUJIAO LAI, ZHENG FAN ZHANG, SHUANGSHUANG GUO y BINYING DING

El Síndrome Hemorrágico del Hígado Graso (FLHS) es un trastorno metabólico habitual que afecta a las gallinas ponedoras durante el periodo máximo de la puesta. Se caracteriza por una acumulación excesiva de grasa en el hígado, una degeneración de las células hepáticas y unas lesiones hemorrágicas. El FLHS causa pérdidas económicas considerables debido a la reducción de la producción de huevos, el aumento de las trias y la mortalidad. La FLHS comparte sorprendentes paralelismos patológicos y metabólicos con la enfermedad hepática grasa asociada a la disfunción metabólica humana (MAFLD), lo que la convierte en un modelo comparativo valioso para estudiar la patogénesis del hígado graso. El desarrollo del FLHS está influenciado por la susceptibilidad genética, factores nutricionales y el estrés ambiental. Los métodos inducidos por la dieta y por hormonas son los principales enfoques para construir modelos de laboratorio de FLHS. Estudios recientes destacan la eficacia de aditivos alimentarios — incluidos agentes lipotrópicos, antioxidantes y moduladores intestinales — para mitigar el FLHS mediante la regulación multi-objetivo del metabolismo lipídico, el estrés oxidativo y el eje intestino-hígado. Esta revisión sintetiza el conocimiento actual sobre la patogénesis del FLHS, evalúa modelos experimentales, evalúa críticamente las intervenciones nutricionales emergentes e identifica lagunas de investigación y direcciones futuras. Al integrar los conocimientos sobre diversas disciplinas esta revisión pretende promover el desarrollo de

este campo y contribuir a mejorar la salud y productividad de las aves domésticas.

Enfermedad bursal infecciosa: Resumen de una década (2015–2025) desde la perspectiva de un patólogo veterinario

OCHUKO ORAKPOGHENOR, MUHAMMED SHUAIB MUHAMMED, DOMINGO BENDICIÓN OLADELE y PAUL AYUBA ABDU

La enfermedad infecciosa bursal (IBD) sigue siendo uno de los procesos víricos más significativos económicamente de las aves debido a sus profundos efectos inmunosupresores y a su persistente circulación global. Causada por el virus de la enfermedad bursal infecciosa (IBDV), la enfermedad se dirige principalmente a los linfocitos B inmaduros en la bolsa de Fabricius, lo que provoca agotamiento linfoide, una inmunidad humoral deteriorada y una mayor susceptibilidad a infecciones secundarias. En la última década (2015–2025), se han logrado avances sustanciales en la comprensión de la evolución molecular, la patogénesis y la expresión patológica de la IBDV, especialmente con la aparición de cepas muy virulentas, variantes y recombinantes. Estos genotipos en evolución presentan mutaciones en proteínas virales clave, especialmente VP2 y VP1, contribuyendo a la deriva antigénica, la evasión inmune y la patogenicidad variable, incluso en lotes de aves vacunadas. La evaluación patológica ha seguido siendo central en la caracterización de la enfermedad, con signos clínicos consistentes, lesiones bursales macroscópicas distintivas y cambios histopatológicos característicos que aportan un valor diagnóstico crítico. Estudios recientes han ampliado la comprensión de las alteraciones hematológicas, bioquímicas y metabólicas asociadas a la infección, destacando el impacto sistémico de la IBDV más allá de los tejidos linfoides. A pesar de la vacunación generalizada, la expresión de campo de la enfermedad persiste, impulsada por la diversidad de cepas, las desadaptaciones de las vacunas, la interferencia de anticuerpos de origen materno y las limitaciones de bioseguridad. Esta revisión sintetiza los desarrollos clave de 2015 a 2025 desde una perspectiva de la patología veterinaria, integrando la biología viral, la patogénesis, las características patológicas, el diagnóstico y las estrategias de control. Se hace énfasis en la relevancia continua de la evaluación basada en la patología para guiar la vigilancia, mejorar las estrategias de vacunación y mitigar las pérdidas de producción en los sistemas avícolas modernos.

La compleja Interacción entre la nutrición, la microbiota intestinal y la inmunidad, y sus estrategias de modulación para mejorar la salud de las aves domésticas

MD AHSANUL HAQUE SHAHID, BIRENDRA MISHRA Y RAJESH JHA

La producción avícola es vital para el suministro global de proteínas y la productividad y salud avícola moderna están gobernadas por los efectos integrados de la nutrición, la microbiota intestinal y la inmunidad. La creciente demanda de los consumidores por una producción avícola sostenible y libre de antibióticos ha intensificado los esfuerzos para optimizar la nutrición, la microbiota intestinal y la inmunidad, pero los mecanismos moleculares que subyacen a estas interacciones en las aves domésticas siguen siendo poco comprendidos. La nutrición influye en la microbiota intestinal, que también proporciona los pilares para la inmunidad. Más allá de mantener la salud gastrointestinal, la microbiota intestinal fermenta fibras dietéticas y protege contra microorganismos patógenos. La inmunidad mantiene el equilibrio de la microbiota intestinal y modula la respuesta fisiológica del huésped ante la enfermedad. Estos componentes están tan intrincadamente interconectados que, bajo ciertas condiciones, pueden modularse dinámicamente entre sí. Además de influir en el rendimiento del crecimiento y la salud intestinal, este mecanismo triangular también afecta al metabolismo general, a las interacciones huésped-patógeno y a la progresión de la enfermedad. Muchos estudios avícolas se han centrado en la nutrición y su potencial para modular el microbioma y la inmunidad. Los mecanismos celulares y moleculares clave siguen siendo insuficientemente comprendidos en múltiples niveles, incluyendo la señalización de metabolitos microbianos, las interacciones célula-nutriente inmunitario y las vías reguladoras hospedador-microbioma que rigen la homeostasis inmune y la utilización de nutrientes en las aves domésticas. Esta revisión tiene como objetivo resumir de forma exhaustiva la información disponible y analizar las interrelaciones entre estos tres componentes. Esta información ayudará tanto a la investigación avícola como a las prácticas industriales, guiando la formulación de piensos, estrategias de nutrición de precisión e intervenciones inmunológicas y mejorando en última instancia la salud de las aves, la eficiencia de la producción y la sostenibilidad de unos sistemas alimentarios seguros para las aves domésticas.

Desde el pienso hasta la función: Modulación de la microbiota intestinal y control de patógenos en las aves domésticas utilizando aditivos naturales para piensos

MUDASSIR MOHIUDDIN, HIRA HAMEED, MUHAMMAD WAQAR, ROSHAN ARA, AYESHA JAHANGIR, AQA LIAQUAT, MANAHAL

MUNAWAR, IQRA RAFIQ, SHAHIDA YOUNIS, MUHAMMAD REHAN ASGHAR Y AYESHA MOHIUD DIN

Salmonella entérica, *Campylobacter* spp. y *Clostridium perfringens* se encuentran entre los patógenos entéricos más habituales que comprometen la salud y productividad de las aves, al mismo tiempo que suponen una grave preocupación para la seguridad alimentaria. Estos organismos alteran la homeostasis gastrointestinal, alteran la integridad de la barrera intestinal e inducen disbiosis, afectando así al crecimiento y la eficiencia de la alimentación. Además, su persistencia facilita la contaminación de productos cárnicos y de huevo, promoviendo la transmisión zoonótica y contribuyendo sustancialmente a la carga global de enfermedades transmitidas por alimentos y a los riesgos relacionados con la salud pública. Al mismo tiempo, el uso de antibióticos en la alimentación como estrategia profiláctica y terapéutica principal ha conducido a una mayor aparición y diseminación de la resistencia antimicrobiana. Estos indicadores subrayan la urgente necesidad de alternativas sostenibles y basadas en la evidencia para salvaguardar tanto la productividad animal como la salud humana. Por ello, la suplementación con piensos utilizando aditivos naturales como probióticos, prebióticos, compuestos fitogénicos y ácidos orgánicos ha adquirido importancia y se ha demostrado que posee un enorme potencial para combatir estos patógenos y mejorar la salud intestinal. Estas moléculas mejoran el estado inmunológico de las aves domésticas, modulan la composición de la microbiota intestinal y disminuyen la colonización patógena según sus estrategias de aplicación y uso. Los probióticos potencian microbios beneficiosos como *Lactobacillus reuteri* y *Bacillus subtilis* a través de la exclusión competitiva mediante la formación de biofilms, actividades enzimáticas y competencia por nicho, nutrición y producción de compuestos antimicrobianos. Aunque los prebióticos favorecen su crecimiento, los compuestos fitogénicos tienen propiedades antimicrobianas/antioxidantes. Los ácidos orgánicos reducen el pH intestinal, haciendo que el entorno sea menos favorable para las bacterias patógenas. Esta revisión presenta evidencias sobre el uso de estos aditivos naturales desde una perspectiva científica y explora su potencial para una producción avícola sostenible. También destaca las oportunidades y el potencial de adoptar estos enfoques para mejorar la salud y la producción avícola, lo que conduce finalmente a una mayor seguridad alimentaria.

Nutrición de precisión dirigida al microbioma en las aves domésticas: un nuevo paradigma que integra la dieta, el eje intestino-inmune y desintoxicación de micotoxinas

MOHAMED E. ABD EL-HACK

La producción avícola moderna tiene como objetivo mantener la salud de las aves y optimizar el rendimiento del crecimiento, minimizando el uso de antibióticos y haciendo que todo el proceso sea más sostenible. El microbioma intestinal es una parte clave de este proceso porque afecta a la digestión, el uso de nutrientes, el metabolismo energético, la salud intestinal y la función inmunitaria. También cambia mucho según lo que se come. Esta revisión se centra en las estrategias nutricionales orientadas al microbioma que adaptan el suministro de nutrientes a los requerimientos fisiológicos de las aves o manadas específicas con el fin de mejorar la eficiencia del alimento y el estado de la salud. La dieta no solo es una fuente de nutrientes, sino también es un factor clave en cómo el intestino y el sistema inmunitario funcionan conjuntamente. Los macronutrientes equilibrados y los aditivos funcionales para la alimentación pueden modificar las poblaciones de microbios y sus metabolitos, especialmente los ácidos grasos de cadena corta, para ayudar a que la barrera intestinal funcione, controlar la inflamación y evitar el crecimiento de patógenos. Las micotoxinas como aflatoxinas, tricotecenos, fumonisinas, ocratoxina A, desoxinivalenol y zearalenona aún pueden llegar al pienso, lo que afecta negativamente al crecimiento, la salud de los órganos, el sistema inmunitario y la respuesta a las vacunas, y también pueden aumentar la probabilidad de que los animales desarrollen infecciones entéricas y sistémicas. Cuando se utilizan con una buena gestión de la calidad del alimento, las intervenciones nutricionales como prebióticos, probióticos, sinbióticos, compuestos fitogénicos y bióticos de precisión pueden ayudar a mantener el equilibrio microbiano, mejorar la forma de los intestinos y el uso de los nutrientes, y apoyar los procesos de desintoxicación. Los avances en tecnologías ómicas, como la metagenómica, metabolómica y kinómica, presentan nuevas oportunidades para mejorar la formulación de dietas, facilitando la producción avícola libre o con menos antibióticos, mientras fomentan la salud, productividad y sostenibilidad de las aves dentro del paradigma de One Health.

Compuestos vegetales bioactivos: Papel de las diversas formas de plantas ricas en flavonoides en la mejora de la calidad de la carne y los huevos de las aves domésticas

HADI NORUZI, FATEMEH AZIZ-ALIABADI y ZEYAD KAMAL IMARI

La prohibición de los antibióticos en el pienso de las aves debido a efectos adversos, como residuos que permanecen en la carne, ha animado a los avicultores a explorar alternativas naturales. Las plantas medicinales, en particular, han llamado la atención por sus compuestos activos que benefician la salud de las aves. Muchas de estas plantas contienen flavonoides, compuestos polifenólicos con diversas propiedades farmacológicas. Los flavonoides pueden mejorar el

crecimiento de las aves y la calidad de sus productos, incluyendo la carne y los huevos. Numerosos estudios han informado de efectos positivos de los flavonoides sobre el estado antioxidante y el sistema inmunológico. Dada la importancia de la calidad de la carne y los huevos para los consumidores, se ha realizado una investigación exhaustiva para evaluar el impacto de diversas plantas medicinales en estos productos. Los investigadores han utilizado diversas formas de plantas medicinales, incluyendo hojas en polvo, extractos, aceites esenciales, productos fermentados y formas encapsuladas. Sin embargo, los estudios han mostrado resultados contradictorios, probablemente debido a diferencias en las condiciones de la cría, la edad y la especie de ave, la dosis, el tipo y la forma de planta. Los estudios comparativos sobre diferentes formas de plantas medicinales y su impacto en la calidad de los productos avícolas siguen siendo limitados. Por ello, esta revisión busca examinar los efectos de las plantas que contienen flavonoides en la calidad de la carne y los huevos de las aves. Tras una discusión sobre la estructura química y función de los flavonoides, esta revisión evalúa la influencia de diferentes formas de plantas medicinales en la calidad de la carne y los huevos para proporcionar a los investigadores un recurso completo para futuros estudios.

La magia de las plantas, el poder de lo nano: metaanálisis sobre el análisis de los efectos de extractos vegetales nano-encapsulados en la producción de broilers

ZAFAR HAYAT, MARIJ y TUBA RIAZ

La nanoencapsulación ha ganado una demanda creciente como aditivo alimenticio para aumentar el crecimiento de los broilers en la última década. Una vez que la estabilidad, la sensibilidad, la seguridad y los cambios en los atributos de coste pudieron limitar su aplicación en otros piensos dados a los broilers, se han publicado varios estudios que sugieren la nanoencapsulación como una forma de superar estos desafíos. En este contexto, este metaanálisis tuvo como objetivo evaluar los efectos de los extractos vegetales nanoencapsulados sobre el crecimiento, la composición intestinal, la toxicidad sanguínea y las propiedades morfológicas de los pollos de engorde. Para ello, se buscaron estudios relevantes en bases de datos públicas (ScienceDirect, Google Scholar y PubMed) hasta mayo de 2025, y se utilizó un diseño aleatorizado completo. Tras revisar todos los títulos y resúmenes de los estudios completos, se identificaron 10 estudios que comprendían 36 grupos de tratamientos como elegibles para el análisis. Los datos clave se sintetizaron entonces usando el software RevMan (Review Manager 5.4). Los resultados mostraron que la nanoencapsulación de extractos vegetales redujo significativamente la relación de conversión de alimento (FCR) ($P < 0,05$), lo que llevó a una mejora en el rendimiento de producción y a una reducción en la ingesta de pienso (FI). La microbiota

patogénica intestinal disminuyó significativamente en los contajes de *Escherichia coli* (E. coli) ($P < 0,05$), mientras que las bacterias lácticas ($P < 0,01$) aumentaron significativamente en los broilers. Posteriormente, los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) fueron significativamente más altos en las características sanguíneas, aunque las lipoproteínas de baja densidad (LDL), colesterol total (TC) y triglicéridos se vieron significativamente menos afectados en los grupos control frente a los experimentales. Además, la relación altura de la vellosidad respecto a la profundidad de la cripta era significativamente mayor en histomorfología, aunque, el ancho de las vellosidades y la profundidad de la cripta permanecieron intactos. En consecuencia, el uso de extractos vegetales mediante nanoencapsulación en la producción avícola puede mejorar la salud metabólica, reducir la dependencia de los antibióticos y aliviar problemas asociados a la resistencia a los antimicrobianos. Además, es necesario identificar la eficacia de las dosis, la absorción y las diferentes nanoformulaciones de extractos vegetales para futuras investigaciones que garanticen su uso seguro y eficaz.

Principios fundamentales para mensajes efectivos de seguridad alimentaria en el manejo doméstico de las aves para reducir la campilobacteriosis

ALI AL-SAKKAF

Las prácticas de manipulación de alimentos siguen siendo un factor de riesgo importante para las enfermedades transmitidas por los alimentos. El objetivo era explorar los principios fundamentales para diseñar un mensaje eficaz de seguridad alimentaria que mejore las prácticas de manejo doméstico de las aves de los neozelandeses. Esto podría llevar a una reducción de los casos de campilobacteriosis en Nueva Zelanda, que tiene una alta incidencia de campilobacteriosis debido al alto consumo de pollo.

Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas en publicaciones sobre la mejora de las prácticas de manipulación de alimentos por parte del consumidor, el conocimiento o percepción de los consumidores sobre la seguridad alimentaria y las estrategias de comunicación de riesgos.

La bibliografía reveló los principios más efectivos para realizar investigaciones formativas y diseñar un mensaje eficaz sobre la seguridad alimentaria. Varios estudios han confirmado la importancia del conocimiento de los consumidores sobre la seguridad alimentaria durante la preparación doméstica, así como factores psicológicos como los juicios de 'sesgo optimista', la 'ilusión de control' y los hábitos. Se ha establecido que para cualquier mensaje efectivo de seguridad alimentaria (escrito, verbal, visual o una combinación de ellos) procedente de múltiples fuentes y tecnologías de comunicación debe

distribuirse y reforzarse regularmente entre los consumidores. Se comprobó que es una opción rentable utilizar el marketing social para una futura iniciativa educativa sobre seguridad alimentaria destinada a educar a los neozelandeses y mejorar sus prácticas nacionales de manipulación de alimentos. Se necesita más investigación sobre el conocimiento, la percepción, la práctica y la comunicación de los consumidores en materia de seguridad alimentaria en Nueva Zelanda, y es importante implementar y promover una nueva estrategia educativa en todos los niveles (escuelas, hogares, tiendas, lugares de trabajo y comunidades). El gobierno de Nueva Zelanda necesita invertir más en una estrategia futura de comunicación de riesgos. La responsabilidad parece ahora recaer en la comunidad de expertos y comunicación de riesgos para entender la variedad de factores socioeconómicos/demográficos y psicológicos que pueden hacer que el público no quiera cambiar su comportamiento.

Uso de microalgas en avicultura: una alternativa para reducir la dependencia de antibióticos y mejorar la calidad de la carne y los huevos

ANDRESSA DOS SANTOS RESEM, DÉBORA CARVALHO RODRIGUES, MARCOS ALANIS RODRIGUES, CRISTINA JANSEN-ALVES, NATÁLIA PONTES BONA, CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA y DANIELA FERNANDES RAMOS

La avicultura desempeña un papel clave en las economías global y brasileña, proporcionando una fuente significativa de proteína animal y contribuyendo a la seguridad alimentaria. Sin embargo, el sector se enfrenta a retos crecientes debido a las restricciones en el uso de antimicrobianos, que tradicionalmente se han utilizado para promover el crecimiento y prevenir infecciones. Estas restricciones están impulsadas por el alarmante aumento de la resistencia a los antimicrobianos, que supone graves riesgos para la salud pública, animal y ambiental. En este contexto, las microalgas han surgido como un ingrediente funcional prometedor debido a sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes e inmunomoduladoras. Esta revisión integrativa analizó 26 artículos publicados entre 2013 y 2023 que investigaban el uso de microalgas en la nutrición y salud avícola. La mayoría de los estudios se centraron en *Spirulina platensis*, con evaluaciones adicionales de *Chlorella vulgaris* y *Dunaliella salina*. Los beneficios descritos incluyeron mejoras en el rendimiento zootécnico, la conversión del pienso, la modulación inmunitaria, el perfil lipídico y la calidad de la carne y los huevos. Sin embargo, solo diez de los estudios evaluaron directamente la actividad antibacteriana y la modulación de la microbiota intestinal, lo que indica que, aunque prometedora, la evidencia en esta área sigue siendo limitada. Las conclusiones destacan un doble impacto: la suplementación con microalgas tiene el potencial de reducir la

dependencia de antibióticos en la producción avícola, al mismo tiempo que abre oportunidades para desarrollar una cadena nacional de producción de microalgas que pueda impulsar la innovación, añadir valor y fortalecer la competitividad. No obstante, el cuerpo actual de investigación es insuficiente en comparación con el nivel de la avicultura brasileña. La escasez de estudios clínicos aplicados y a gran escala pone de manifiesto la necesidad de más investigación sobre la bioprospección de especies autóctonas, inversión en ensayos de campo y políticas públicas de apoyo. Avanzar en esta línea de investigación es esencial para consolidar el papel de las microalgas, especialmente *la espirulina* y *la chlorella*, como agentes antimicrobianos naturales y potenciadores del rendimiento.

Importancia de los lípidos en la nutrición inicial sobre el rendimiento del pollo, su estado inmunitario y la epigenética: exploración del aceite de larvas de *Hermetia illucens*

YENDOUHAMTCHIE NADIEDJOA, XIAOJUAN WANG, KOMI ATTIVI, KOMI AGBOKA, HAI LIN y KOKOU TONA

Los compuestos lipídicos son esenciales en toda la vida del pollo debido a su papel en la producción de energía, la construcción celular y el soporte para la salud. El propósito de este trabajo es destacar la importancia de la nutrición inicial de los lípidos para la producción de pollos. Los estudios realizados sobre la alimentación inicial de lípidos en los pollos han dado así diversos resultados innovadores en cuanto al crecimiento, la inmunidad y la expresión génica. La dieta influye en la epigenética, pero se han realizado pocos estudios. El aceite de las larvas de mosca soldado negra es rico en una amplia variedad de ácidos grasos, incluido el ácido láurico, que posee propiedades antimicrobianas. El aceite de larvas de mosca soldado negra se considera una excelente fuente alternativa de lípidos a otros aceites habitualmente utilizados en la nutrición avícola para mejorar la producción de los pollitos y reducir la competencia en el alimento. La alimentación *in ovo* es una técnica para la nutrición embrionaria de las aves domésticas. Aunque se ha explorado el uso de aceite de larvas de mosca soldado negra en el pienso para las aves, la investigación sobre la inyección *in ovo* de aceite de larvas de mosca soldado negra ha sido poco explorada. Por lo tanto, es necesario realizar más estudios sobre la nutrición inicial de los pollitos utilizando aceite de larvas de mosca soldado negra para examinar algunos parámetros del progreso de la producción avícola.

Regulación mediada por microARN de la miogénesis del músculo esquelético en los patos: asociación de redes moleculares con la adaptación ambiental y la calidad de la carne

MUHAMMAD SAFDAR, LAIBA IMRAN, KHADIJA-UL KUBRA, TANVEER NASIR, SAFDAR IMRAN, YASMEEN JUNEJO, MUHAMMAD TARIQ y MEHMET OZASLAN

El crecimiento demográfico mundial, que se prevé alcanzará los 9.700 millones para 2050, requiere un aumento del 50-60% en la producción de proteínas, posicionando a los patos como una fuente importante de proteína avícola sostenible en toda Asia. Los microARNs (miARN) - pequeños ARN no codificantes - regulan con precisión el desarrollo del músculo esquelético (miogénesis), influyendo en el rendimiento, la sensibilidad y la calidad nutricional de la carne. Esta revisión resume el conocimiento actual sobre la regulación mediada por microARN de la miogénesis muscular esquelética en los patos y analiza sus posibles implicaciones para la adaptación ambiental y las características de calidad de la carne. Los miARNs específicos del músculo (miR-1, miR-133, miR-206) se dirigen a reguladores miogénicos (MyoD, MyoG, IGF-1) para regular la proliferación, la diferenciación y transiciones de tipo fibra durante la embriogénesis (E13–E19). Los análisis transcriptómicos destacan las interacciones miARN-m-ARNlnc enriquecidas en la señalización MAPK y el metabolismo glicerolípido, promoviendo la hipertrofia muscular y la deposición de grasa intramuscular. La bioinformática (*por ejemplo*, las vías KEGG) subraya el papel de miR-206 en la supresión de Pax3 para la formación de miotubos, reduciendo la variabilidad de la grasa entre las razas. Las temperaturas óptimas (~20°C) aumentan el miR-21, aumentando la densidad y sensibilidad de la fibra ($p < 0,05$). Los perfiles de miARN de los patos difieren de los de las gallinas y los gansos, lo que guía la reproducción entre especies. A pesar del progreso, las validaciones específicas de raza y etapa son escasas. Proponemos la modulación mediada por CRISPR/Cas9 de miR-206 para mejorar la masa muscular, mejorando la eficiencia de producción y la seguridad alimentaria global.

Valoración sostenible de los subproductos del procesado avícola: tecnologías verdes y perspectivas de economía circular

PRASAD M. GOVINDAIAH, RITUPARNA BANERJEE, NAVEENA B. MAHESWARAPPA, JUDY LALTHANMAVI, MOHANA THEGALPALLE, SUCHETA ROY, PRIYA K. BHARGAVI Y LIENA MEDHI

La industria avícola global, aunque esencial para satisfacer la creciente demanda de proteínas, genera cantidades considerables de subproductos de procesamiento infrautilizados, lo que supone unos riesgos ambientales y de salud pública significativos. Con la producción

avícola mundial proyectada para alcanzar los 160 millones de toneladas métricas para 2033, existe una necesidad urgente de pasar de los métodos convencionales de eliminación a soluciones sostenibles y de valor añadido. Esta revisión evalúa críticamente tecnologías verdes innovadoras, como la hidrólisis enzimática, la extracción asistida por ultrasonidos, la extracción asistida por microondas y la extracción con fluidos supercríticos, para extraer materiales de alto valor como colágeno, gelatina y péptidos bioactivos de los residuos de sacrificio avícola. Al integrar estos avances dentro de los marcos de la economía circular, la valoración de los subproductos avícolas puede transformar estos en materiales funcionales para las industrias alimentaria y de envasado. La revisión alinea sistemáticamente estas tecnologías con los múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, subrayando su papel en la mejora de la eficiencia de los recursos, la reducción del impacto ambiental y el apoyo al desarrollo económico. Este análisis exhaustivo subraya el potencial transformador de la valoración de subproductos avícolas para fomentar un sistema agroalimentario sostenible y resiliente.

Recubrimientos alimentarios para la conservación de los huevos: revisión exhaustiva de los materiales, los mecanismos y el rendimiento

PITT SUPAPHOL

Los huevos son productos alimenticios altamente nutritivos, pero perecederos, que sufren un rápido deterioro de calidad durante el almacenamiento debido a la pérdida de humedad, la fuga de dióxido de carbono y la contaminación microbiana. Las tecnologías de recubrimiento alimentario ofrecen alternativas sostenibles a los métodos convencionales de conservación al formar unas barreras protectoras en las cáscaras que prolongan la vida útil y manteniendo la calidad interna. Esta revisión exhaustiva evalúa sistemáticamente diversos materiales de recubrimiento, incluyendo proteínas, polisacáridos, lípidos, resinas, nanocompuestos y compuestos bioactivos, examinando sus mecanismos bioquímicos de acción y eficacia de conservación bajo diversas condiciones de almacenamiento. Los recubrimientos a base de proteínas (proteína de suero, proteína de soja, gelatina) mantienen la calidad de Grado A durante 2–8 semanas con una pérdida de peso del 1,1–10,5%, mientras que los recubrimientos de aceite y cera logran una retención de humedad superior (0,03–2,4% de pérdida de peso) y extienden la calidad de grado AA durante 8–15 semanas bajo refrigeración. Los recubrimientos polisacáridos, especialmente quitosano y pectina, demuestran excelentes propiedades de barrera a los gases y actividad antimicrobiana. Las formulaciones avanzadas de nanocompuestos que incorporan nanoarcillas, nanopartículas metálicas

o puntos de carbono mejoran la resistencia mecánica, las propiedades de barrera y la eficacia antimicrobiana, manteniendo el grado AA durante 3–12 semanas. Los aceites esenciales y extractos vegetales proporcionan una protección antimicrobiana natural, logrando reducciones de 2 a 7 logarítmicas en el recuento bacteriano. El análisis comparativo revela que la selección del recubrimiento depende críticamente de las condiciones de almacenamiento, el tipo de huevo y el mercado objetivo; Los recubrimientos de aceite/cera son óptimos para almacenamiento prolongado en refrigeración, mientras que los nanocompuestos bioactivos destacan a temperaturas ambientes. Una evaluación crítica de las variaciones metodológicas entre estudios identifica los factores clave responsables de las discrepancias en la eficacia publicada, proporcionando una orientación práctica para el desarrollo de sistemas de recubrimiento. Esta revisión aporta conocimientos bioquímicos para desarrollar unas tecnologías de recubrimiento sostenibles y seguras para alimentos que reduzcan el desperdicio alimentario y apoyen los objetivos globales de seguridad alimentaria, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 2 (Hambre Cero) y 12 (Consumo y Producción Responsables).

Producción de patos resilientes al clima en África basada en la evidencia genética, la nutrigenómica y la evidencia del manejo de los patos mudos

KINKPE LIONEL, ALI MUJTABA SHAH, BOKO MICHEL OROUNLADJI, AHAMBA I. SOLOMON, NAQASH GOSWAMI, NIU YURUI, HU DI, CHINYERE MARY-CYNTHIA IKELE, HU ZHIGANG y WANG XIA

El cambio climático plantea retos significativos y crecientes sobre la producción avícola global, lo que requiere enfoques innovadores que integren la resiliencia genética, las intervenciones nutricionales y las estrategias de manejo adaptativo. Esta revisión sistemática sintetiza el conocimiento actual sobre las respuestas al estrés climático y las estrategias de adaptación en la producción de patos, con especial énfasis en el potencial infra-explotado de los patos mudos (*Cairina moschata*) en los sistemas agrícolas africanos. Esta revisión sistemática sintetiza el conocimiento actual sobre las respuestas al estrés climático y las estrategias de adaptación en la producción de patos, con especial énfasis en los patos mudos africanos. Su objetivo es identificar mecanismos fisiológicos, evaluar las vías de adaptación genética y nutricional, evaluar su viabilidad en sistemas de bajos ingresos y destacar las carencias de evidencia crítica para orientar futuras intervenciones de investigación y desarrollo. Se realizó una revisión sistemática de la bibliografía revisada por pares, que integró estudios sobre fisiología de patos, respuestas al estrés térmico, genética,

nutrigenómica, ecología de enfermedades y estrategias de manejo. La evidencia de experimentos controlados, estudios de campo e investigación comparativa avícola fue evaluada críticamente, prestando atención explícita al contexto del sistema de producción, la especificidad de la evidencia por especie y la aplicabilidad a los sistemas de producción africanos. Un hallazgo clave es la casi total ausencia de estudios nutrigenómicos específicos para patos bajo condiciones de producción africanas pues la base de evidencia existente está dominada por los datos procedentes de pollos criados en sistemas intensivos y la transferencia directa a los patos mudos Moscovia en entornos de semi-pastoreo igue sin validarse. Concluimos que la intensificación sostenible de la cría de patos, especialmente en regiones vulnerables al clima, requiere esfuerzos coordinados que abarquen la caracterización genómica de los ecotipos locales, el desarrollo de estrategias nutricionales adecuadas al contexto y la integración de los patos en sistemas de cría diversificados como la co-cultura arroz-pato.

Utilización de moléculas bioactivas de semillas y aceite de calabaza como alternativas naturales a los antibióticos en la nutrición avícola

AYMAN H. ABD EL-AZIZ, AHMED M. ELBAZ, ISLAM M. YOUSSEF, MAJID S JABIR, MOHAMMED A.E. NAIEL, MOHAMED E. ABD EL-HACK y AYMAN A. SWELUM

La prohibición global de los promotores del crecimiento antibióticos ha intensificado la búsqueda de alternativas naturales y seguras en la producción avícola. Las semillas de calabaza (PS) y el aceite de semillas de calabaza (PSO) han surgido como candidatos prometedores debido a su rico contenido en compuestos bioactivos, incluyendo fitoesteroles (100–300 mg/100 g), tocoferoles (30–50 mg/100 g), cucurbitacina, ácidos grasos poliinsaturados (40–60% del total de lípidos) y fenólicos ($\approx 1\text{--}3$ mg de GAE/g). Estos compuestos mejoran las defensas antioxidantes, modulan el metabolismo lipídico y estimulan las respuestas inmunitarias, lo que conduce a un mejor crecimiento y resistencia a infecciones microbianas. Las investigaciones indican que la suplementación dietética con PS (5–10%) y PSO (0,5–2%) mejora consistentemente el rendimiento, las características de la canal y la calidad de la carne y los huevos, además de favorecer la salud en los pollos de engorde y las codornices. Cuando las PS se combinan con otros agentes naturales, como las vitamina E a dosis de 0,1–0,2 g/kg, estos aditivos pueden producir efectos sinérgicos que aumentan sus beneficios globales en la producción. En general, las propiedades multifuncionales, sostenibles y rentables de PS y PSO los posicionan como alternativas verdes viables a los promotores sintéticos de crecimiento. Por ello, esta revisión examina críticamente su composición

bioactiva, identifica sus mecanismos de acción detallados y explora aplicaciones prácticas para mejorar la productividad y la salud avícola.

Probióticos autóctonos en la producción avícola africana: potenciales, mecanismos y directrices políticas para combatir la resistencia a los antimicrobianos

ANAYOCHUKWU CHIBUIKE NGENE, HEZEKIAH YUSUF AZI, MICHAEL MACVREN DASHEN y OTUMALA JOHN EGBERE

La avicultura es fundamental para la seguridad alimentaria y los medios de vida en África, pero su sostenibilidad está cada vez más amenazada por el uso intensivo de antibióticos y la rápida propagación de la resistencia antimicrobiana (RAM). Los patógenos *Escherichia coli* y la salmonella aviares siguen siendo las principales causas de enfermedades avícolas, y las cepas resistentes suponen graves riesgos para las políticas One Health. Los probióticos, especialmente las bacterias lácticas (LAB), ofrecen alternativas prometedoras a los antibióticos al mejorar la salud intestinal, mejorar la eficiencia de la alimentación y suprimir patógenos entéricos. Las cepas autóctonas de LAB aisladas de aves domésticas y alimentos fermentados tradicionales muestran una mejor adaptación a condiciones tropicales que los productos comerciales importados. Actúan mediante la exclusión competitiva, la producción de metabolitos antimicrobianos y la modulación de la inmunidad del huésped. Estudios en África informan de resultados alentadores, incluyendo la reducción de la carga de patógenos, una mejora del rendimiento y mayores niveles de supervivencia. Sin embargo, las aplicaciones a gran escala están limitadas por desafíos de formulación, una validación limitada en el campo y marcos regulatorios débiles. Esta revisión sintetiza la evidencia actual sobre los probióticos autóctonos en los sistemas avícolas africanos, centrándose en sus mecanismos de acción, beneficios y limitaciones traslacionales. Sostenemos que aprovechar la biodiversidad microbiana de África, integrar probióticos en las políticas de control de la RAM y fortalecer las relaciones entre la investigación, la política y los agricultores puede reducir la dependencia de los antibióticos y mejorar la resiliencia del sistema avícola. En general, los LAB autóctonos representan una estrategia sostenible y adaptada localmente para salvaguardar la productividad avícola, la seguridad alimentaria y la salud pública en África.

Producción de patos a pequeña escala en India: Estado actual, perspectivas y retos

R. ISLAM, A. ALI, J. D. MAHANTA, M. SARMA, S. D. DEKA, L. BORA, S. PAYENG y M. RAHMAN

El objetivo de esta revisión es analizar el estado, los sistemas de producción, las limitaciones y las perspectivas de la cría de patos a pequeña escala en India. Entre 2010 y 2019, la población de patos en India aumentó de 25,5 a 33,5 millones, contribuyendo con aproximadamente un 1,1% de la producción nacional de huevos y un 2,4% de la producción de carne domésticas (BAHS, 2023). La cría de patos sigue concentrada en los estados del este y sur, con crecimiento en Assam y Tripura pero con un declive gradual en Kerala. La mayoría de los patos se crían bajo sistemas de pastoreo o semi-intensivos que dependen de humedales, arrozales y subproductos domésticos. Las razas autóctonas, como *Pati*, *Maithili* y patos autóctonos de Odisha y Bengala Occidental, son resistentes y tolerantes a enfermedades, pero de bajo rendimiento en comparación con estirpes mejoradas. Las principales limitaciones incluyen el mal acceso al ganado reproductor, la escasez estacional de pienso, la débil cobertura veterinaria y unos canales de comercialización desorganizados. Las oportunidades residen en integrar los patos en los sistemas arroz-pescado, mejorar la eficiencia del alimento mediante ingredientes locales como Azolla y establecer unos programas comunitarios de cría y salud. Fortalecer el apoyo a la extensión de la población, el marketing cooperativo y las intervenciones políticas específicas pueden transformar la cría de patos de una actividad de subsistencia en una empresa rentable y resiliente al clima para los pequeños agricultores. La revisión concluye con vías específicas para mejorar la productividad, la rentabilidad y la relevancia política de la cría de patos para los medios de vida rurales.
