

ESTADO ACTUAL DE LAS ANOMALÍAS DE LA CARNE DE AVE



Resumen

Durante la última década el sector del pollo se ha enfrentado a una creciente incidencia de anomalías musculares que afectan principalmente a los genotipos de rápido crecimiento seleccionados por su rendimiento en este aspecto y en el de la carne de la pechuga. Estas anomalías, denominadas estrias blancas (WS), pechugas de madera (WB) y carne de espagueti (SM), afectan principalmente a la porción superficial de los músculos *pectoralis major*.

A pesar de sus fenotipos distintivos, las condiciones WS, WB y SM implican unas características histológicas comunes, es

decir, pueden compartir unos mecanismos causales comunes que originan su aparición. La carne afectada por anomalías relacionadas con el crecimiento es inofensiva para la nutrición humana, ya que no se han encontrado unos riesgos biológicos o químicos específicos relacionadas con su consumo. Sin embargo, las anomalías de WS, WB y SM afectan negativamente tanto a los caracteres de calidad como a las propiedades tecnológicas de la carne cruda y procesada, causando daños económicos relevantes en el sector.

Este trabajo tiene como objetivo proporcionar una actualización sobre el estado actual de las anomalías de la carne de pollo, ofreciendo una información útil sobre su impacto, los posibles mecanismos causales, los métodos de atenuación y las perspectivas futuras.

GIULIA BALDI, FRANCESCA SOGLIA Y MASSIMILIANO PETRACCI

INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY AND THE AMSA RECIPROCAL MEAT CONFERENCE

Introducción

Según la OCDE, la carne de ave es la más consumida en todo el mundo, habiendo aumentado sustancialmente en los últimos 40 a 50 años y se espera que aumente aún más, especialmente en los países en desarrollo, lo que puede hacer de la de pollo la fuente de proteína más valiosa para una población mundial en crecimiento. El éxito universal de la carne de pollo se encuentra en su asequibilidad, sus propiedades nutricionales y sensoriales, su facilidad de preparación y la ausencia de restricciones religiosas.

La variabilidad tanto en la forma como en el alcance del consumo de carne de pollo registrado en los últimos 50 años ha llevado inevitablemente a una selección genética que tiene como objetivo unas aves de rápido crecimiento para mantenerse al día con la creciente demanda. De ahí que el peso actual final de los pollos de engorde sea un 35% más alto que el de los de la década de 1960, mientras que la edad de sacrificio se ha reducido en 16 d. Además, los criterios de selección se han dirigido a aumentar tanto el tamaño como el rendimiento de la pechuga ya que esta es la porción más valiosa para el sector, hasta tal punto que hoy en día constituye hasta el 25% del peso del ave.

Pero si bien la reducción de los días de engorde, junto con el notable aumento del tamaño de la pechuga han atestiguado los enormes avances en la productividad de los pollos, también ha intervenido en la aparición de unos defectos que afectan a la misma en las aves de rápido crecimiento. Entre las primeras enfermedades reconocidas se encuentra la miopatía pectoral profunda, causada por una inflamación aguda del músculo *pectoralis minor* que origina una necrosis por isquemia (*).

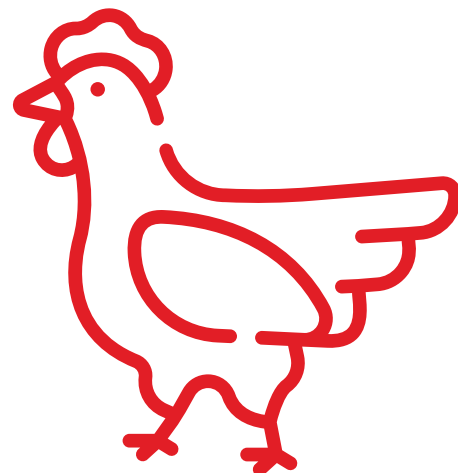
(*) N. de la R.: Isquemia: Falta de riego permanente o transitoria de un tejido orgánico, producida por una alteración de las arterias (Diccionario de María Moliner)

Las mejoras en el tamaño muscular inducidas por la selección artificial ejercen una presión excesiva sobre este músculo que, al estar estrechamente confinado entre el esternón y la fascia inelástica, podría no estar lo suficientemente vascularizado y, por lo tanto, puede ser más susceptible a desarrollar una isquemia.

Anomalías musculares relacionadas con el crecimiento: características macroscópicas y microscópicas

En los últimos 10 años, un nuevo grupo de defectos musculares emergentes, como son las WS, la WB) y la(SM, han llamado la atención de la comunidad científica debido a su incidencia digna de mención junto con las implicaciones perjudiciales para la calidad y la salibilidad de la carne (Figura 1). Aunque los niveles de presentación de la carne afectada pueden variar según el país, la edad del animal y su peso final, así como de los criterios de clasificación aplicados, se supone que estos defectos musculares aparecen en todos los que utilizan estirpes de rápido crecimiento para la producción de carne (híbridos comerciales sacrificados a la temprana edad de 30 a 55 d, con pesos variables entre 1,5 y 5,0 kg,

Además, debido a que su presentación está relacionada con las condiciones de cría intensiva de las aves, también han surgido preocupaciones sobre el bienestar de las mismas.



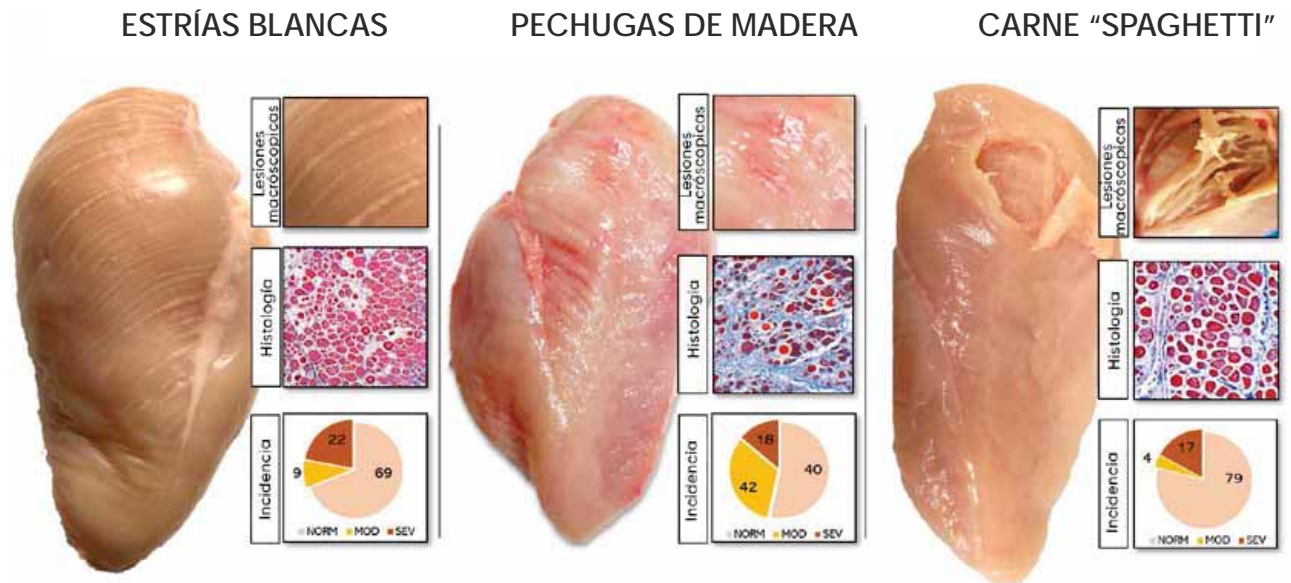


Fig. 1. Imágenes esquemáticas de las características macroscópicas y microscópicas de las principales anomalías musculares relacionadas con el crecimiento que afectan al pectoral mayor de los broilers. Las imágenes histológicas están adaptadas de Baldi y col. (2018) y Soglia y col. (2017). Los datos relativos a los niveles de incidencia de los casos normales (NORM), moderados (MOD) y graves (SEV) de WS, WB y SM son de una encuesta realizada en Italia entre 2017 y 2018 sobre 16.000 pechugas de pollos (Petracci, datos no publicados).

La condición de WS fue descrita por primera vez en 2012 por Kuttappan y col. como estrías blancas o grisáceas paralelas a la dirección de la fibra muscular en la superficie del músculo *pectoralis major* de las aves pesadas. Dependiendo del grado de gravedad, las rayas blancas podrían presentar un grosor variable (de 1 a 3 mm) y extenderse desde la región craneal hasta la caudal de los filetes. Y aunque se informa predominantemente de su evidencia en la carne de pechuga, también pueden verse en los muslos y contramuslos.

Las WB, a menudo relacionadas con las WS, se presentan como una consistencia endurecida focal o difusa del músculo *pectoralis major*, que parece pálido, rígido e hinchado y puede mostrar un exudado viscoso y hemorragias en su superficie. Por el contrario, la SM, más reciente, recibe su nombre de los haces de fibras musculares en forma de hilo o sueltas que componen el *pectoralis major*, que parece blando y poco apretado (Baldi y col., 2018).

A pesar de sus fenotipos distintivos, las WS, WB y SM implican unas características histológicas comunes, lo que sugiere que podrían compartir al menos algunos mecanismos causales comunes que desencadenan su presentación. En detalle, todos los músculos afectados muestran una alteración de su arquitectura, la presencia de fibras anormales con un perfil redondeado, internalización nuclear, infiltración de macrófagos y necrosis hasta la lisis de las fibras, junto con procesos regenerativos ocasionales.

Pero además de estas características histológicas compartidas, las WS generalmente están relacionadas con una deposición anormal de tejido adiposo (es decir, lipidosis) en el compartimiento perimisial, con la gravedad de las lesiones histopatológicas intensificándose con el grosor de las estrías. Por otro lado, la WB se relaciona con la proliferación de tejido conectivo (es decir, fibrosis) que origina un engrosamiento severo de la red perimisial. Por el contrario, el sello distintivo de la SM radica en la rarefacción progresiva del

tejido conectivo, tanto a nivel endo como perimisial, que parece suelto (inmaduro) y conduce al desprendimiento de las fibras musculares entre sí.

Además, hay un nuevo problema de calidad emergente que afecta al músculo *pectoralis minor*, fenotípicamente análogo a la SM. Se denomina "defecto abierto" y fue descrito por primera vez en 2019 por Soglia y col., proviniendo su nombre de la separación de los haces de fibra de la porción externa del este músculo en las aves de rápido crecimiento. Aunque los hallazgos preliminares sugieren que su aparición está relacionada principalmente con los procedimientos de perimortem (*) y sacrificio, se necesita más investigación para conocer mejor esta afección, que afecta negativamente a la calidad de la carne de este músculo.

Mecanismos en el músculo que afectan a su presentación

Se ha demostrado que varios genes se expresan de manera diferenciada entre los músculos afectados y no afectados, pero no ha sido posible identificar un gen específico capaz de diferenciar las anomalías musculares entre sí, lo que sugiere una etiología común detrás de su aparición. Dentro de este escenario, el fenotipo específico de WB, WS y SM podría verse como un enfoque distinto por parte del propio músculo para responder a las alteraciones inducidas por la selección genética.

Una vez que se estableció que la aparición de los defectos musculares previamente mencionados no estaba vinculada a un biomarcador específico, se han realizado varios estudios para identificar los mecanismos subyacentes involucrados en la manifestación de anomalías musculares

y actualmente, la comunidad científica está de acuerdo en que la hipoxia es el factor desencadenante responsable de su aparición.

De hecho, la intensificación de la selección artificial llevada a cabo durante las últimas décadas ha dado lugar a cambios impresionantes en el tamaño y grosor del músculo pectoral, que se logra a través de la hipertrofia de fibras. Sin embargo, estas alteraciones en la fisiología del músculo pectoral no han sido seguidas por una variación adecuada en la densidad capilar del mismo.

Por lo tanto, la reducción de la relación capilar-fibra ha modificado el transporte de oxígeno y nutrientes al tejido muscular, así como el desplazamiento de los productos de desecho metabólicos, lo que origina una acumulación de especies reactivas de oxígeno y el desarrollo de procesos inflamatorios. Una vez que se desencadena la inflamación, el músculo trata de combatir la hipoxia a través de varios mecanismos defensivos, como mejorar el flujo sanguíneo mediante el aumento de la síntesis de vasodilatadores, por ejemplo, óxido nítrico.

A partir de ahí, una red de reacciones biológicas complejas, junto con procesos regenerativos, en un intento inútil de limitar la inflamación y la necrosis tisular tienen lugar en el músculo, pues se cree que los débiles y defectuosos mecanismos generales de reparación de los músculos miopáticos están relacionados con una reducción del número de células satélite y su capacidad de proliferativa. Cuando la miodegeneración se pone al día con la capacidad regenerativa del músculo, el resultado final es la necrosis de la fibra y la aparición de fibrosis y lipidosis, rasgos distintivos de estas anomalías relacionadas con el crecimiento.

(*) N. de la R.: El prefijo "peri", del griego, significa "alrededor de", pero aquí el "perimortem" lo traduciríamos por "anteriores a la muerte".

Implicaciones para la calidad de la carne

Las carnes afectadas por WS, WB y SM pueden ser aptas para la alimentación humana ya que su consumo no se ha relacionado con peligros biológicos ni químicos. Pero, dependiendo de la gravedad del defecto y de su eventual coexistencia en el mismo músculo, su aparición afecta negativamente tanto a la calidad y los rasgos tecnológicos de la carne cruda y procesada como a la disposición de los consumidores a adquirirla.

En general, la aparición de anomalías musculares origina una reducción importante en el valor nutricional de la carne, ya que los músculos anormales suelen tener una mayor cantidad de humedad, colágeno, y grasa en detrimento de la proteína. Más aún, la carne afectada por WB exhibe unos mayores niveles de oxidación de carbono y lípidos en comparación con los filetes no afectados. Los cambios en la composición química de la carne son el resultado directo de procesos degenerativos relacionados con WS, WB y SM, como el reemplazo de fibras necróticas con tejido adiposo y conectivo y el aumento de agua extracelular (es decir, edemas) como consecuencia de los procesos inflamatorios que tienen lugar en el músculo.

Las carnes afectadas también afectan a las propiedades tecnológicas, en especial por su escasa capacidad para retener agua constitucional debido a la completa alteración de su estructura muscular, así como a la presencia de proteínas oxidadas. La aparición de WB también afecta las propiedades texturales de la carne cruda, por la notablemente mayor fuerza necesaria para de su compresión y corte, mientras que las condiciones de WS y SM apenas afectan a ello.

El proceso de cocción podría ablandar la carne WB debido a la solubilización de los enlaces cruzados de colágeno térmicamente lábiles. De hecho, hay evidencia de que la textura de la carne WB cocida es comparable a la de la carne cocida no afectada. Por el contrario, los resultados del análisis del perfil de textura han mostrado que la carne WB cocida tiene una mayor dureza en comparación con la carne normal.

Aunque el defecto WS también puede ocurrir en los músculos *pectoralis major* de los híbridos de pavo de rápido crecimiento, su aparición no afecta las propiedades nutricionales y tecnológicas de la carne de pechuga del mismo la misma medida que con los pollos. Esto sugiere una respuesta diferente del músculo a la presión inducida por la selección que originó un ligero efecto sobre la calidad de la carne de pavo.

Los efectos perjudiciales mencionados sobre las propiedades tecnológicas de la carne de ave pueden explicar las pérdidas económicas relacionadas con la disminución del rendimiento durante el procesado. De hecho, los filetes gravemente afectados son utilizados para la fabricación de pepitas, salchichas, hamburguesas, etc., mientras que los casos moderados se comercializan para la venta al por menor de productos frescos. Por lo tanto, los importantes daños económicos relacionados con la presentación de WS, WB y SM afectan tanto con los minoristas (debido a las quejas de los consumidores y/o una menor disposición a la compra) como a las industrias del pollo (debido al descarte y/o a la degradación de la carne y a los recortes de pechugas, así como a la capacitación de un personal experto para la clasificación). Además de las implicaciones económicas, existe una creciente preocupación por el bienestar de las aves que exhiben estas miopatías.

Intentos de reducir los problemas

Dentro de este escenario, las soluciones para evitar y/o mitigar la aparición de estas anomalías musculares están llamando la atención de la comunidad científica. Está ampliamente documentado que la incidencia de defectos musculares aumenta con un mayor ritmo de crecimiento, la edad del sacrificio y el peso del ave. Los primeros signos de degeneración de la fibra muscular relacionados con estas anomalías son visibles a solo 14 días de edad. Por lo tanto, se han realizado intentos en el campo de la nutrición con el fin de reducir tanto la gravedad como la aparición de estas anomalías mediante la restricción del pienso o la formulación del mismo (por ejemplo, con la suplementación de antioxidantes, minerales orgánicos, aminoácidos, vitaminas, etc.)

Sin embargo, hay que destacar que estas estrategias podrían no tener ningún efecto de mitigación eficiente porque una posible disminución del peso de sacrificio y el tamaño de las pechugas de las aves pudieron citarse como causas de la reducción de la incidencia de estas anomalías.

Por ello, parece que, en realidad, la solución más eficiente es la inclusión de la carne anormal en productos procesados ya que los procedimientos de picado, así como la adición de ingredientes funcionales, podrían enmascarar sus propiedades sensoriales y tecnológicas deterioradas. Además, debido a que las anomalías musculares alteran principalmente la sección superficial de los músculos pectorales, un enfoque eficiente es dirigir la superficie del filete de pecho para la fabricación de productos procesados, mientras que la sección profunda aún puede ser adecuada para la venta al por menor fresca, lo que limita la gravedad de la degradación de la carne.

Otro asunto relevante para el sector del pollo es la detección temprana y la clasificación objetiva de la carne afectada

por estas anomalías musculares a través de unos métodos de confianza no destructivos, que pueden evitar la necesidad de un personal capacitado en las líneas de los mataderos. A este respecto se ha propuesto un espectro de radiofrecuencia como técnica efectiva para detectar las WS en las canales de pollos con su piel, mientras que las imágenes hiperespectrales (una técnica novedosa que combina la espectroscopia con imágenes) se ha aplicado con éxito para discriminar entre las pechugas normales y WS al proporcionar simultáneamente información relacionada con las características químicas y físicas de la carne Y, además, la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) también se ha utilizado para detectar la carne WB en líneas de sacrificio de pollos y pavos muy afectadas.

Conclusiones

A pesar de todos los esfuerzos realizados por la comunidad científica durante la última década, no se han esclarecido unas soluciones eficaces capaces de inhibir la aparición de anomalías musculares, o al menos de disminuir los síntomas y sus consecuencias, tanto para el bienestar animal como para la calidad de la carne. Dar un paso atrás parece inevitable a estas alturas pues una mayor presión ejercida sobre el desarrollo de la pechuga podría verse restringida por el potencial biológico muscular, estando además las preocupaciones sobre el bienestar animal ya que los consumidores son cada vez más conscientes de estos problemas. En este escenario, aunque resolver el problema en su raíz parece complejo, la industria cárnica tendrá que reevaluar las estrategias de selección y optar por unas soluciones más sostenibles. Además, una investigación científica adicional debería abordar la formación embrionaria de miofibras adicionales y unas estrategias de alimentación, así como unas soluciones de procesamiento dirigidas a reducir el impacto económico y de la calidad de la carne de estas anomalías.