PRODUCTOS DE ALGAS EN DIETAS AVÍCOLAS

Lizza M. Macalintal, Ph.D. Kentucky University

Midwest Poultry Fed. Conv. Minneapolis, marzo 2018

Introducción

Las algas se han utilizado tanto en las dietas humanas y para los animales desde hace siglos pero actualmente existe un renovado interés en complementar las dietas para el ganado con microalgas desgrasadas debido a sus componentes nutricionales y bioactivos.

Las algas se cultivan para la producción de biocombustibles, productos farmacéuticos, cosméticos y alimentos. Su clasificación es compleja, aunque, se puede subdividir según su estructura y tamaño. Las macroalgas son grandes masas flotantes multicelulares similares a las plantas, comúnmente denominadas algas marinas. Las microalgas, por otro lado, son pequeños organismos unicelulares de vida libre que se encuentran en el medio marino y en el agua dulce. Son un grupo diverso de fotoautótrofos que sirven como alimento esencial para estadios larvales y juveniles de crustáceos y peces - Brown y col., 1989 -.

Las tecnologías avanzadas permiten a la industria cultivar y procesar microalgas en interiores utilizando fotobiorreactores, que son sistemas cerrados y controlados, con la capacidad de fermentar un producto de algas más consistente, estable y libre de contaminantes. Los productos de algas son buenas fuentes de proteínas, vitaminas, oligo-minerales, antioxidantes, pigmentos, carbohidratos y ácidos grasos, pero lo más importante es que contienen altas cantidades de los ácidos grasos poliinsaturados beneficiosos, es decir, ácidos grasos omega-3 (n-3), en particular el ácido eicosapentaenoico – EPA - y el docosahexaenoico – DHA -. Los efectos beneficiosos de los ácidos grasos poliinsaturados en la salud humana han despertado el interés en complementar las dietas de aves domésticas con microalgas desgrasadas para aumentar su valor nutritivo, incluido el de los ácidos grasos n-3.

"Ya existe la posibilidad de cultivar microalgas en interiores utilizando fotobioreactores"

Las microalgas y su valor nutritivo

El valor nutricional de las microalgas varía típicamente entre especies dependiendo de su tamaño y estructura celular, sus componentes bioactivos y las condiciones de cultivo o desarrollo. Aunque existen variaciones en el valor nutritivo, las proteínas – del 6 al 63 % -, los carbohidratos – de 8 a 64 % - y los lípidos – de 2 a 50 % - son los principales componentes nutricionales que se encuentran en las algas. Las especies de microalgas seleccionadas en comparación con los ingredientes de los alimentos convencionales, como el maíz, la soja y el trigo, son similares en nutrientes, si no mejores - tabla 1 -. Según la FAO la soja, una fuente de proteína tradicional en las dietas animales, tiene un perfil de aminoácidos que es comparable a la microalga *Chlorella* y *Spirulina* - Becker, 2007 -. Además, también contienen los aminoácidos esenciales que el cuerpo no puede sintetizar y que deben adquirirse a través de la dieta.

La *Spirulina* y la *Chlorella spp.* se cultivan a escala comercial y están disponibles como suplementos alimenticios para la salud humana. En EE.UU. la FDA las consideró en general como seguros – GRAS - y se comercializan como alimentos funcionales debido a su alto contenido de nutrientes de valor agregado. Y otra microalga de interés es la *Schizocythrium sp* por su capacidad para incorporar más ácidos grasos poliinsaturados como los ácidos grasos n-3 en los huevos y la carne de pollo. Los ácidos grasos n-3 derivados de microalgas incluyen EPA y DHA.

Tabla 1. Comparación de la composición nutricional de algunas microalgas y otras materias convencionales (% de materia seca)

Productos	Proteína	Carbohidratos	Lípidos
Maíz	10	85	4
Soja	37	30	20
Trigo	14	84	2
Chlorella vulgaris	51-58	12-17	14-22
Chlorella pyrenoidosa	57	26	2
Spirullina platensis	46-63	8-14	4-9
Spirogyra sp	6-20	33-64	11-21
Synchecococus sp	63	15	17
Schyzochitrium sp	14-20	25	40-50

Las algas no son ni plantas ni animales, pero poseen características de ser como plantas y animales. Son organismos similares a las plantas acuáticas, en el sentido que producen su propio alimento - es decir, clorofila - a través de la fotosíntesis. Las algas atrapan la energía del sol para convertir el dióxido de carbono y el agua en moléculas ecológicas, carbohidratos, lípidos y proteínas. Y al igual que los animales, son capaces de alimentarse de los materiales orgánicos que se encuentran en su entorno. Las algas marinas son aceptables para las personas que son vegetarianas como fuente de EPA y DHA, por lo que también son aceptables en las dietas vegetarianas de las aves.

Las algas son organismos naturales no modificados genéticamente. Una modificación genética tiene lugar cuando un gen o genes se trasplantan físicamente y se insertan en otro organismo, lo que cambia la composición del aceptador. El interés principal en la modificación genética de las algas se debe a la capacidad de éstas para producir altas cantidades de lípidos – triglicéridos -, que es la base para la producción de biocombustibles - Pate y col., 2011 -. En 2017, científicos de la Universidad de San Diego han diseñado genéticamente la *Acutodesmus dimorphus* para la biosíntesis de ácidos grasos y la expresión de proteína fluorescente verde que no está presente en las algas no alteradas. La advertencia de este proceso, al igual que en otros productos OGM, es la amenaza que posee para el ecosistema y la posible mutación. Por lo tanto, la fuente de los productos de algas determinará su estado de no OGM.

Las algas marinas son aceptables para las personas que son vegetarianas como fuente de EPA y DHA, por lo que también son aceptables en las dietas vegetarianas de las aves

Microalgas en dietas avícolas

Se han realizado estudios exhaustivos en avicultura sobre el empleo de diversas grasas y semillas oleaginosas de plantas y/o fuentes marinas para aumentar los niveles de deposición de ácidos grasos en los huevos y la carne de pollo. Sin embargo, las fuentes marinas o vegetales son principalmente ricas en ácido linoleico esencial o α-linolénico – ALA - a partir del cual se sintetizan EPA y DHA. La linaza es una semilla oleaginosa que se agrega a las dietas de las aves debido a su alto contenido de ALA, es decir, el precursor de DHA.

Tabla 2. Contenido en DHA (mg/100 g) en huevos de gallinas recibiendo una dieta conteniendo una microalga (*)

		1ª experiencia	2ª experiencia
USDA, huevo comercial	58		
Microalga,	0,0 %	49	44
Microalga,	0,5 %	74	NI
Microalga,	1,0 %	89	90
Microalga,	2,0 %	115	126
Microalga,	3,0 %	NI	137

(*) Ao y col., 2014
NI: no incluido cómo tratamiento

Pero así como la linaza es una buena fuente de ALA, también contiene factores anti-nutritivos. La suplementación de semillas de lino al 10-15% en dietas de gallinas o de broilers redujo en gran medida el peso corporal de las aves - Mridula y col, 2014; Bean y Leeson 2003; Novak y Scheideler, 2001; Ajuyah, y col., 1993 -. En cuanto a las fuentes marinas de ácidos grasos, la insostenibilidad de los suministros de aceite de pescado es una de las principales preocupaciones del sector de los piensos - Kitessa y col, 2014 -. Además, se ha indicado que la adición dietética de aceite de pescado – en más del 1,5 % - afecta a la calidad sensorial en los huevos y a menudo se describe que incorpora un sabor no deseado - Gonzalez-Esquerra y Leeson 2000; Holdas y May, 1966 - que puede afectar la aceptabilidad del consumidor.

Los ácidos grasos se agregan a las dietas para aumentar su valor en energía y mejorar la productividad de las aves y la eficiencia de la alimentación - NRC, 1994 -. Sin embargo, no todas las grasas o lípidos se crean de la misma manera y, ciertamente, los tipos y la cantidad de

"Las microalgas son una fuente directa de acidos grasos n-3 beneficiosos"

Tabla 3. Contenidos en n-3 y n-6 (mg/100g) en los tejidos de broilers alimentados con una dieta con microalgas (*)

Tratamientos (&)	AA,	EPA	DHA	Total n-3	Total n-6	Relación n-6 / n-3
Pechuga						
0% algas	47 a	2,95	7	30	285	12,20
2% "	33 b	4,90	50	72	220	3,10
4% "	24 c	7,45	86	109	176	1,60
Contramuslo						
0% algas	81 a	2,61	10,30	76	849	11
2% "	56 b	7,26	71,20	112	485	4,30
4% "	51 c	16,02	173,90	230	525	2,30
Grasa abdominal						
0% algas	0,295	00	2,203	27,334	0,012	
1% "	0,353	0,198	0,531	2,721	26,986	0,010
2% "	0,389	0,293	1,138	3,453	25,164	0,007
Según el USDA ($)						
Pechuga	-	0,00	0,0			
Contramuslo	-	0,01	0,0			

(*) Macalintal y col., 2013
(&) Las cifras de la misma columna seguidas de letras distintas son significativamente diferentes.
($) https: //ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/

grasas depositadas en diferentes tejidos corporales no producirán efectos similares. Recientemente, los efectos beneficiosos de modificar la composición de ácidos grasos de las dietas de las aves también han demostrado tener efectos beneficiosos potenciales en la salud humana. El consumo de productos alimenticios enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados - n-3 PUFA - está vinculado positivamente a múltiples beneficios para la salud en la población humana - Simopoulos 2001 y 2006 -, que incluyen, entre otros, enfermedades cardiovasculares, artritis, diabetes, cáncer y afecciones neurodegenerativas.

Por lo tanto, existe una creciente demanda de fortificar los alimentos que incluyen huevos, carne de pollo y las dietas para las aves con PUFA n-3, con énfasis en DHA. Una fuente alternativa y sostenible de ácidos grasos para las dieta de las aves es la microalga marina *Schizochytrium sp.*, que contiene concentraciones relativamente altas de PUFA n-3, particularmente EPA y DHA - Jiang y col., 2004; Hauvermale y col., 2006; Metz y col., 2009 -. Las microalgas pueden estar en el fondo de la cadena alimenticia aunque son una fuente directa de ácidos grasos n-3 beneficiosos. Alrededor del 29% del contenido total de lípidos de las microalgas son ácidos grasos n-3 - Barclay y col., 1998 -, de los cuales el 25% es DHA, el cual es importante en la estructura de la membrana y la integridad neuronal, así como en la agudeza visual - Bradbury, 2011 -, por lo que su deficiencia puede afectar el crecimiento y la susceptibilidad a ciertas enfermedades.

"El empleo de microalgas en gallinas ponedoras y broilers abre un camino para crear alimentos funcionales como el huevo y la carne de pollo"

Microalgas y huevos

En los estudios con ponedoras se utilizó la *Spirulina* – del 1,5 al 2 % - o *Chlorella* – hasta el 1 %- , mejorándose el color de la yema y sin afectar al rendimiento productivo. Las gallinas alimentadas con una dieta suplementada con *Spirulina* o *Chlorella* produjeron unos huevos con la yema significativamente más ricas en color - An y col., 2014; Zahroojian y col., 2011; 2013 -, lo que se puede atribuir a la presencia de carotenoides, unos pigmentos solubles en grasa, presentes en la biomasa de las algas y unos conocidos precursores de la vitamina A.

En dos experiencias más reciente se intentó determinar la influencia de la incorporación de microalgas unos co-

nocidos precursores de la vitamina A. - *Schizochytrium limacinum* - en el contenido en ácidos grasos de los huevos, alimentando a las gallinas con una dieta a base de harinas de maíz y soja que contenía microalgas. La determinación de ácidos grasos reveló que la suplementación con microalgas produjo un aumento en la deposición de DHA en los huevos - tabla 2 - en comparación con el valor de referencia de 58 mg de DHA/100 g indicado por el USDA – tabla 2 -.

Microalgas y carne de pollo

Se realizó otro estudio en broilers para evaluar si la suplementación de su con microalgas - *Schizochytrium limacinum* - modifica el perfil de ácidos grasos de los tejidos y produce el mismo efecto que en la asimilación tisular de los ácidos grasos n-3 en los huevos.

Como puede verse en la tabla 3, la suplementación de microalgas afectó el perfil de ácidos grasos de la pechuga, la carne del muslo y la grasa abdominal, aumentando linealmente los depósitos de DHA y EPA en los tejidos. Además, los ácidos grasos n-3 totales siguieron la misma tendencia, mientras que la carne de pechuga experimentó una disminución significativa en la concentración total de n-6 al aumentar la adición de algas.

Por otro lado, el ácido graso araquidónico – AA - mostró una relación inversa con la inclusión de algas, observándose una disminución del mismo al aumentar el nivel de incorporación de éstas.

Este régimen de alimentación también dio lugar a una reducción en la proporción n-6 a n-3 en los tejidos aunque es importante tener en cuenta que la proporción reducida de grasa n-6 a n-3 es más crítica que los cambios absolutos en la deposición de ácidos grasos n-3 en el tejido solo, ya que el consumo de productos alimenticios con una proporción menor de n-6 a n-3 se ha demostrado que afecta favorablemente la salud humana - Simopoulus, 2008 -.

En comparación con el nivel de DHA y EPA de la carne de pechuga y muslo de la base de datos de la guía de nutrientes del USDA, o sin la adición de algas a la dieta, la contribución de éstas se puede ver claramente por la incorporación de DHA en los tejidos. Incluso la grasa abdominal contiene los ácidos grasos n-3 en comparación con la del valor de referencia, sin algas en la dieta.

Debido al alto contenido de DHA en las microalgas - al menos el 16 % -, la adición al 2 % elevó efectivamente los niveles de DHA en la carne de pechuga y muslo. Los bajos niveles de n-3, particularmente el DHA hallado en los tejidos de las aves que no recibieron microalgas, se debieron principalmente a la conversión de ácido α-linolénico. Sin embargo, se ha indicado - Burdge y Calder, 2005 - que el nivel de conversión del ácido α-linolénico en DHA es bajo en comparación con la adición directa a la dieta de microalgas ricas en DHA.

Microalgas y dietas avícolas ecológicas

La información sobre el uso de microalgas en dietas de aves ecológicas es limitada. En una reciente investigación sobre la preocupación por cubrir los requerimientos de proteína de las dietas de las aves ecológicas se analizaron las microalgas - Gerrald y col., 2015 – añadiéndose un 3% de *Spirulina ssp* a una ración 100 % ecológica, comparándose con un pienso ecológico comercial. No hubo ninguna diferencias significativas en el rendimiento productivo y el bienestar animal en aves alimentadas de una forma u otra, lo que sugiere que la alimentación de algas como fuente alternativa de proteínas puede ser factible en las dietas de pollos ecológicos.

Uno de los retos con los que se enfrentan las industrias de las algas es el de los altos costes de producción pues los productos de algas generalmente se fabrican en pequeñas instalaciones, con volúmenes bajos. Además, las normas técnicas para el uso de especies específicas, incluidas las microalgas, no se han definido en la UE. En Canadá, las microalgas aún no se han incluido en el sistema de producción ecológica entre la lista de sustancias permitidas en la producción animal.

En EE.UU., de acuerdo con los Estándares Orgánicos Nacionales la alimentación puede incluir materiales no agrícolas, no sintéticos – naturales - como suplementos

no prohibidos certificados como ecológicos pero "todos los ingredientes agrícolas, incluidos como aditivos y suplementos, deben haber sido producidos y manejados ecológicamente".

Conclusiones

El empleo de microalgas en gallinas ponedoras y broilers abre un camino para crear alimentos funcionales como el huevo y la carne de pollo. Los nutrientes de valor agregado, es decir, DHA y las mejoras en la proporción de n-6 a n-3 son evidentes cuando se agregan microalgas a las dietas de las aves. Más que el aumento en la concentración de DHA, la clave para la importancia nutricional de la adición de microalgas en la dieta es la reducción en la proporción de n-6 a n-3 que se relaciona con una mejor salud de la población humana. Por lo tanto, la manipulación de ácidos grasos para fortalecer los productos avícolas se puede lograr mediante la incorporación de microalgas ricas en DHA en las dietas avícolas.

Las microalgas pueden ser un candidato ideal en lo que respecta a la fuente de proteínas, debido a su capacidad para mantener un perfil de aminoácidos equilibrado cuando se emplean en la alimentación - Becker, 2007 -.

Sin embargo, la necesidad de maximizar el potencial del valor nutritivo de las microalgas, además de ser una fuente de proteínas, es importante. El uso de algas en la dieta de las aves ecológicas abre una oportunidad para la fortificación de los huevos y pollos de este tipo. Por lo tanto, se justifica la investigación sobre el efecto de la acumulación de ácidos grasos n-3 en los tejidos mediante la adición directa de microalgas a la dieta de las aves.

El uso de algas en la dieta de las aves ecológicas abre una oportunidad para la fortificación de los huevos y pollos de este tipo