



## Uso de harina de semilla de uva como antioxidante natural en dietas de pollos de engorda Hubbard de crecimiento lento enriquecidas con ácidos grasos poliinsaturados



Margareta Olteanu <sup>a\*</sup>

Tatiana Dumitra Panaite <sup>a</sup>

Raluca Paula Turcu <sup>a,b</sup>

Mariana Ropota <sup>a</sup>

Petru Alexandru Vlaicu <sup>a,b</sup>

Monica Mitoi <sup>c</sup>

<sup>a</sup> National Research-Development Institute for Animal Biology and Nutrition (INCDBNA), Calea Bucuresti, no. 1, Balotesti, 077015, Ilfov, Romania.

<sup>b</sup> University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, 59 Marasti Bd, District 1, Bucharest, Romania.

<sup>c</sup> Institute of Biology Bucharest, 296, Splaiul Independentei, 060031, Romania.

\* Autor de correspondencia: [margaretaolteanu@yahoo.com](mailto:margaretaolteanu@yahoo.com)

### Resumen:

El propósito del estudio fue evaluar el efecto de la harina de semilla de uva, adicionada a la dieta de pollos de engorda Hubbard de crecimiento lento alta en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) por la harina de linaza de la dieta. El ensayo de alimentación de 7 semanas utilizó 80 polluelos (14 d), asignados a dos grupos: control (C) y E, con 4 repeticiones de 10 polluelos/grupo. La dieta basal fue similar para ambos grupos durante ambas etapas de alimentación. La dieta para el grupo E se complementó con 3 % de harina de semilla de uva. Se sacrificaron seis pollos de cada grupo al final del ensayo de alimentación, y se recogieron

muestras de sangre, carne de pechuga y pierna. El colesterol sérico fue significativamente menor en el grupo E (110.85 mg/dL) que en el grupo C (146.82 mg/dl). La concentración de AGPI fue significativamente mayor en el grupo E que en el grupo C, tanto en la pechuga (31.34 %, en comparación con el 27.73 % de ésteres metílicos totales de ácidos grasos - EMAG) como en la pierna (32.44 %, en comparación con el 30.06 % de EMAG totales). La concentración de colesterol fue significativamente menor en el grupo E (42.52 mg) que en el grupo C (60.91 mg/100 g de muestra fresca) en la pierna. Después de 7 días de refrigeración, el valor de peróxido fue significativamente menor en el grupo E (8.11 meq) que en el grupo C (8.79 meq/kg de grasa) en la carne de pechuga, mientras que la acidez de la grasa fue significativamente menor en el grupo E (40.82 mg de KOH) que en el grupo C (43.99 mg de KOH/g de grasa) en la pierna. El 3 % de harina de semilla de uva de la dieta, utilizada como antioxidante natural, en las dietas de pollos de engorda enriquecidas con AGPI, tuvo efectos positivos en los parámetros sanguíneos y la calidad de la carne.

**Palabras clave:** Pollo de engorda, Hubbard, Harina de linaza, Harina de semilla de uva, Ácidos grasos.

Recibido: 21/05/2019

Aceptado: 12/05/2021

## Introducción

Hay muchos factores que influyen en la calidad de la carne de pollos de engorda, entre ellos la composición genética, el bienestar animal, los factores previos al sacrificio y los cambios *post mortem* de los músculos<sup>(1)</sup>. Hoy en día, la carne de pollos de engorda híbridos de crecimiento lento se volvió más conocida por su textura y sabor agradables, menos jugosa, ajustándose a las preferencias actuales de los consumidores<sup>(2,3)</sup>. En Europa, estos híbridos se están adaptando más rápido a los sistemas de producción alternativos, estando disponibles varias líneas, aunque el rendimiento de crecimiento de los híbridos de crecimiento lento es menos eficiente que el de los híbridos de rápido crecimiento<sup>(2,3)</sup>. Se encontró que los contenidos de ácidos grasos tienen efectos tanto peligrosos como benéficos para la salud humana según el tipo de grasas y el consumo de carne<sup>(4)</sup>. Además, la preocupación de los consumidores por alimentos altos en omega-3 (AGPI  $\omega$ -3) en su dieta diaria aumentó debido a su efecto benéfico en la salud humana<sup>(5,6,7)</sup>.

Los alimentos de origen animal pueden enriquecerse en AGPI alimentando a los animales con dietas cuyos ingredientes sean altos en AGPI. Algunos de los ingredientes de alimento altos en AGPI son la linaza<sup>(8,9)</sup> y la harina de linaza<sup>(10-13)</sup>, la harina de camelina<sup>(14,15)</sup> y la harina de colza<sup>(16-19)</sup>. El lino es una planta oleaginosa en la que la relación  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 es inferior a la unidad (0.436 %), por lo tanto, el lino, en todas sus formas (semillas, aceite y harina) es un ingrediente de alimento viable que puede aumentar el nivel de AGPI de las dietas<sup>(8)</sup>. Sin embargo, el aumento de los niveles de AGPI hace que los alimentos sean propensos a la oxidación, por lo que las dietas deben complementarse con antioxidantes<sup>(20)</sup>.

Los subproductos de bodega, el orujo de uva, las semillas de uva y pieles de uva, las tortas de semilla de uva o las harinas de semilla de uva, tienen altos niveles de polifenoles, fuentes de antioxidantes naturales. La abundancia de polifenoles activos en estos subproductos es de verdadero interés para la nutrición animal, ya que pueden ser utilizados como antioxidantes naturales, reemplazando a los sintéticos<sup>(21,22)</sup>.

Las tortas o harinas de semilla de uva resultan de la extracción en frío o la extracción química del aceite. La concentración de polifenoles oscila entre 0.642 mg equivalentes de ácido gálico, en las tortas, 3.186 mg equivalentes de ácido gálico, en el orujo de uva y 90.41 mg equivalentes de ácido gálico/g de muestra en la harina de semilla de uva. La capacidad antioxidante oscila entre 8.554 mM equivalentes de Trolox, en el orujo de uva, 6.241 mM equivalentes de Trolox, en tortas y 493.07 mM equivalentes de Trolox/g de muestra, en la harina de semilla de uva<sup>(11,23,24)</sup>. La literatura cuenta con varios estudios sobre el uso de subproductos de bodega, como el orujo de uva<sup>(25,26,27)</sup> o harina de semilla de uva<sup>(28,29)</sup> en la alimentación de pollos de engorda y sobre sus efectos benéficos en el rendimiento de los pollos de engorda, la digestibilidad de proteínas y aminoácidos, los parámetros sanguíneos y la calidad de la carne, debido a la mayor concentración de AGPI y la menor peroxidación lipídica.

Los estudios realizados hasta el momento han demostrado que la inclusión de subproductos de bodega en la alimentación animal, como antioxidantes naturales, es una buena estrategia para mejorar la estabilidad oxidativa de los productos de origen animal, satisfaciendo así el requisito del consumidor de alimentos de origen animal de alta calidad<sup>(30,31)</sup>.

Dentro de este contexto, el propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de 3 % de harina de semilla de uva, subproducto de bodega, adicionada a la dieta de pollos de engorda Hubbard alta en ácidos grasos poliinsaturados debido al 2 % de harina de linaza en la dieta, en el rendimiento de los pollos, el perfil energético del plasma sanguíneo, en los niveles de ácidos grasos y colesterol y en los índices de degradación de la carne de pollo.

## Material y métodos

El ensayo de alimentación se llevó a cabo en las instalaciones experimentales del Instituto Nacional de Desarrollo de la Investigación para la Biología y Nutrición Animal (IBNA-Balotesti, Rumania) en un protocolo (núm. 5122/03.08.2017) aprobado por la Comisión de Ética del instituto de acuerdo con la Directiva de la UE 2010/63/UE y la ley rumana sobre protección animal.

### Animales y diseño experimental

El ensayo de alimentación de 7 semanas se realizó en 80 polluelos de engorda Hubbard (14 días), criados en el suelo, sobre virutas de madera (10 cm de grosor). Los polluelos se pesaron individualmente y se asignaron a dos grupos (40 polluelos/grupo), teniendo el peso inicial promedio de  $233.6 \pm 5.53$  g. Cada grupo tuvo cuatro repeticiones de 10 polluelos cada una. Los polluelos tuvieron libre acceso al alimento y al agua. Se tuvo un régimen de luz de 23 h, la temperatura fue de 22 a 23 °C, y la humedad relativa fue de 60 a 70 % durante todo el período experimental, según la Guía de manejo para pollos de engorda Hubbard CLASSIC<sup>(32)</sup>.

El diseño experimental fue monofactorial, completamente aleatorizado. Tuvo dos tratamientos, C (0 %) y E (3 %) con harina de semilla de uva aplicada para las dos fases, crecimiento (14-28 días) y finalización (28-63 días), de acuerdo con los requisitos de alimentación de la línea de crecimiento lento Hubbard híbrida (Cuadro 1). Ambas dietas (C y E) se enriquecieron con ácidos grasos poliinsaturados utilizando 2 % de harina de linaza. La harina de linaza y la harina de semilla de uva se compraron a 2E Prod SRL, Rumania. Hubo un solo lote de dieta / grupo para cada período: crecimiento y finalización. El rendimiento de crecimiento de los pollos: ingesta promedio diaria de alimento (g/pollo/día), peso inicial (g), peso final (g), se monitoreó durante todo el período experimental (14-63 días). Se calculó la ganancia promedio diaria de peso (g/pollo/día) y la relación de conversión alimenticia (g de alimento/g de pollo), en base a repeticiones de aves.

**Cuadro 1:** Formulación de alimentos compuestos y análisis químico

	Crecimiento (14– 28 días)		Finalización (29– 63 días)	
	C	E	C	E
Maíz	49.92	44.14	44.26	47.00
Trigo	15.00	15.00	16.00	10.00
Gluten de maíz	4.00	4.00	4.00	3.80
Harina de soya	19.85	22.00	24.00	24.00
Harina de lino	2.00	2.00	2.00	2.00
Harina de semillas de uva	-	3.00	-	3.00
Aceite de girasol	4.40	5.00	5.00	5.46
Fosfato monocálcico	1.32	1.50	1.30	1.40
Carbonato de calcio	1.73	1.62	1.70	1.60
Sal	0.34	0.34	0.34	0.34
Metionina	0.15	0.15	0.15	0.15
Lisina	0.24	0.20	0.20	0.20
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla*	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100	100	100	100
<u>Resultados del análisis químico (% de MS)</u>				
Materia seca	90.18	90.16	90.00	90.11
Proteína cruda	21.80	21.87	19.12	19.20
Extractos de éter	5.44	6.06	6.97	7.40
Fibra cruda	4.59	4.93	4.64	4.61
Lisina	1.33	1.34	0.99	1.13
Metionina	0.43	0.41	0.38	0.39
Calcio	0.91	0.91	0.91	0.92
Fósforo total	0.81	0.81	0.81	0.82
Concentración de polifenoles totales (mg EAG/g)	1.47	1.68	1.36	1.56
Capacidad antioxidante (mM TE/g)	2.15	3.09	2.01	2.82
<u>Ácidos grasos (% de AGPI totales)</u>				
Ácidos grasos saturados (AGS)	11.04	10.43	12.89	12.30
Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)	23.62	21.06	23.87	22.16
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	65.33	68.51	63.10	65.47
Ácido $\alpha$ -linolénico (AAL)	4.35	4.90	5.76	6.34
Ácidos grasos poliinsaturados omega-3 ( $\omega$ -3) Ácidos grasos	4.46	5.01	5.89	6.47
poliinsaturados omega-6 ( $\omega$ -6)	60.87	63.50	57.21	59.00
Energía metabolizable calculada (Mj / kg de MS)**	13.18	13.20	13.39	13.40

\*Contenido por kg de dieta: vitamina A: 11000 UI; vitamina D<sub>3</sub>: 2000 UI; vitamina E: 27 UI mg; vitamina K<sub>3</sub>: 3 mg; vitamina B<sub>1</sub>: 2 mg; vitamina B<sub>2</sub>: 4 mg; ácido pantoténico: 14.85 mg; ácido nicotínico: 27 mg; vitamina B<sub>6</sub>: 3 mg; vitamina B<sub>7</sub>: 0.04 mg; vitamina B<sub>9</sub>: 1 mg; vitamina B<sub>12</sub>: 0.018 mg; vitamina C: 20 mg; manganeso: 80 mg; hierro: 80 mg; cobre: 5 mg; zinc: 60 mg; cobalto: 0.37 mg; yodo: 1.52 mg; selenio: 0.18 mg.

\*\*La energía metabolizable se calculó a partir de la composición química

## Muestreo y análisis químico

Se colectaron muestras de harina de linaza y harina de semilla de uva antes de la preparación de los alimentos y se determinó su composición química. Se colectaron muestras de los alimentos compuestos de crecimiento y finalización y se analizó su composición química básica, calcio, fósforo, lisina, metionina, perfil de ácidos grasos, concentración de polifenoles y capacidad antioxidante. Al final del período experimental (63 d de edad del pollo), se seleccionaron al azar seis pollos por grupo.

Se recogieron muestras de sangre (n= 6), después de lo cual se sacrificaron los pollos, en tubos Vacutainer de 6 ml, en anticoagulante de heparina-litio. Las muestras de sangre se centrifugaron a 3,000 rpm, durante 20 min, a +22 °C. El plasma se almacenó a -80 °C hasta que se analizó. Se formaron seis muestras individuales de carne de pechuga y seis muestras individuales de carne de pierna. Cada muestra se dividió en tres. Se analizaron los ácidos grasos y el colesterol de una parte, una muestra se refrigeró (+4 °C) durante 7 d y posteriormente se analizaron los índices de degradación de la grasa (valor de peróxido y acidez de la grasa), y la tercera parte se congeló (-18 °C) durante un mes y posteriormente se analizaron los índices de degradación de la grasa (valor de peróxido y acidez de la grasa).

La composición química básica de la harina de linaza, de la harina de semilla de uva y de los alimentos compuestos se determinó utilizando métodos estandarizados de acuerdo con el Reglamento (CE) núm. 152/2009. La materia seca (MS) se determinó mediante el método gravimétrico utilizando una balanza Sartorius (Gottingen, Alemania) y un armario de secado BMT, ECOCELL Blueline Comfort (Nuremberg, Alemania). La proteína cruda (PC) se determinó mediante el método Kjeldahl utilizando un sistema semiautomático KJELTEC auto 2300 – Tecator (Suecia). Los extractos de éter (EE) se determinaron mediante la extracción en disolventes orgánicos utilizando un sistema SOXTEC-2055 FOSS – Tecator (Suecia). La fibra cruda (FC) se determinó por el método con filtración intermedia utilizando un sistema FIBERTEC 2010 – Tecator (Suecia). La ceniza se determinó mediante el método gravimétrico utilizando un horno Caloris CL 1206.

El calcio (Ca) se determinó por el método titrimétrico según la SR ISO 6491-1:2006. El fósforo (P) se determinó fotométricamente, según el Reglamento (CE) núm. 152/2009, utilizando el espectrofotómetro Jasco V-530.

La lisina y la metionina de los alimentos compuestos se determinaron por el método de cromatografía líquida, de acuerdo con el Reglamento (CE) núm. 152/2009, utilizando un HPLC Finningan Surveyor Plus (Thermo-Electron Corporation, Waltham, EE. UU.), equipado con detector PDA (*Photo Diode Array Detector*, en español: Detector de Matriz de

Fotodiodos). Los aminoácidos se separan en una columna Hypersil BDS C18 con gel de sílice (250 × 4.6 mm), tamaño de partícula 5 µm, con fase inversa y una temperatura de +45 °C. Los resultados se expresaron en g de aminoácidos / 100 g de MS.

Concentración de polifenoles y capacidad antioxidante de la harina de semilla de uva y los alimentos compuestos. Las muestras de harina de semilla de uva y las muestras de los alimentos compuestos se extrajeron primero en metanol acidificado (metanol: ácido clorhídrico = 80:20). La concentración de polifenoles en los extractos de metanol se determinó por el método espectrofotométrico<sup>(33)</sup>, utilizando un espectrofotómetro UV-VIS Thermo Scientific. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico /g de muestra (mg EAG/g de muestra). La capacidad antioxidante en los extractos de metanol se determinó por el método DPPH<sup>(34)</sup>, utilizando un espectrofotómetro UV-VIS Analytik Jena Specord 250 Plus con carrusel termostático. Los resultados se expresaron en mM equivalentes de Trolox /g de muestra (mM ET/g de muestra).

Perfiles metabólicos del plasma sanguíneo. Los parámetros bioquímicos sanguíneos se determinaron a partir de las muestras de plasma, utilizando un analizador bioquímico (Analyzer Chemistry Mindray BS - 130) con kits ACCENT - 200, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Perfil de ácidos grasos de los ingredientes del alimento, de los alimentos compuestos y de las muestras de carne. Se extrajo la grasa de las muestras de carne (pechuga y pierna), luego se saponificó por reflujo hirviendo en una solución de metanol acidificado (2 % de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en metanol), para obtener los ésteres metílicos de ácidos grasos (EMAG). Los ésteres metílicos de ácidos grasos se añadieron al hexano y se concentraron en rotavapor. Las muestras resultantes se analizaron por el método de cromatografía de gases, según la SR CEN ISO/TS 17764-2:2008, utilizando un cromatógrafo Perkin Elmer-Clarus 500, equipado con un sistema para inyección en la columna capilar, con fase estacionaria de alta polaridad (BPX70: diámetros internos de 60m x 0.25mm y película de 0.25µm de grosor); o fases de cianopropil de alta polaridad, que tienen una resolución similar para diferentes isómeros geométricos (THERMO TR-EMAG: 120m x 0.25mm DI x película de 0.25µm).

Nivel de colesterol en las muestras de carne. Para la saponificación de las muestras de carne, se inició con un método descrito por Dihn *et al*<sup>(35)</sup>, adaptado en el laboratorio del estudio. Las muestras de carne (pechuga y pierna) se saponificaron por reflujo hirviendo en una solución de metanol e hidróxido de potasio (5 % de KOH en metanol), seguido de extracción en éter de petróleo, concentración en rotavapor y adición de cloroformo. Las muestras resultantes se analizaron por el método de cromatografía de gases, según la AOAC International<sup>(36)</sup>, utilizando un cromatógrafo Perkin Elmer-Clarus 500, con inyector en columna (relación de división, aproximadamente 1:100), con calentador de columna programable; detector de

ionización de llama (DIL) y columna de separación capilar HP-5 (30m, 0.32mm DI, película de 0.1  $\mu\text{m}$ ) AGILENT.

El valor de peróxido para las muestras de carne se determinó con el método yodométrico de acuerdo con la SR EN ISO 3960: 2017. Los resultados se expresaron en miliequivalentes/kg de grasa (meq/kg de grasa). La acidez de la grasa para las muestras de carne se determinó con el método volumétrico de acuerdo con la ISO 660:2009. Los resultados se expresaron en mg de hidróxido de potasio/g de grasa (mg de KOH/g de grasa).

### **Análisis estadístico**

Los efectos de los tratamientos se analizaron mediante análisis de varianza unidireccional utilizando el procedimiento GLM del software Minitab<sup>(37)</sup> con el tratamiento como efecto fijo, según el modelo  $Y_i = T_i + e_i$ , donde  $Y_i$  fue la variable dependiente,  $T_i$  es el tratamiento y  $e_i$  es el error. Cuando la prueba F general fue significativa, las diferencias entre las medias se declararon significativas en  $P < 0.05$  utilizando la prueba de comparación de Tukey.

## **Resultados**

### **Caracterización de la harina de linaza y la harina de semilla de uva**

La harina de linaza, utilizada como ingrediente de alimento alto en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), tuvo: 344.4 g/kg de proteína, 109.7 g/kg de grasa y 20.20 MJ/kg de energía bruta. El perfil de ácidos grasos fue: 11.21 g de ácidos grasos saturados (AGS), 20.00 g de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), 68.73 g de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), de los cuales 53.35 g de AGPI  $\omega$ -3, y 15.37 g de AGPI  $\omega$ -6 / 100 g de EMAG, con una relación  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 de 0.29. El Cuadro 2 muestra la composición química básica, el perfil de ácidos grasos, la concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante de la harina de semilla de uva utilizada como antioxidante natural en dietas altas en AGPI.

**Cuadro 2:** Contenido de los principales nutrientes de la harina de semilla de uva

<b>Especificación</b>	<b>Harina de semilla de uva</b>
Materia seca, %	918.5
Proteína cruda, % de MS	129.0
Extractos de éter, % de MS	72.2
Energía bruta, MJ/kg	18.55
Concentración de polifenoles totales, mg EAG/g	26.65
Capacidad antioxidante, mM ET/g	148.35
<u>Ácidos grasos (% de EMAG totales):</u>	
AGS	12.30
AGMI	20.39
AGPI	67.14
$\omega$ -3	0.68
$\omega$ -6	66.45

AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados; AGPI= ácidos grasos poliinsaturados;  $\omega$ -3- ácidos grasos poliinsaturados omega 3;  $\omega$ -6- ácidos grasos poliinsaturados omega 6.

### **Caracterización de los alimentos compuestos**

Los alimentos compuestos se desarrollaron en base a la composición química de los ingredientes del alimento, siendo isonitrogénicos e isocalóricos para cada fase de alimentación, de acuerdo con los requisitos de alimentación del híbrido Hubbard (Cuadro 1). Debido a la inclusión de 3 % de harina de semilla de uva, el alimento compuesto del grupo E tuvo una mayor concentración de polifenoles de 1.68 mg EAG (fase de crecimiento), 1.56 mg EAG (fase de finalización) respectivamente, en comparación con el alimento compuesto del grupo C, 1.47 mg EAG (fase de crecimiento), 1.36 mg EAG/g de dieta (fase de finalización) respectivamente. También se determinaron resultados más altos con respecto a la capacidad antioxidante del alimento compuesto del grupo E de 3.09 mM ET (fase de crecimiento) y 2.82 mM ET (fase de finalización), en comparación con el grupo C, que tuvo 2.15 mM ET (fase de crecimiento) y 2.01 mM ET/g de dieta (fase de finalización).

### **Rendimiento de las aves**

El Cuadro 3 muestra el efecto del uso de un alimento compuesto con 3 % de harina de semilla de uva en el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorda. Los valores para todo el

período experimental (14-63 días) fueron más altos para el grupo E que para el grupo C, para el peso final y la relación de conversión alimenticia. No se registraron muertes.

**Cuadro 3:** Efecto del alimento compuesto con harina de semilla de uva en el rendimiento de pollos de engorda: 14-63 días (valores medios)

Ítems	C	E	EEM	Valor P
Ingesta promedio diaria de alimento, g/pollo/día	114.2 <sup>a</sup>	119.5 <sup>a</sup>	3.89	0.497
Peso inicial, g	233.3 <sup>a</sup>	233.7 <sup>a</sup>	3.88	0.962
Peso final, g	2545 <sup>a</sup>	2728.5 <sup>a</sup>	48.03	0.056
Ganancia promedio diaria de peso diario, g/pollo/día	47.18 <sup>a</sup>	50.70 <sup>a</sup>	1.04	0.090
Relación de conversión de alimentación, g de alimento/g de ganancia	2.42 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	0.29	0.913
Tasa de mortalidad, %	0.00	0.00	-	-

C= Control; E= Control + 3 % de harina de semilla de uva; EEM= Error estándar de la media.

<sup>a-b</sup> Los valores medios dentro de una fila que tienen diferentes superíndices son diferentes ( $P<0.05$ ).

### Perfil metabólico del plasma sanguíneo

El perfil metabólico del plasma sanguíneo, recogido a los 63 d de edad de los pollos (Cuadro 4), muestra un perfil energético significativamente ( $P<0.05$ ) más bajo en el grupo E que en el grupo C. Así, la glucemia disminuyó en un 16.88 %, el colesterol en un 24.50 %, y los triglicéridos en un 34.90 %, en el grupo E, en comparación con el grupo C, siendo las diferencias estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 4:** Efecto del alimento compuesto con harina de semilla de uva en el perfil metabólico del plasma sanguíneo en pollos de engorda de 63 d de edad (valores medios)

Ítems	C	E	EEM	Valor P
Glucemia, mg/dl	271.03 <sup>a</sup>	225.28 <sup>b</sup>	7.30	<0.0001
Colesterol, mg/dl	146.82 <sup>a</sup>	110.85 <sup>b</sup>	5.99	<0.0001
Triglicéridos, mg/dl	49.93 <sup>a</sup>	32.50 <sup>b</sup>	2.95	<0.0001

C= Control; E= Control + 3 % de harina de semilla de uva; EEM= Error estándar de la media.

<sup>a-b</sup> Los valores medios dentro de una fila que tienen diferentes superíndices son diferentes ( $P<0.05$ ).

## Concentración de ácidos grasos en la carne de pollos de engorda

La concentración de AGPI en las muestras de carne de pechuga (Cuadro 5) fue significativamente ( $P<0.05$ ) mayor en el grupo E, que en el grupo C, en un 13.02 %. La concentración de AGPI  $\omega$ -3, y de AGPI  $\omega$ -6 aumentó en un 15.00 %, y en un 12.84 %, en el grupo E, en comparación con el grupo C ( $P<0.05$ ). La concentración del ácido alfa linolénico (AAL) en la carne de pechuga fue de 1.89 g, en el grupo E, y de 1.82 g / 100 g de EMAG totales, en el grupo C ( $P>0.05$ ). La concentración de AGPI en las muestras de carne de pierna (Cuadro 5) fue significativamente ( $P<0.05$ ) mayor en el grupo E, que en el grupo C, en un 7.91 %. La concentración de AGPI  $\omega$ -3 también fue mayor en el grupo E, que en el grupo C, en un 9.66 %, pero la diferencia no fue significativa ( $P>0.05$ ). La concentración de AAL en la carne de pierna fue de 2.56 g en el grupo E, significativamente ( $P<0.05$ ) superior a 1.97 g / 100 g de EMAG totales, en el grupo C.

**Cuadro 5:** Efecto del alimento compuesto con harina de semilla de uva en la concentración de ácidos grasos en las muestras de carne de pollos de engorda (valores medios)

Ácidos grasos (% de EMAG totales)	Carne de pechuga				Carne de pierna			
	C	E	EEM	Valor <i>P</i>	C	E	EEM	Valor <i>P</i>
AGS	32.48 <sup>a</sup>	32.33 <sup>a</sup>	0.21	0.736	30.97 <sup>a</sup>	29.29 <sup>b</sup>	0.33	0.027
AGMI	39.09 <sup>a</sup>	35.83 <sup>b</sup>	0.54	< 0.001	38.40 <sup>a</sup>	38.01 <sup>a</sup>	0.29	0.517
AGPI, de los cuales:	27.73 <sup>a</sup>	31.34 <sup>b</sup>	0.62	0.0002	30.06 <sup>a</sup>	32.44 <sup>b</sup>	0.62	0.049
AAL	1.82 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	0.03	0.276	1.97 <sup>a</sup>	2.56 <sup>b</sup>	0.11	0.002
$\omega$ -3	2.80 <sup>a</sup>	3.22 <sup>b</sup>	0.08	0.003	3.00 <sup>a</sup>	3.29 <sup>a</sup>	0.11	0.205
$\omega$ -6	24.84 <sup>a</sup>	28.03 <sup>b</sup>	0.55	0.0002	27.06 <sup>a</sup>	29.14 <sup>b</sup>	0.52	0.044
Relación $\omega$ -6 / $\omega$ -3	8.92 <sup>a</sup>	8.73 <sup>a</sup>	0.13	0.475	9.02 <sup>a</sup>	8.85 <sup>a</sup>	0.19	0.656

EMAG=ésteres metílicos de ácidos grasos; C=Control; E= Control + 3 % de harina de semilla de uva; EEM= Error estándar de la media.

AGS-ácidos grasos saturados; AGMI-ácidos grasos monoinsaturados; AGPI-ácidos grasos poliinsaturados; AAL-ácido  $\alpha$ -linolénico;  $\omega$ -3 -ácidos grasos poliinsaturados omega-3;  $\omega$ -6- ácidos grasos poliinsaturados omega-6;

<sup>a-b</sup> Los valores medios dentro de una fila que tienen diferentes superíndices son diferentes ( $P<0.05$ ).

## Nivel de colesterol en la carne de pollos de engorda

La concentración de colesterol en las muestras de carne de pechuga (Cuadro 6) fue menor en el grupo E, tratado con 3 % de harina de semilla de uva, que en el grupo C, pero la diferencia

no fue estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ). Para la carne de pierna, la concentración de colesterol fue un 30.2 % menor en el grupo E, en comparación con el C ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 6:** Efecto del alimento compuesto con harina de semilla de uva en el nivel de colesterol en las muestras de carne de pollos de engorda (valores medios), (mg / 100 g de carne fresca)

Carne de pechuga				Carne de pierna			
C	E	EEM	Valor P	C	E	EEM	Valor P
44.28 <sup>a</sup>	36.49 <sup>a</sup>	2.05	0.052	60.91 <sup>a</sup>	42.52 <sup>b</sup>	3.76	0.006

C= Control; E= Control + 3 % de harina de semilla de uva; EEM= Error estándar de la media.

<sup>a-b</sup> Los valores medios dentro de una fila que tienen diferentes superíndices son diferentes ( $P<0.05$ ).

### Índices de degradación de grasa en la carne de pollos de engorda

En cuanto a los índices de degradación de grasa (Cuadro 7), el valor de peróxido de las muestras de carne de pechuga, determinado después de 7 días de refrigeración a +4 °C, fue de 8.11 meq/kg de grasa, en los grupos E, significativamente ( $P<0.05$ ) inferior a 8.79 meq, en el grupo C. Sin embargo, después de un mes de congelación (-18 °C), sus valores fueron similares ( $P>0.05$ ). La acidez de la grasa fue menor en el grupo E que en el grupo C, tanto después de 7 días de refrigeración (+4 °C) como después de un mes de congelación (-18 °C), pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $P>0.05$ ).

El valor de peróxido de las muestras de carne de pierna (Cuadro 7) determinado después de 7 días de refrigeración (+4 °C), y después de un mes de congelación (-18 °C), fue similar en ambos grupos ( $P>0.05$ ). Sin embargo, la acidez de la grasa después de 7 días de refrigeración (+4 °C), 40.82 mg de KOH / g de grasa, en el grupo E, fue significativamente ( $P<0.05$ ) inferior a 43.99 mg de KOH / g de grasa, en el grupo C. Después de un mes de congelación (-18 °C), la disminución de la acidez de la grasa en el grupo E no fue significativa ( $P>0.05$ ), en comparación con el grupo C.

**Cuadro 7:** Efecto del alimento compuesto con harina de semilla de uva en los índices de degradación de grasa en las muestras de carne de pollos de engorda (valores medios)

Ítems	Carne de pechuga				
	Período	C	E	EEM	Valor P
Valor de peróxido, meq/kg de grasa	Día 7- refrigeración	8.79 <sup>a</sup>	8.11 <sup>b</sup>	0.12	0.0002
Acidez de la grasa, mg de KOH/g de grasa		36.42 <sup>a</sup>	36.44 <sup>a</sup>	0.01	0.955
Valor de peróxido, meq/kg de grasa	1 mes- congelación	5.08 <sup>a</sup>	5.15 <sup>a</sup>	0.02	0.161
Acidez de la grasa, mg de KOH/g de grasa		20.89 <sup>a</sup>	20.30 <sup>a</sup>	0.37	0.442
Carne de pierna					
Valor de peróxido, meq/kg de grasa	Día 7- refrigeración	11.25 <sup>a</sup>	11.10 <sup>a</sup>	0.13	0.589
Acidez de la grasa, mg de KOH/g de grasa		43.99 <sup>a</sup>	40.82 <sup>b</sup>	0.52	<0.0001
Valor de peróxido, meq/kg de grasa	1 mes- congelación	6.39 <sup>a</sup>	6.23 <sup>a</sup>	0.04	0.043
Acidez de la grasa, mg de KOH/g de grasa		24.23 <sup>a</sup>	23.72 <sup>a</sup>	0.26	0.410

C= Control; E= Control + 3 % de harina de semilla de uva; EEM= Error estándar de la media.

<sup>a-b</sup> Los valores medios dentro de una fila que tienen diferentes superíndices son diferentes ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

Los resultados sobre la harina de linaza utilizada como ingrediente de alimento alto en AGPI están de acuerdo con los de Panaite *et al*<sup>(11)</sup>, quienes reportaron valores de: 32.99 % de proteína, 9.42 % de grasa, 19.31 MJ / kg de energía bruta, 11.07 g de AGS, 18.71 g de AGMI, 70.23 g de AGPI, de los cuales, 42.93 g de AGPI  $\omega$ -3 y 27.30 g de AGPI  $\omega$ -6 / 100 g de EMAG, y una relación  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 de 0.64.

La concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante de la harina de semilla de uva, utilizada como antioxidante natural, coinciden con las de Turcu *et al*<sup>(29)</sup>, quienes estudiaron el efecto de 2 % de harina de semilla de uva proporcionada a pollos de engorda Ross 308 y reportaron 28.08 mg EAG/g de muestra, y 145.83 mM equivalentes de Trolox/g de muestra, capacidad antioxidante. La eficiencia de los antioxidantes naturales depende de su

composición química que, a su vez, depende de la variedad de uvas, el tipo de suelo, los factores agroclimáticos y las técnicas de vinificación<sup>(38)</sup>.

El uso de 2 % de harina de linaza, alta en AGPI, en los alimentos compuestos para pollos de engorda Hubbard, produjo valores cercanos del perfil de ácidos grasos tanto en la fase de crecimiento como en la de finalización. Como se esperaba, el uso de 3 % de harina de semilla de uva como antioxidante natural, en la formulación para el grupo E, aumentó la concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante, en comparación con la formulación de alimento para el grupo C, en ambas etapas. Así, la concentración de polifenoles fue un 14.28 % superior y la capacidad antioxidante fue un 43.72 % superior para la etapa de crecimiento, y un 14.70 % y un 40.29 % superior, respectivamente, para la etapa de finalización. Estos resultados concuerdan con los reportados por Vlaicu *et al*<sup>(28)</sup>, quienes estudiaron el efecto de 2 % de harina de semilla de uva administrada a pollos de engorda Ross 308 (etapa de crecimiento) y reportaron una concentración 54.31 % mayor de polifenoles. El rendimiento de los pollos de engorda durante todo el período experimental muestra que el uso de harina de semilla de uva en la formulación de los alimentos compuestos para el grupo E no tuvo efectos adversos en los pollos, las diferencias con respecto al grupo de control no fueron estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ).

Los valores del perfil energético del plasma sanguíneo (glucemia, colesterol, triglicéridos) (Cuadro 4) fueron significativamente ( $P<0.05$ ) más bajos en el grupo E que en el grupo de control. El colesterol en sangre más bajo podría deberse al contenido de flavonoides de la harina de semilla de uva, que inhibe la formación de micelios dentro del intestino delgado, reduciendo así la absorción del colesterol intestinal<sup>(39)</sup>. Los resultados aquí observados sobre el perfil sanguíneo concuerdan con los reportados por Abu Hafsa e Ibrahim<sup>(40)</sup>, quienes evaluaron el efecto del polvo de semilla de uva en la dieta (0; 10; 20 y 40 g/kg) proporcionado a pollos de engorda Cobb 500. Reportaron disminuciones en los siguientes parámetros sanguíneos: glucosa, de 188.42 mg/dl en el grupo C, a 151.39 mg/dl, en el grupo con 40 g de polvo de semilla de uva; colesterol, de 122.46 mg/dl, en el grupo C, a 95.88 mg/dL, en el grupo con 40 g de polvo de semilla de uva; triglicéridos de 67.46 mg/dL, en el grupo C, a 60.75 mg/dl, en el grupo con 40 g de polvo de semilla de uva. Khodayari y Habib<sup>(26)</sup> estudiaron el efecto de varios niveles de orujo de uva en la dieta (0, 2, 4 y 6 %) administrados a pollos de engorda Ross 308, en el rendimiento de los pollos, la peroxidación lipídica y los parámetros bioquímicos de la sangre, e informaron la disminución de los triglicéridos en sangre de 52.00 mg/dL, en el grupo C, a 35.33 mg/dl, en el grupo con un 6 % de orujo de uva en la dieta. El colesterol en sangre disminuyó de 163.33 mg/dl, en el grupo C, a 129.33 mg/dl, en el grupo con un 6 % de orujo de uva en la dieta.

El hecho de que este estudio revelara valores más bajos de glucemia, colesterol y triglicéridos en sangre en el grupo E, muestra un mejor estado de salud de esos pollos, en comparación

con el grupo testigo, debido a la harina de semilla de uva añadida, como antioxidante, a la dieta alta en ácidos grasos poliinsaturados.

La carne de pollo de engorda mejorada en AGPI, particularmente en AGPI  $\omega$ -3, ha establecido efectos benéficos para la salud del consumidor<sup>(4)</sup>. Kamboh y Zhu<sup>(41)</sup> muestran cambios en la proporción de ácidos grasos (disminución de AGS y aumento de AGPI), cuando las dietas de pollos de engorda se trataron con bioflavonoides.

La diferencia significativa ( $P<0.05$ ) de la concentración de AGPI de la carne de pechuga en el grupo E, puede explicarse por el hecho de que la harina de semilla de uva de la dieta, debido a sus propiedades antioxidantes dadas por el contenido de polifenoles y flavonoides, ralentizó las reacciones de degradación lipídica<sup>(42,43)</sup>. Otro trabajo<sup>(44)</sup> mostró los efectos positivos de los subproductos de bodega en la prevención de la oxidación de los AGPI de la carne de pollo de engorda. Estudiaron el uso de un extracto de semillas de uva y cebolla, solo o en combinación con vitamina E, en las formulaciones dietéticas para pollos de engorda Ross expuestos al calor, e informaron valores más altos de AGPI en la carne de pechuga de pollo, en comparación con el grupo de control. También se reportó la concentración significativamente ( $P<0.05$ ) mayor de AGPI  $\omega$ -3 en la carne de pechuga del grupo E, reportada en el presente estudio<sup>(29)</sup>. Mediante la adición de un 2 % de harina de linaza y un 2 % de harina de semilla de uva a la dieta de pollos de engorda Ross 308, la concentración de AGPI  $\omega$ -3 fue un 11.14 % mayor en el grupo experimental que en el grupo de control.

La concentración de AGPI en la carne de pierna fue significativamente ( $P<0.05$ ) diferente en el grupo E que en el grupo C. Al igual que para las muestras de carne de pechuga, para la muestra de carne de pierna también, esto puede explicarse por el hecho de que la harina de semilla de uva de la dieta, por sus propiedades antioxidantes dadas por el contenido de polifenoles y flavonoides, ralentizó las reacciones de degradación lipídica<sup>(42,43)</sup>. También se reportaron concentraciones de AGPI significativamente ( $P<0.05$ ) más altas en un 19.38 % y un 20.02 %, en comparación con el grupo de control, en los grupos de pollos de engorda Ross 308 tratados con 2 % y 4 % de harina de semilla de uva, respectivamente<sup>(28)</sup>. Otros equipos de investigadores<sup>(27)</sup> estudiaron el efecto de otro subproducto de bodega, el orujo de uva, proporcionado a pollos de engorda en cantidades de: 0 %, 5 % y 10 %, reportando aumentos de la concentración de AGPI en la carne de pierna de pollo, de 37.0 g, en el grupo C, a 47.4 g, en el grupo tratado con 5 % de orujo de uva, y a 53.1 g / 100 g de ácidos grasos totales, en el grupo tratado con un 10 % de orujo de uva.

El ácido alfa linolénico (AAL) es un ácido graso esencial porque no puede ser sintetizado por el organismo, siendo el alimento la fuente principal. En este estudio, la concentración de AAL en las muestras de carne de pierna de pollo de engorda fue significativamente ( $P<0.05$ ) mayor en el grupo E que en el grupo C, como también informaron Chamorro *et al*<sup>(27)</sup>, quienes utilizaron orujo de uva en las formulaciones de la dieta para pollos de engorda Cobb.

Como se sabe, el colesterol es un componente de las grasas, que desempeña un papel importante en la formación de hormonas y en el metabolismo de las vitaminas. La síntesis de colesterol en el hígado puede modificarse mediante la adición de derivados de grasas animales. Recientemente, la educación e investigación en seguridad alimentaria aumentó la conciencia del consumidor sobre los efectos del colesterol de los alimentos en la salud<sup>(4)</sup>. La nutrición puede ser utilizada para modificar el perfil de los ácidos grasos, para disminuir la proporción  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3, y el nivel de colesterol<sup>(10)</sup>.

El nivel de colesterol en las muestras de carne de pechuga y pierna de pollo de engorda fue menor en el grupo E, tratado con harina de semilla de uva. Sin embargo, solo para la carne de pierna, la disminución fue estadísticamente significativa: 30.19 %, puede deberse al alto contenido de lípidos en la carne de pierna. Estos resultados contrastan con los reportados por Yong *et al*<sup>(45)</sup>, quienes estudiaron el efecto de agregar 0; 0.25 y 0.5 % de harina de uva a las dietas de pollos de engorda en el nivel de colesterol en la carne de pollo. Observaron que el contenido de colesterol de la carne de muslo y pechuga no fue afectado significativamente por la suplementación con harina de uva. El efecto antioxidante del extracto de semilla de uva fue investigado por Farahat *et al*<sup>(46)</sup>, quienes lo utilizaron en concentraciones de 125 ppm a 2,000 ppm, en dietas de pollos de engorda, y reportaron valores más bajos de colesterol total que en los pollos tratados con antioxidante sintético, BHT.

Los índices de degradación lipídica mostraron valores más bajos en la carne de pechuga y pierna del grupo E, tanto después de 7 días de refrigeración como después de un mes de congelación. Sin embargo, la disminución fue significativa solo para los 7 días de refrigeración: el valor de peróxido de la muestra de carne de pechuga fue un 7.73 % menor, en comparación con el grupo C, y la acidez de la grasa de la carne de pierna fue un 7.21 % menor, en comparación con el grupo C. Olteanu *et al*<sup>(47)</sup> informaron efectos similares, es decir, valores más bajos de acidez de grasa después de 7 días de refrigeración de las muestras de carne de Cobb 500, tratadas con un 2 % de harina de semilla de uva añadida a las formulaciones de la dieta alta en AGPI, pero las diferencias con respecto al grupo de control no fueron estadísticamente significativas. Los datos disponibles de la literatura incluyen información diversa sobre la capacidad de la harina de uva para ralentizar los procesos de peroxidación lipídica de la carne de pollo de engorda. Chamorro *et al*<sup>(27)</sup> estudiaron el efecto del orujo de uva de la dieta, y reportaron un aumento de la estabilidad oxidativa de la carne de pierna de pollo de engorda después de 1 y 4 días de refrigeración, con el aumento del orujo de uva en la dieta por niveles decrecientes de MDA. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativamente menores ( $P < 0.05$ ) de 0.217  $\mu$ g (C) a 0.112  $\mu$ g (5 % de OU) y 0.114  $\mu$ g/g de carne (10 % de OU) después de 4 días de refrigeración. Kasapidou *et al*<sup>(48)</sup> concluyeron que el orujo de uva en la dieta (2.5 % y 10 %) no influyó en la oxidación lipídica de las muestras de carne de pollo de engorda (pechuga y muslo) durante 2-5 días de refrigeración. Además, se encontró que los antioxidantes mejoraron la calidad de la carne de codorniz japonesa y retrasaron la rancidez oxidativa<sup>(49)</sup>.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la harina de semilla de uva, un subproducto de bodega con un precio más bajo, puede ser utilizada como antioxidante natural y no tóxico en las dietas de pollos de engorda, reemplazando a los antioxidantes sintéticos como el hidroxitolueno butilado (BHT) y el hidroxianisol butilado (BHA)<sup>(45)</sup>.

## Conclusiones e implicaciones

La inclusión de 3 % de harina de semilla de uva, como antioxidante natural, en las dietas de pollos de engorda Hubbard altas en ácidos grasos poliinsaturados no afectó el rendimiento de los pollos. La calidad alimenticia de la carne de pollo (pechuga y pierna) mejoró por los niveles más altos de AGPI totales y AGPI omega-3, y por el nivel más bajo de colesterol. El estado de salud de los pollos también mejoró por las concentraciones más bajas de colesterol y triglicéridos en la sangre. Estos resultados destacan las propiedades antioxidantes del aditivo vegetal de la industria vitivinícola. La harina de semilla de uva añadida a las dietas de pollo altas en ácidos grasos poliinsaturados permitió la producción de alimentos inocuos de impacto benéfico en la salud humana.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por fondos del proyecto PN 19.09-01.02/Nucleus y del Proyecto Nacional de Desarrollo de Investigación para Financiar la excelencia (PPE) – 8/2021 otorgado por el Ministerio de Investigación, Innovación y Digitalización de Rumania.

## Literatura citada:

1. Tougan PU, Dahouda M, Salifou CFA, Ahounou SGA, Kpodekon MT, Mensah GA, *et al.* Conversion of chicken muscle to meat and factors affecting chicken meat quality. A review. IJAAR 2013;3(8):1-20.
2. Fanatico AC, Pillai PB, Emmert JL, Gbur EE, Meullenet JF, Owens CM. Sensory attributes of slow-and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. Poultry Sci J 2007;86(11):2441–2449.
3. Napolitano F, Castellini C, Naspetti S, Piasentier E, Girolami A, Braghieri A. Consumer preference for chicken breast may be more affected by information on organic production than by product sensory properties. Poultry Sci J 2013;92(3):820–826.
4. Attia YA, Al-Harhi MA, Korish MM, Shiboob MM. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market. Lipids Health Dis 2017;16:40:1-11.

5. Colussi G, Catena C, Novello M, Bertin N, Sechi LA. Impact of omega-3 polyunsaturated fatty acids on vascular function and blood pressure: relevance for cardiovascular outcomes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2017;27(3):191-200.
6. Tortosa-Caparrós E, Navas-Carrillo D, Marín F, Orenes-Piñero E. Anti-inflammatory effects of omega 3 and omega 6 polyunsaturated fatty acids in cardiovascular disease and metabolic syndrome. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2017;57(16):3421-3429.
7. Shahidi F, Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annu Rev Food Sci Technol* 2018;9:345-381.
8. Criste RD, Panaite TD, Ciurescu G, Ropota M, Rachieru D. Effects of moderate (5%) levels of linseed in layer diets. *Arch C Zootech* 2009;12(3):11-21.
9. Ahmad S, Ahsan-ul-Haq YM, Kamran Z, Sohail MU. Effect of feeding whole linseed as a source of polyunsaturated fatty acids on performance and egg characteristics of laying hens kept at high ambient temperature. *Braz J Poult Sci* 2013;15(1):21-25.
10. Mridula D, Kaur D, Nagra SS, Barnwal P, Gurumayum S, Kumar SK. Growth performance and quality characteristics of flaxseed-fed broiler chicks. *J Appl Anim Res* 2015;43(3):345–351.
11. Panaite TD, Criste RD, Ropota M, Criste V, Vasile G, Olteanu M, *et al.* Determination of the feeding value of food industry by-products. *Sci Papers Anim Sci Series* 2016;66 (21):106-111.
12. Kumar F, Tyagi PK, Mir NA, Biswas AK, Dev K, Tyagi PK, *et al.* Optimizing of time duration of flaxseed meal feeding for optimum growth performance, carcass characteristics, and cost economics of broiler chicken meat production. *Indian J Poult Sci* 2018;53(1):44-48.
13. Leung H, Arrazola A, Torrey S, Kiarie E. Utilization of soy hulls, oat hulls, and flax meal fiber in adult broiler breeder hens. *Poult Sci J* 2018;97(4):1368-1372.
14. Pekel AY, Kim JI, Chapple C, Adeola O. Nutritional characteristics of camelina meal for 3-week-old broiler chickens. *Poult Sci J* 2015;94(3):371–378.
15. Woyengo TA, Patterson R, Slominski BA, Beltranena E, Zijlstra RT. Nutritive value of cold-pressed camelina cake with or without supplementation of multi-enzyme in broiler chicken. *Poult Sci J* 2016;95(10):2314–2321.
16. Thacker P, Widyaratne G. Effects of expeller pressed camelina meal and/or canola meal on digestibility, performance and fatty acid composition of broiler chickens fed wheat–soybean meal-based diets. *Arch Anim Nutr* 2012;66(5):402–415.

17. An BK, Jung JH, Oh ST, Kang CW, Lee KW, Lee SR. Effects of diets with graded levels of canola meal on the growth performance, meat qualities, relative organ weights, and blood characteristics of broiler chickens. *Braz J Poultr Sci* 2016;18(2):351-356.
18. Ashayerizadeh A, Dastar B, Shams Shargha M, Sadeghi Mahoonak AR, Zerehdaranc S. Effects of feeding fermented rapeseed meal on growth performance, gastrointestinal microflora population, blood metabolites, meat quality, and lipid metabolism in broiler chickens. *Livestock Sci* 2018;216:183-190.
19. Recoules E, Lessire M, Labas V, Duclos MJ, Combes-Soia L, Lardic L, *et al.* Digestion dynamics in broilers fed rapeseed meal. *Sci Rep* 2019;9:3052.
20. Ren Y, Perez TI, Zuidhof MJ, Renema RA, Wu J. Oxidative stability of omega-3 polyunsaturated fatty acids enriched eggs. *J Agric Food Chem* 2013;61(47):11595-11602.
21. Radovanovic A, Radovanovic B, Jovancevic B. Free radical scavenging and bacterial activities of southern Serbian red wines. *Food Chem* 2009;117(2):326–331.
22. Granato D, Castro IA, Katayama FCU. Assessing the association between phenolic compounds and the antioxidant activity of Brazilian red wines using chemometrics. *LWT - Food Sci Technol* 2009;43(10):1542–1549.
23. Deng Q, Penner MH, Zhao Y. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins. *Food Res Int* 2011;44(9):2712–2720.
24. Olteanu M, Criste RD, Panaite TD, Ropota M, Mitoi M, Varzaru I, *et al.* Study of the feeding value and antioxidant capacity of winery by-products, potential natural antioxidants for farm animal diet formulations. *Arch Zootech* 2014;17(2):55-69.
25. Sossidou EN, Kasapidou E, Dotas V, Ioannidis I, Mitlianga P. Effect of grape pomace supplementation on broiler performance and eating quality. The 64<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Federation of Anim Scie 2013;26-30 august, Nantes, France.
26. Khodayari F, Habib AS. The Effect of Red Grape pomace on Performance. Lipid peroxidation (MDA) and some serum biochemical parameters in broiler. *Adv Biomed Res* 2014;5(3):82-87.
27. Chamorro S, Viveros A, Rebole A, Rica BD, Arija I, Brenes A. Influence of dietary enzyme addition on polyphenol utilization and meat oxidation of chicks fed grape pomace. *J Food Res Int* 2015;73:197-203.

28. Vlaicu PA, Panaite TD, Dragotoiu D, Ropota M, Bobe E, Olteanu M, *et al.* Feeding quality of the meat from broilers fed with dietary food industry by-products (flaxseed, rapeseeds and buckthorn meal, grape pomace). *Sci Papers Series D Anim Sci* 2017;LX: 123-130.
29. Turcu RP, Olteanu M, Criste RD, Ropota M, Panaite TD, Soica C, *et al.* The effect of using grape seeds meal as natural antioxidant in broiler diets enriched in fatty acids, on meat quality. *J Hygienic Eng Design* 2018;25:14-20.
30. Brenes A, Viveros A, Chamorro S, Arija I. Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Anim Feed Sci Tech* 2016; 211:1–17.
31. Chamorro S, Romero C, Brenes A, Sánchez-Patán F, Bartolomé B, Viveros A, Arijad I. Impact of a sustained consumption of grape extract on digestion, gut microbial metabolism and intestinal barrier in broiler chickens. *Food Funct* 2019;10:1444-1454.
32. HUBBARD CLASSIC – Broiler Management, [www.hubbardbreeders.com](http://www.hubbardbreeders.com).
33. Mihailović V, Matić S, Mišić D, Solujić S, Stanić S, Katanić J, *et al.* Chemical composition, antioxidant and antigenotoxic activities of different fractions of *Gentiana asclepiadea* L. roots extract. *EXCLI J* 2013;12:807-823.
34. Marxen K, Vanselow KH, Lippemeier S, Hintze R, Ruser A, Hansen UP. Determination of DPPH radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors* 2007;7(10):2080-2095.
35. Dinh TTN, Thompson LD, Galyean ML, Brooks JC, Patterson KY, and Boylan LM. Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry. *Compr Rev Food Sci* 2011;10(5):269-289.
36. AOAC. Official methods of analysis. 99410: Cholesterol in food. 20th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2016.
37. GLM procedure of Minitab software, version 16, Minitab® Statistical Software.
38. Pintać D, Majkića T, Torović L, Orčića D, Beara I, Simina N, *et al.* Solvent selection for efficient extraction of bioactive compounds from grape pomace. *Ind Crops Prod* 2018;111:379–390.
39. Vermeer MA, Mulder TPJ, Molhuizen HOF. Theaflavins from black tea, especially theaflavin-3-gallate, reduce the incorporation of cholesterol into mixed micelles. *J Agric Food Chem* 2008;56(24):12031-12036.

40. Abu Hafsa SH, Ibrahim SA. Effect of dietary polyphenol-rich grape seed on growth performance, antioxidant capacity and ileal microflora in broiler chicks. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2018;102(1):268–275.
41. Kamboh AA, Zhu WY. Effect of increasing levels of bioflavonoids in broiler feed on plasma anti-oxidative potential, lipid metabolites, and fatty acid composition of meat. *Poult Sci J* 2013;92(2):454–461.
42. Brenes A, Viveros A, Goni I, Centeno C, Sayago-Ayerdy SG, Arija I. Effect of grape pomace concentrate and vitamin E on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. *Poult Sci J* 2008;87(2):307-316.
43. Goñi I, Brenes A, Centeno C, Viveros A, Saura-Calixto F, Rebole A, Arija I, Estevez R. Effect of dietary grape pomace and vitamin e on growth performance, nutrient digestibility and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. *Poult Sci J* 2007;86(3):508–516.
44. Mazur-Kusnerek M, Antoszkiewicz Z, Lipiński K, Kaliniewicz J, Kotlarczyk S, Żukowski P. The effect of polyphenols and vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens exposed to high temperature. *Arch Anim Nutr* 2019;73(2):111-126.
45. Yong HI, Kim HJ, Jung S, Jayasena DD, Bae YS, Lee SK. *et al.* Effect of dietary supplementation of wild grape on the antioxidative potential of the breast and leg meat of broilers. *Korean J Food Sci Anim Resour* 2013;33(1):83-88.
46. Farahat MH, Abdallah FM, Ali HA, Hernandez-Santana A. Effect of dietary supplementation of grape seed extract on the growth performance, lipid profile, antioxidant status and immune response of broiler chickens. *Animal* 2017;11(5):771-777.
47. Olteanu M, Criste RD, Panaite TD, Ropota M, Vlaicu PA, Turcu RP. Bioproductive parameters and fatty acids profile of the meat from broilers treated with flax meal and grape seeds meal. *Sci Papers Anim Sci Biotech* 2017;50(1):15-21.
48. Kasapidou E, Sossidou EN, Zdragas A, Papadaki C, Vafeas G, Mitlianga P. Effect of grape pomace supplementation on broiler meat quality characteristics. *Europ Poult Sci* 2016;80. doi:10.1399/eps.2016.135.
49. Attia YA, Abd El-Hamid E. Abd El-Hamid, Nagadi SA, Oliveira MC, Bovera F, Habiba HIA. Dietary distilled fatty acids and antioxidants improve nutrient use and performance of Japanese male quails. *Anim Sci Pap Rep* 2019;1(37):65-74.