

Emulsifier inclusion in diets with energy reduction for laying hens

Inclusión de emulsionante en dietas con reducción de energía para gallinas ponedoras

Joyce A. Ferreira¹, A. Geraldo¹, J. Kaique Valentim^{2*}, Eliane A. Silva³, D. Alvarenga Miranda⁴, Sara S. R. Lemke¹, A. Alexandre de Almeida⁴ and Janaína P. Mendes²

¹Instituto Federal de Minas Gerais – Bambuí, Bambuí, Minas Gerais, Brazil

²Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil

³Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil

⁴Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brazil.

*Email: kaique.tim@hotmail.com

Joyce A. Ferreira: <http://orcid.org/0000-0003-4486-9085>

A. Geraldo: <http://orcid.org/0000-0001-5342-6863>

J. Kaique Valentim: <http://orcid.org/0000-0001-8547-4149>

Eliane A. Silva: <http://orcid.org/0000-0002-0681-7797>

D. Alvarenga Miranda: <http://orcid.org/0000-0001-9576-8810>

Sara S. R. Lemke: <http://orcid.org/0000-0002-6841-5873>

A. Alexandre de Almeida: <http://orcid.org/0000-0001-7313-4008>

Janaína P. Mendes: <http://orcid.org/0000-0002-7860-0933>

This study aimed to investigate the effects of different metabolizable energy levels of diets that were supplemented with emulsifier on performance and egg quality of laying hens. The used emulsifier contains mono and diglycerides of fatty acids. Four hundred Hisex Brown laying hens 50 weeks old were randomly assigned to five experimental groups (ten replicates of 8 laying hens each). The division of groups was as follows: positive control diet (PC, 11.620 kJ/kg ME/kg); positive control diet supplemented with an emulsifier (E) in 100 g/t (PC+E); low-energy diets (11.474; 11.328; 11.182 kJ/kg ME/kg) supplemented with E. LED 11.485,08+E low-energy diet LED 11.338,64+E. There was no significant difference for the variables of performance and internal quality where laying hens that received diets with a reduction in energy level ranging from 11.474 kJ/kg to 11.182 kJ/kg of MS. For the external quality characteristics of the eggs, there was a significant effect only on the percentage of the shell. Emulsifier supplementation in diets with different energy levels provides performance and egg quality similar to that of laying hens receiving a balanced diet with the recommended energy levels for the phase.

Key words: *emulsification, feed energy, hisex brown, lipids*

Due to the rapid development, the strains of poultry production present high energy demand, requiring the use of ingredients with high caloric concentration such as corn, sorghum, and the use of oils and fats in diets (da Silva *et al.* 2018). Young animals have a lower capacity to digest fat compared to older and adult animals, and the type of lipid is also an important factor (Valentim *et al.* 2020).

Characteristics such as chain size, degree of establishment, melting point, and fatty acid composition of triacylglycerols present certain differences in emulsification and lipase attack in the

Este estudio tuvo como objetivo investigar los efectos de diferentes niveles de energía metabolizable (EM) de dietas suplementadas con emulsionantes en el rendimiento y la calidad del huevo de gallinas ponedoras. El emulsionante utilizado contiene mono y diglicéridos de ácidos grasos. Cuatrocientas gallinas ponedoras Hisex Brown de 50 semanas de edad fueron asignadas aleatoriamente a cinco grupos experimentales (diez réplicas de 8 gallinas ponedoras cada una). La división de los grupos fue la siguiente: dieta control positivo (CP, 11.620 kJ/kg EM/kg); dieta control positivo suplementada con emulsionante (E) en 100 g/t (CP+E); dietas bajas en energía (11.474; 11.328; 11.182 kJ/kg EM/kg) suplementadas con E. La DBE 11.485,08+E dieta baja en energía D11.338,64+E. No hubo diferencia significativa para las variables de comportamiento y calidad interna donde las gallinas ponedoras que recibieron dietas con reducción del nivel de energía varió de 11.474 kJ/kg a 11.182 kJ/kg de MS. Para las características de calidad externa de los huevos, hubo efecto significativo solo en el porcentaje de la cáscara. La suplementación de emulsionante en dietas con diferentes niveles energéticos proporciona un comportamiento y una calidad del huevo similar al de las gallinas ponedoras que reciben una dieta equilibrada con los niveles energéticos recomendados para la fase.

Palabras clave: *emulsificación, energía alimentaria, hisex brown, lípidos*

Debido al rápido desarrollo, las líneas de producción avícola presentan alta demanda energética, requiriendo el uso de ingredientes con alta concentración calórica como maíz, sorgo, y el uso de aceites y grasas en las dietas (da Silva *et al.* 2018). Los animales jóvenes tienen menor capacidad para digerir grasas comparados con los animales mayores y adultos, y el tipo de lípido también es un factor importante (Valentim *et al.* 2020).

Características como el tamaño de la cadena, el grado de establecimiento, el punto de fusión, y la composición de los triacilglicérols de los ácidos grasos presenta ciertas diferencias en la emulsificación y el ataque

small intestine, where the most significant digestion of lipids occurs (Maugeri-Filho *et al.* 2019). The use of products to favor the emulsification of fats from animal diets is based on the fact that this action increases the active surface in dietary fats for lipase action (Fonseca *et al.* 2018), facilitating the hydrolysis of triglyceride molecules in fatty acids and monoglycerides; besides, it favors the formation of micelles of lipolysis products, enhancing the absorption (Raber *et al.* 2009).

According to Sá *et al.* (2019) for animals to use fat, they must digest and absorb it into the gastrointestinal tract. Because fat is insoluble in water, it is difficult to enter into an aqueous medium, as in the gastrointestinal tract, emulsification is required for the digestion of fats (Manzke *et al.* 2016). Regardless of the source of oil or fat, a sequence of hydrolysis reactions of the macromolecules resulting in the lipid molecule being absorbed is required. These processes require an adequate condition and preparation of lipid molecules, aiming at the efficient action of digestive enzymes (pancreatic lipase, colipase) and bile salts (Souza *et al.* 2019).

The fat emulsification process is the most important step in achieving the maximum metabolizable energy (ME) value added by the lipid source. However, the secretion of bile and lipase in laying hens is insufficient to obtain an optimal level of emulsification, resulting in a depression in the metabolizable energy values of the fat sources of the diet (Rovers and Excentials 2014). To ensure that these fats are effectively absorbed by the digestive system, emulsifiers can be added to the diet (Valentim *et al.* 2020).

However, in the current literature, there is little work related to laying hens. Therefore, due to the above objective, the goal of this research was to evaluate the effectiveness of supplementation of an emulsifier in diets with different energy levels for laying hens on productive performance and egg quality. This is carried out besides defining the level of inclusion of the emulsifier appropriate to the metabolizable energy level of the diet that provides performance equal to or higher than the diet with recommended energy level for Hisex Brown laying hens in the period of 50 to 72 weeks of age.

Materials and Methods

The experiment was conducted in the poultry laboratory of the Federal Institute of Minas Gerais, Bambuí Campus, with approval from the Ethics Committee on the Use of Animals, of the José do Rosário Vellano University (UNIFENAS), under opinion n° 13A/2015. We used 400 Hisex Brown semi-heavy laying hens from 50 to 72 weeks of age distributed in a completely randomized experimental design with five treatments and ten replicates with 8 laying hens in each.

de la lipasa en el intestino delgado, donde ocurre la digestión más significativa de los lípidos (Maugeri-Filho *et al.* 2019). El uso de productos para favorecer la emulsificación de grasas de la dieta animal se basa en que esta acción aumenta la superficie activa en las grasas de la dieta para la acción de la lipasa (Fonseca *et al.* 2018), facilitando la hidrólisis de las moléculas de triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos; además, favorece la formación de micelas de productos de la lipólisis, potenciando la absorción (Raber *et al.* 2009).

Según Sá *et al.* (2019) para que los animales usen grasa, deben absorberla y digerirla en el tracto gastrointestinal. Debido a que la grasa es insoluble en agua, es difícil que entre a un medio acuoso, como el tracto gastrointestinal, se requiere la emulsificación para la digestión de grasas (Manzke *et al.* 2016). Independientemente de la fuente de aceite o grasa, se requiere una secuencia de reacciones de hidrólisis de macromoléculas que dan como resultado la absorción de la molécula lipídica. Estos procesos requieren una adecuada condición y preparación de las moléculas lipídicas, teniendo como objetivo la acción eficiente de las enzimas digestivas (lipasa pancreática, colipase) y sales biliares (Souza *et al.* 2019).

El proceso de emulsificación es el paso más importante para lograr el valor máximo de energía metabolizable (EM) agregado por la fuente de lípidos. Sin embargo, la secreción de bilis y lipasa en gallinas ponedoras es insuficiente para obtener un nivel óptimo de emulsificación, lo que provoca una depresión en los valores de energía metabolizable de las fuentes de grasas de la dieta (Rovers and Excentials 2014). Para garantizar que estas grasas sean absorbidas de manera efectiva por el sistema digestivo, se pueden agregar emulsionantes a la dieta (Valentim *et al.* 2020).

Sin embargo, en la literatura actual, hay pocos trabajos relacionados con gallinas ponedoras. Por lo tanto, debido al objetivo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de la suplementación de un emulsionante en dietas con diferentes niveles de energía para gallinas ponedoras en el comportamiento productivo y la calidad del huevo. Esto se lleva a cabo además de definir el nivel de inclusión del emulsionante adecuado al nivel de energía metabolizable de la dieta que proporcione un comportamiento igual o superior a la dieta con nivel de energía recomendado para gallinas ponedoras Hisex Brown en el período de 50 a 72 semanas de edad.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el laboratorio avícola del Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí Campus, con aprobación del Comité de Ética en el Uso de Animales, de José do Rosário Vellano University (UNIFENAS), bajo el dictamen n° 13A/2015. Se utilizaron 400 gallinas ponedoras Hisex Brown semi-pesadas de 50 a 72 semanas de edad distribuidas en un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y diez replicas con 8 gallinas ponedoras en cada uno.

Las gallinas ponedoras se instalaron en una nave

The laying hens were installed in an experimental shed, consisting of 50 cages with individual dimensions of 0.45 m width x 0.50 m depth x 0.40 m height, with a density of 450 cm²/bird. The cages were equipped with a trough-type feeder and nipple drinker fountain. Feed and water were provided ad libitum. The rations were formulated according to the Hisex Lineage Manual (Isa Hendrix 2009), based on corn and soybean meal, with the inclusion of 2 % of soybean degummed oil (table 1).

experimental, compuesta de 50 jaulas con dimensiones individuales de 0.45 m ancho x 0.50 m profundidad x 0.40 m altura, con una densidad de 450 cm²/ave. Las jaulas estaban equipadas con comedero y bebedero de niple. El alimento y el agua se proporcionaron ad libitum. Las raciones se formularon según el Manual de Linaje Hisex (Isa Hendrix 2009), a base de harina de maíz y de soya, con la inclusión de 2 % de aceite desgomado de soya (tabla 1).

Table 1. Ingredients and composition of the experimental diets

Ingredients, %	PC	PC+E	LED 11.485, 08+E	LED11.338, 64+E	LED11.192, 2+E
Meal corn	58.84	58.84	57.67	56.03	55.31
Soybean meal	27.20	27.20	27.4	28.30	27.8
Soybean oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Limestone	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Dicalcium phosphate	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
Kaolin	0.08	0.07	1.04	1.78	3.00
DL-Met	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Emulsifier ⁶	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Mineral premix ⁷	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin Premix ⁸	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Calculated nutrient content					
ME, kJ/kg	11.620	11.620	11.474	11.328	11.182
CP, %	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
SID Lys, %	0.791	0.791	0.794	0.814	0.894
SID Met+Cis, %	0.655	0.655	0.654	0.660	0.651
SID Trp, %	0.187	0.187	0.187	0.192	0.189
Calcium, %	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Available P, %	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451
Potassium, %	0.671	0.671	0.671	0.683	0.671
Sodium, %	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175

PC, positive control diet with 11.620 kJ ME/kg; PC+E, positive control diet supplemented with emulsifier (E) in 100 g/t; LED 11.485,08+E, low-energy diet (11.474 kJ/kg ME/kg) + E; LED 11.338,64+E, low-energy diet (11.328 kJ/kg ME/kg) + E; LED 11.192,2+E, low-energy diet (11.182 kJ ME/kg) + E. Low-energy diet. ⁶The emulsifier composed of mono and fatty acid diglycerides (Guarantee level: min. 100.0 g/t. ⁷Mineral premix composition (per kg of product): manganese 75000 mg, iron 50000 mg, iode 1500 mg, zinc 70000 mg, copper 8500 mg, cobalt 200 mg; ⁸Vitamin Premix composition (per kg of product): vitamins: A 8000000 IU, B₁₂ 1000 mg, D₃ 2000000 μ, 15000 mg, K₃ 2000 mg, B₂ 4000 mg, B₆ 1000 mg, niacin 19900 mg, pantothenic acid 5350 mg, folic acid 200 mg, selenium 2500 mg, antioxidant 100000 mg; 8.

The diets were isonutritive, except for EM levels. The experimental groups were: positive control (PC) diet with 11.620 kJ/kg ME/kg; PC+E, positive control diet supplemented with emulsifier (E) in 100 g/t; LED 11.485,08+E, low-energy diet (11.474 kJ/kg ME/kg)+E; LED 11.338,64+E, low-energy diet (11.328 kJ/kg ME/kg) +E; LED 11.192,2+E, low-energy diet (11.182 kJ/kg ME/kg) +E.

The lighting program was executed according to the recommendations of the lineage manual, with a supply of 16 h day 1.

Las dietas fueron isonutritivas, excepto para los niveles de EM. Los grupos experimentales fueron: dieta control positivo (CP) con 11.620 kJ/kg EM/kg; CP+E, dieta control positivo suplementada con emulsionante (E) en 100 g/t; DBE 11.485,08+E, dieta baja en energía (11.474 kJ/kg EM/kg) + E; DBE 11.338,64+E, dieta baja en energía(11.328 kJ/kg EM/kg) + E; DBE 11.192,2+E, dieta baja en energía (11.182 kJ/kg EM/kg) + E.

El programa de iluminación se ejecutó de acuerdo con las recomendaciones del manual de linaje, con un suministro de 16 h día 1.

The performance variables were evaluated weekly and are described below:

Production and losses (eggs/d). Eggs were collected and recorded in spreadsheets twice a day, including intact eggs, and losses (broken, cracked and deformed). At the end of each week, production calculations were obtained in percentage. At the end of the experiment, an average of the production of all weeks evaluated was made.

Feed intake (g/d). The feed was supplied in buckets for its respective plot, was weighed at the end of each week to obtain the average feed/bird/day intake.

Average egg weight (g). At the end of each week, all intact eggs produced on the day were weighed on a digital scale to obtain the average weight of the egg (digital scale 0.05 g).

Feed conversion by mass. It was calculated by dividing the average feed intake (g) by the average mass of eggs produced (g), which is expressed in grams of feed consumed per gram of egg produced.

Feed conversion per dozen. It was calculated by dividing the average feed intake (g) by the number of dozens produced. For egg quality variables, in the last two consecutive days of each 21 days, 6 eggs of each repetition were submitted to the following analyses:

Specific gravity (SG). The specific gravity, where the method is based on the Archimedes principle and the value was obtained using the equation: $SG = \text{egg weight} / (\text{egg weight in water} \times \text{temperature correction})$ was performed by the method proposed by Freitas *et al.* (2004) Soon after, a sample of two intact eggs from each experimental plot was collected and identified to determine the variables:

Yolk staining. The eggs were broken to determine the yolk color and analyzed by a single observer - always in the same place with the same lighting. A comparison was made with the color pattern scale (comparative scale from 1 to 15, Yolk Color Fan colorimetric disc).

Unit Haugh. The Haugh unit was calculated using the mathematical model, according to the methodology of Alleoni and Antunes (2001):

$$UH = 100 \log (H + 7.57 - 1.7W \times 0, 37)$$

where: H = dense albumen height (mm), measured with the aid of a manual micrometer Mitutoyo of accuracy 0.1 μ ; W = egg weight (g).

Egg components. Eggs were broken and the shells, yolk, and albumen were separated and then the egg constituents were weighed on a digital balance with an accuracy of 0.01 g for the quantification of shell, yolk and albumen percentage, taking into account - the total weight of the egg. The shells were washed and dried in a forced ventilation oven at 65 °C for 72 hours, then weighed on a digital precision scale and the percentage of the shell was calculated concerning to the total weight of the eggs.

Las variables de desempeño fueron evaluadas semanalmente y se describen a continuación:

Producción y pérdidas (huevos/d). Los huevos se recolectaron y registraron en hojas de cálculo dos veces al día, incluidos los huevos intactos y los perdidos (rotos, agrietados y deformados). Al final de cada semana, se obtuvieron los cálculos de producción en por ciento. Al final del experimento, se hizo un promedio de la producción de todas las semanas evaluadas.

Consumo de alimento (g/d). El alimento se suministró baldes para su respectiva parcela, se pesó al final de cada semana para obtener el consumo promedio de alimento/ave/día.

Peso promedio del huevo (g). Al final de cada semana, todos los huevos intactos producidos en el día se pesaron en una balanza digital para obtener el peso promedio del huevo (balanza digital 0.05 g).

Conversión alimentaria por masa. Se calculó dividiendo el consume promedio de alimento (g) por la masa promedio de los huevos producidos (g), que se expresa en gramos de alimento consumido por gramo de huevo producido.

Conversión alimentaria por docena. Se calculó dividiendo el consumo promedio de alimento (g) por el número de docenas producidas. Para las variables de calidad del huevo, en los dos últimos días consecutivos de cada 21 días, 6 huevos de cada repetición fueron sometidos a los siguientes análisis:

Densidad específica (GE). La densidad específica, donde el método se basa en el principio de Arquímedes y el valor se obtuvo mediante la ecuación: $GE = \text{peso del huevo} / (\text{peso del huevo en agua} \times \text{corrección de temperatura})$ se realizó mediante el método propuesto por Freitas *et al.* (2004). Poco después, se recolectó e identificó una muestra de dos huevos intactos de cada parcela experimental para determinar las variables:

Tinción de la yema. Los huevos fueron rotos para determinar el color de la yema y analizados por un observador siempre en el mismo lugar con la misma iluminación. Se realizó una comparación con la escala patrón de color (escala comparativa de 1 a 15, disco colorimétrico Yolk Color Fan).

Unidad Haugh. La unidad Haugh se calculó utilizando el modelo matemático, según la metodología de Alleoni and Antunes (2001):

$$UH = 100 \log (H + 7.57 - 1.7W \times 0, 37)$$

donde: H = altura de la clara densa (mm), medida con la ayuda de un micrómetro manual Mitutoyo de precisión 0.1 μ ; W = peso del huevo (g).

Componentes del huevo. Los huevos se rompieron y se separaron la cáscara, la yema y la clara, y luego se pesaron los componentes en una balanza digital con una precisión de 0.01 g para la cuantificación del porcentaje de cáscara, yema y clara, teniendo en cuenta el peso total del huevo. Las cáscaras se lavaron y secaron en una estufa de circulación forzada a 65 °C por 72 horas, luego se pesaron en una balanza digital de precisión y se calculó el porcentaje de cáscara con respecto al peso total de los huevos.

Shell thickness and weight. The shells were washed in running water and dried at room temperature for 24 h, then the shells were weighed to determine the percentage of eggshell. Soon after the shells were measured with the aid of a manual micrometer (Mitutoyo of accuracy 0.1 μ) at three different points.

Statistical analysis. The laying hens were distributed in a completely randomized experimental design with five treatments and ten replicates with 8 laying hens in each. The variables studied were submitted to the statistical premises of normality of residues and the homogeneity of variances and after the analysis of variance was performed through the Sisvar program (Ferreira 2008). When the analysis of variance was significant, the Tukey test was applied at 5 % probability.

Results and Discussion

There was no significant difference ($P>0.05$) for the performance variables studied (table 2). The reduction of metabolizable energy values in diets supplemented with non-emulsifying agents did not affect the performance of laying hen ($P>0.05$).

Grosor y peso de la cascara. Las cáscaras se lavaron con agua corriente y se secaron a temperatura ambiente durante 24h, luego se pesaron las cáscaras para determinar el porcentaje de la cascara de huevo. Después se midieron las cáscaras con la ayuda de un micrómetro manual (Mitutoyo of accuracy 0.1 μ) en tres puntos diferentes.

Análisis estadístico. Las gallinas ponedoras se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y diez repeticiones con ocho gallinas ponedoras en cada uno. Las variables estudiadas fueron sometidas a las premisas estadísticas de normalidad de residuos y homogeneidad de varianzas y luego se realizó el análisis de varianza a través del programa Sisvar (Ferreira 2008). Cuando el análisis de varianza fue significativo, se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Resultados y Discusión

No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) para las variables de rendimiento estudiadas (tabla 2). La reducción de los valores de energía metabolizable en las dietas suplementadas con agentes no emulsionantes no afectó el rendimiento de las gallinas ponedoras ($P>0.05$).

Table 2. Performance of semi-heavy laying hens in the period from 50 to 72 weeks of age, fed with different experimental diets supplemented or not with emulsifier.

Variables	PC	PC+E	LED 11.485, 08+E	LED11.338, 64+E	LED11.192, 2+E	EE \pm	P- value
Egg production (%)	93.49	92.08	92.00	92.94	89.37	3.52	0.076
Feed intake (g)	119.2	122.4	125.3	126.5	120.7	6.42	0.123
Egg weight (g)	63.27	64.03	63.70	64.11	64.19	2.27	0.544
Feed conversion by mass (g/g)	02.0156	02.0874	02.1477	02.1243	02.1487	7.25	0.098
Viable eggs (%)	98.87	99.42	99.31	99.46	99.44	0.69	0.123

Laying hens fed diets reduced in metabolizable energy, from 11.474 to 11.182 kJ/kg supplemented with emulsifier showed results similar to those fed diet with 11.620 kJ/kg of ME. The supplementation of emulsifiers in laying hen diets is not yet well discussed in the literature. Studies conducted by Roy *et al.* (2010) and Wang *et al.* (2016) prove the efficiency of supplementation with exogenous emulsifiers in low-energy diets, with better performance of broilers compared to those who received diets with low energy levels and free of this additive.

Corroborating the present study, Valentim *et al.* (2018) concluded that the inclusion of macaúba oil in substitution of soybean oil in diets supplemented with emulsifiers did not influence the performance variables analyzed. There was potentiation in the absorption of intestinal micelles from the diet with better utilization of fatty acids, as reported by Raber *et al.* (2009), monoglycerides are essential for the incorporation of fatty acids in food digestibility. Thus, there were no performance impairments - even with

Las gallinas ponedoras alimentadas con dietas reducidas en energía metabolizable, de 11.474 a 11.182 kJ/kg suplementadas con emulsionante mostraron resultados similares a aquellas alimentadas con 11.620 kJ/kg de EM. La suplementación de emulsionantes en las dietas de gallinas ponedoras no está bien discutida en la literatura. Estudios realizados por Roy *et al.* (2010) y Wang *et al.* (2016) demuestran la eficiencia de la suplementación con emulsificantes exógenos en dietas bajas en energía, con mejor rendimiento de los pollos de engorde en comparación con aquellos que recibieron dietas bajas en energía y libres de este aditivo.

Corroborando el presente estudio, Valentim *et al.* (2018) concluyeron que la inclusión de "macaúba oil" en sustitución del aceite de soya en dietas suplementadas con emulsificante no influyó en las variables de rendimiento analizadas. Hubo potenciación en la absorción de micelas intestinales de la dieta con una mejor utilización de los ácidos grasos, según lo informado por Raber *et al.* (2009), los monoglicéridos son esenciales para la incorporación de los ácidos grasos en la digestibilidad de los alimentos. Por

the reduction of the metabolizable energy level of the diet.

Short-chain fatty acids and water-soluble free glycerol can be absorbed directly into enterocytes, while long and medium-chain fatty acids, monoglycerides and cholesterol molecules should be incorporated into micelles. These compounds suffer the influence of amphipathic agents, which are molecules with hydrophilic and hydrophobic properties, such as bile salts and monoglycerides in a smaller proportion (Santana *et al.* 2017).

Micelles are fat droplets formed in the intestinal tract that contain lipids, bile salts, and lipid digestion products (Valentim *et al.* 2019). They become soluble fatty constituents and can move in the aqueous intestinal environment, presenting the polar part of the conjugated bile salts on the surface, while the apolar part occupies the central portion of the micelle (Macari *et al.* 2002).

Micelles are driven to intestinal microvilli by peristaltic movements and release monoglycerides, fatty acids, cholesterol, and fat-soluble vitamins into the enterocytes by the action of the fatty-acid binding protein, which is responsible for transporting fatty acids from microvilli to the cytosol of enterocytes (Juntanapum *et al.* 2019).

According to Araújo (1995) the emulsifiers have in their chemical structure, spatially separated hydrophilic and hydrophobic segments, due to this, these compounds can reduce the surface tension at the interface of the immiscible phases thus allowing them to mix forming the emulsion (a mixture of immiscible liquids that form a dispersion of droplets in a continuous phase), facilitating the formation of micelles and absorption in the intracellular medium.

Rovers and Excentials (2014) report that the addition of emulsifiers to diets can be used as a strategy to increase the metabolizability of lipids and, consequently, the energy efficiency of animals, which results in lower cost associated with feeding, and contributes to animal production more economically and sustainably.

There were no effects ($P>0.05$) of the treatments on egg quality variables: specific gravity, yolk color, yolk percentage, albumen percentage, shell thickness and Haugh unit (table 3). There was an effect ($P<0.05$) of the treatments only on the percentage of eggshell, where the PC treatment differed only the PC+E treatment, not differing from the other treatments.

There was no significant effect on egg quality, even with the reduction of the energy level, and it was possible to infer that the action of emulsifier on feed lipids was beneficial in providing more energy to laying hens through better absorption of these fatty acids by the intestinal wall (Hu *et al.* 2019). The high percentage of viable eggs indicated that the energy reduction of diets supplemented with emulsifiers in the levels of this

lo tanto, no hubo deterioro de comportamiento, incluso con la reducción del nivel de energía metabolizable de la dieta.

Los ácidos grasos de cadena corta y el glicerol libre soluble en agua pueden absorberse directamente en los enterocitos, mientras que los ácidos grasos de cadena larga y media, los monoglicéridos y las moléculas de colesterol deben incorporarse a las micelas. Estos compuestos sufren la influencia de agentes anfipáticos, que son moléculas con propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas, como las sales biliares y los monoglicéridos en menor proporción (Santana *et al.* 2017).

Las micelas son gotas de grasas formadas en el tracto intestinal que contienen lípidos, sales biliares, y productos de la digestión de lípidos (Valentim *et al.* 2019). Se convierten en constituyentes grasos solubles y pueden moverse en el medio acuoso intestinal, presentando la parte polar de las sales biliares conjugadas en la superficie, mientras que la parte apolar ocupa la porción central de la micela (Macari *et al.* 2002).

Las micelas son conducidas a las vellosidades intestinales mediante los movimientos peristálticos y liberan a los monoglicéridos, los ácidos grasos, el colesterol, y las vitaminas solubles en grasa dentro de los enterocitos por la acción de los ácidos grasos enlazados a las proteínas, los cuales son responsables de la transportación de los ácidos grasos desde las microvellosidades hasta el citosol de los enterocitos (Juntanapum *et al.* 2019).

Según Araújo (1995) los emulsificantes tienen en su estructura química, segmentos hidrofílicos e hidrofóbicos espacialmente separados, debido a esto, estos compuestos pueden reducir la tensión superficial en la interfase de las fases inmiscibles, permitiendo así que se mezclen formando la emulsión (una mezcla de líquidos inmiscibles que forman una dispersión de gotitas en fase continua), facilitando la formación de micelas y la absorción en el medio intracelular.

Rovers y Excentials (2014) reportan que la adición de emulsionantes a las dietas puede ser utilizada como estrategia para aumentar el metabolismo de los lípidos y, en consecuencia, la eficiencia energética de los animales, lo que resulta en un menor costo asociado a la alimentación, y contribuye a la producción animal de forma más económica y sostenible.

No hubo efectos ($P>0.05$) de los tratamientos en la variable calidad del huevo: densidad específica, color de la yema, porcentaje de yema, porcentaje de clara, grosor de la cáscara y unidad Haugh (tabla 3). Hubo efecto ($P<0.05$) de los tratamientos solo en el porcentaje de cáscara del huevo, donde el tratamiento CP difirió solo del tratamiento CP +E, no diferenciándose del resto de los tratamientos.

No hubo efecto significativo en la calidad del huevo, incluso con la reducción del nivel de energía, y fue posible inferir que la acción del emulsionante en los lípidos del alimento fue beneficiosa al proporcionar más energía a las gallinas ponedoras a través de la mejor absorción de estos ácidos grasos por la pared intestinal (Hu *et al.* 2019). El alto porcentaje de huevos viables indicó que

Table 3. Egg quality of semi-heavy laying hens in the period from 50 to 72 weeks of age, fed with different experimental diets supplemented or not with emulsifier.

Variables	PC	PC+E	LED 11.485, 08+E	LED11.338, 64+E	LED11.192, 2+E	EE±	P - value
Specific gravity (g/cm ³)	1.0900	1.0900	1.0890	1.0900	1.0900	0.13	0.097
Yolk color	5.90	6.07	5.75	5.88	5.83	4.31	0.187
Egg yolk (%)	25.42	25.28	25.28	25.00	25.19	3.27	0.321
Egg shell (%)**	9.57 ^b	9.90 ^a	9.67 ^{ab}	9.70 ^{ab}	9.80 ^{ab}	2.23	<0.05
Albumen (%)	65.02	64.83	65.05	65.30	65.02	1.30	0.213
EC ⁶ (mm)	0.4780	0.4880	0.4810	0.4880	0.4830	3.99	0.224
UH ⁷	83.30	83.39	81.83	80.25	82.44	3.70	0.087

**P<0.05 by Tukey Test; 1. ⁷UH: Haugh Unit ⁶EC: Peel thickness

experiment did not affect the quality of the shell, taking into account the daily nutritional needs of the laying hens. Maugeri-Filho *et al.* (2019) stated that a lecithin-based emulsifier is beneficial to poultry performance when used to replace diet fat.

Klementavičiūtė *et al.* (2016) evaluating the addition of the medium-chain and emulsifier fatty acids in the diet of laying hens, found that fatty acid supplementation improved egg yolk color parameters and its association with emulsifier significantly reduced egg weight by 1.12 % (P<0.05) and 0.24 % albumen egg pH (P<0.05).

Juntanapum *et al.* (2019) when experimenting to evaluate the effects of Lysophosphatidylcholine (PCL) supplementation in diets on productive performance, egg quality and intestinal morphology of laying hens, concluded that PCL supplementation (0.05 and 0.10 %) significantly improved feed conversion rate, increased egg size, decreased food intake and reduced feed cost by egg weight.

Research on the valorization of diet energy is a key point of the use of emulsifiers nowadays, the search for the reduction of production costs and dependence on agricultural inputs trigger the greater use of this efficient additive in poultry production. Emulsifier supplementation in diets with different energy levels for Hisex Brown laying hens within the period of 50 to 72 weeks of age provides performance and internal and external quality of eggs, similar to that of laying hens receiving a balanced diet with the recommended energy levels for the phase.

For semi-heavy laying hens Hisex Brown in the production phase, it is recommended to include 100 g of the emulsifier additive evaluated per ton of feed, with a reduction of 438,9 kJ (11.485,08 kJ/kg) of metabolizable energy per kg of feed.

Acknowledgments

To Comércio e Indústria Uniquímica Ltda. for the contribution to the accomplishment of this work, to CNPq for the payment of scientific initiation scholarships and to the Federal Institute of Minas Gerais Bambuí campus for all technical, financial and

la reducción de energía de las dietas suplementadas con emulsionantes en los niveles de este experimento no afectó la calidad de la cáscara, teniendo en cuenta las necesidades nutricionales diarias de las gallinas ponedoras. Maugeri-Filho *et al.* (2019) afirmaron que un emulsionante basado en lecitina es beneficioso para el rendimiento de las aves cuando se usa para reemplazar la grasa de la dieta.

Klementavičiūtė *et al.* (2016) al evaluar la adición de los ácidos grasos de cadena media y emulsionantes en la dieta de gallinas ponedoras, encontraron que la suplementación de ácidos grasos mejoró los parámetros de color de la yema del huevo y su asociación con el emulsionante redujo significativamente el peso del huevo en 1.12 % (P<0.05) y en 0.24 % el pH de la clara del huevo (P<0.05).

Juntanapum *et al.* (2019) al experimentar para evaluar los efectos de la suplementación de Lisofosfatidilcolina (PCL) en la dieta en el rendimiento productivo, la calidad del huevo y la morfología intestinal de las gallinas ponedoras, concluyeron que la suplementación con (PCL) (0.05 y 0.10 %) mejoró significativamente la tasa de conversión alimentaria, aumentó el tamaño del huevo, disminuyó la ingestión de alimento y el costo del alimento por peso del huevo.

La investigación en la valoración de la energía de la dieta es un punto clave del uso de emulsionantes en la actualidad, la búsqueda de la reducción de los costos de producción y la dependencia de insumos agrícolas desencadenan el mayor uso de este eficiente aditivo en la producción de las aves. La suplementación de emulsionantes en dietas con diferentes niveles de energía para gallinas ponedoras Hisex Brown en el período de 50 a 72 semanas de edad proporciona rendimiento y calidad interna y externa de los huevos, similar al de gallinas ponedoras que reciben una dieta equilibrada con los niveles de energía recomendados para la fase.

Para gallinas ponedoras semipesadas Hisex Brown en la fase de producción, se recomienda incluir 100 g del aditivo emulsionante evaluado per ton of feed, con una reducción de 438,9 kJ (11.485,08 kJ/kg) de energía metabolizable por kg de pienso.

Agradecimientos

A Comércio e Indústria Uniquímica Ltda. por la

scientific support.

Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Author contributions

Joyce Augusta Ferreira: Conceptualization, investigation and writing – original draft.

Adriano Geraldo: –Conceptualization, data curation, methodology, writing – review and editing.

Jean Kaique Valentim: -Conceptualization, investigation and writing – original draft.

Eliane A. Silva: Funding acquisition, resources, project administration .

Diogo Alvarenga Miranda: –Investigation.

Sara S. R. Lemke: Investigation.

Alexander Alexandre de Almeida: Formal analysis and writing – original draft.

Janaína P. Mendes: Writing – review and editing.

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 56, Number 4, 2022.

contribución para la realización de este estudio, al CNPq por el pago de becas de iniciación científica y al Federal Institute of Minas Gerais Bambuí campus por todo el apoyo técnico , financiero y científico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores

Joyce Augusta Ferreira: – Conceptualización, investigación y redacción – borrador original.

Adriano Geraldo: – Conceptualización, curación de datos, metodología, redacción – revisión, edición

Jean Kaique Valentim: Conceptualización, investigación, redacción – borrador original.

Eliane A. Silva: – Adquisición de fondos, recursos, administración de proyecto .

Diogo Alvarenga Miranda: Investigación.

Sara S. R. Lemke: Investigación.

Alexander Alexandre de Almeida: Análisis formal, redacción – borrador original.

Janaína P. Mendes: – Redacción – revisión, edición.

References

- Alleoni, A.C.C. & Antunes A.J. 2001. "Haugh unit as a measure of the quality of hen eggs stored under refrigeration". *Scientia Agricola*, 58 (4): 681-685, ISSN:1679-992X. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400005>.
- Araújo, J. 1995. *Food chemistry: theory and practice*. 2nd ed. Viçosa, UFV publisher. 335 pp.
- da Silva, V. C., da Fonseca, S. S., Valentim, J. K. & Geraldo, A. 2018. "Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com redução energética contendo diferentes tipos de emulsificantes". *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16 (1): 1-11, ISSN: 2596-2668. <http://dx.doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16009>.
- Ferreira, D.F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- Fonseca, S.S. da Silva., Valentim, J.K. & Geraldo, A. 2018. "Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte". *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16 (1): 1-13, ISSN: 2596-2668. <http://dx.doi.org/10.7213/1981-4178.2018.16010>.
- Freitas, E. R., Sakomura, N.K., Gonzalez, M.M. & Barbosa, N.A.A. 2004. "Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (5): 509-512, ISSN: 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000500014>.
- Hu, X.Q., Wang, W.B., Liu, L., Wang, C., Feng, W., Luo, Q.P. & Wang, X.D. 2019. "Effects of fat type and emulsifier in feed on growth performance, slaughter traits, and lipid metabolism of Cherry Valley ducks". *Poultry Science*, 98(11): 5759-5766, ISSN: 0049-9339. <https://doi.org/10.3382/ps/pez369>.
- Isa Hendrix. 2009. *Guía de Manejo de la Nutrición de ponedoras comerciales*, The Netherlands. 24 p
- Juntanapum, W., Poeikhampha, T., Pongpong, K., Rakangthong, C., Kromkhun, P. & Bunchasak, C. 2019. "The Effects of Supplementing Lysophosphatidylcholine in Diet on Production Performance, Egg Quality and Intestinal Morphology of Laying Hens". *Poultry Science*, 18(5): 238-243, ISSN: 0049-9339. <https://doi.org/10.3923/ijps.2019.238.243>.
- Klementavičiūtė, J., Gružasuskas, R., Šašytė, V., Daukšienė, A., Kliševičiūtė, V., Racevičiūtė-Stupelienė, A. & Dovidaitienė, G. 2016. "Effect of medium chain fatty acids and emulsifier on quality parameters of laying hen's eggs". *Veterinarija ir Zootechnika*, 73 (95): 1-5, ISSN: 2669-2511.
- Macari, M., Furlan, R.L. & Gonzales, E. 2002. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP, 375 p, ISBN: 85-87632-48-5.
- Manzke, N.E., Gomes, B.K., Lima, G.J.M. & Xavier, E.G. 2016. "Nutrição de leitões neonatos: importância da suplementação". *Archivos de Zootecnia*, 65(252): 585-591, ISSN: 1885-4494. <https://doi.org/10.21071/az.v65i252.1931>.
- Maugeri-Filho, F., Goldbeck, R. & Manera, A.P. 2019. *Produção de oligossacarídeos*. In: Urgel, A. L. (Org.), *Biotecnologia Industrial-Vol. 3: Processos fermentados e enzimáticos*. 107-143 p. Blucher, São Paulo, SP, ISBN: 978-85-212-1458-8.
- Raber, M.R., Ribeiro, A.M.L., Mello, K.A. & Arnaiz, V. 2009. "Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte". *Ciência Animal Brasileira*, 10(3): 745-753, ISSN: 1804-6891.
- Rovers, M. & Excentials, O. 2014. "Saving energy and feed cost with nutritional emulsifier". *International Poultry Production*, 22 (4): 7-8. ISSN: 1364-565X.
- Roy, A., Haldar, S., Mondal, S. & Ghosh, T.K. 2010. "Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens". *Veterinary Medicine International*, 1-9, ISSN: 2090-8113. <https://doi.org/10.1080/08954122.2010.500000>.

doi.org/10.4061/2010/262604.

- Sá, L.C.R.D., Nascimento, L.M., Mascarenhas, M.D.M., Rodrigues, M.T.P., Gomes, K.R.O. & Frota, K.D.M.G. 2019. "Factores asociados con el perfil lipídico de adolescentes". *Revista Chilena de Nutrición*, 46(1): 32-38, ISSN: 0717-7518. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182019000100032>.
- Santana, M.C.A., Rodrigues, J.H.F., Cavali, J. & Aragão, B.L.F. 2017. "Lipídeos: classificação e principais funções fisiológicas". *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(8): 1-14, ISSN: 1695-7504.
- Souza, F.A., da Silva, V.G., Tormen, S.H., Tamura, C., de Jesus, B.V., Koester, D.L. & Bitencourt, T.B. 2019. "Utilização de resíduos agroindustriais para produção de lipídios microbianos por *yarrowia lipolytica* qu/Use of agro-industrial waste for the production of microbial lipids by *yarrowia lipolytica* qu69". *Brazilian Journal of Development*, 5(7): 8801-8810, ISSN: 2525-8761. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-087>.
- Valentim, J.K., Bittencourt, T.M., Lima, H.J.D., Moraleco, D.D., Tossuê, F.J.M., Silva, N.E.M. & Silva, L.G. 2019. "Pigmentos vegetais e sintéticos em dietas de galinhas poedeiras Negras". *Boletim De Indústria Animal*, 76:(1) 1-9, ISSN: 1981-4100. <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1438>.
- Valentim, J.K., Carneiro, S.A., Geraldo, A., Dallago, G.M., de Oliveira, J.É.F. & de Oliveira, M.J.K. 2018. "Uso de emulsificante e óleo de macaúba em dietas para poedeiras comerciais e seus efeitos sobre desempenho e qualidade de ovos". *Revista Científica Rural*, 20(1): 275-286, ISSN: 2525-6912.
- Valentim, J.K., Garcia, R.G., Pietramale, R.T., Velarde, J.M.D.S., Barbosa, D.K., de Castilho, V.A.R. & Lima, H.J.D.A. 2020. "Aditivos emulsificantes em dietas para produção de aves!". *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9 (3): 1-22, ISSN: 2525-3409. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2597>.
- Wang, J.P., Zhang, Z.F., Yan, L. & Kim, I.H. 2016. "Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acids profile of broiler chickens". *Animal Science Journal*, 87(2): 250-256, ISSN: 1740-0929. <https://doi.org/10.1111/asj.12412>.

Received: April 4, 2022

Accepted: July 15, 2022