

Adição de emulsificante nas rações de frangos de corte com redução dos níveis de energia metabolizável

Effect of emulsifier addition on metabolizable energy reduction in broiler diets

Marcus Vinicius Garcia de Oliveira¹ , Nadja Susana Mogyca Leandro¹ , Marcos Barcellos Café¹ , Raphael Rodrigues dos Santos¹ , David Vanni Jacob² , Marília Ferreira Pires^{1*} 

¹Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil

²Adisseo, Campinas, São Paulo, Brasil

*Autor correspondente: mariliapires.1@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar a adição do emulsificante, lecitina de soja, nas rações de frangos com redução dos níveis de energia metabolizável e correlacioná-las com os coeficientes de metabolizabilidade de nutrientes, além da determinação da energia metabolizável aparente (EMA). Realizou-se dois ensaios metabólicos em delineamento inteiramente casualizados, esquema fatorial 3x2 (ração com três níveis de energia metabolizável, com ou sem a inclusão do emulsificante na dieta), totalizando seis tratamentos. Na fase inicial, os pintos receberam dieta com 2.950, 3.050 e 3.150 kcal/kg de energia metabolizável, com seis repetições com 10 aves, totalizando 360 aves. Na fase de crescimento foram utilizadas 210 aves, sendo sete repetições com cinco frangos e os níveis de energia testados foram: 3.100, 3.150 e 3.200 kcal/kg de ração. Na fase inicial, observou-se efeito de interação, apresentando aumento do coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio (CMN) ao adicionar o emulsificante em dietas com energia reduzida e também, efeito do emulsificante no aumento da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio (EMAN). Na fase de crescimento, observou-se efeito de interação, apresentando aumento da EMA e EMAN ao adicionar o emulsificante em dietas com menores níveis de energia. Concluiu-se que a inclusão do emulsificante é indicada para frangos de corte, pois permite reduzir a energia metabolizável da dieta, melhorando a EMAN nas fases inicial e de crescimento, bem como a da EMA com frangos em crescimento.

Palavras-chave: digestibilidade; lecitina de soja; lipídeos; metabolismo

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of including soy lecithin emulsifier (SL) in broiler diets on the reduction of metabolizable energy levels and to correlate it with nutrient metabolizability coefficients and the determination of apparent metabolizable energy (AME). Two metabolic trials were conducted in a completely randomized design, with a 3x2 factorial arrangement (feed with three levels of metabolizable energy, with or without the inclusion of an emulsifier in the diet), totaling six treatments. In the starter phase, chicks received feed with 2,950; 3,050; and 3,150 kcal/kg of metabolizable energy, with six replications of 10 birds each, totaling 360 birds. In the grower phase, 210 birds were used, with seven replications of five chicks, and the energy levels tested were 3,100; 3,150; and 3,200 kcal/kg of feed. In the starter phase, an interaction effect was observed, showing an increase in the nitrogen metabolizability coefficient (NMC) when adding the emulsifier to diets with reduced energy, as well as an effect of the emulsifier in increasing the AME corrected by the balance of nitrogen (AMEN). In the grower phase, an interaction effect was observed, showing an increase in AME and AMEN when adding the emulsifier to diets with lower energy levels. To sum up, emulsifier inclusion in broiler diets can reduce metabolizable energy while improving AMEN in both initial and grower phases, along with AME in growing broilers.

Keywords: digestibility; soy lecithin; lipids; metabolism

1. Introdução

Os nutrientes que compõem a dieta dos frangos como carboidratos, proteína e gorduras, quando metabolizados são fontes de energia, comumente avaliada pela energia metabolizável aparente (EMA) e a corrigida para retenção de nitrogênio (EMAN)^(1,2). Dentre esses nutrientes, as fontes lipídicas, gorduras ou óleos,

são utilizadas para aumentar os níveis energéticos da dieta, pois, apresentam 2,25 vezes mais energia quando comparados aos carboidratos e às proteínas⁽³⁾. O aumento da disponibilidade de energia metabolizável (EM) para os frangos de corte é importante para a síntese de tecido muscular possibilitando melhora no desempenho^(4,5). Porém, os altos custos de fontes lipídicas podem tornar as rações mais onerosas, assim, a adição de emulsificantes

Recebido: 9 de março de 2023. Aceito: 19 de junho de 2023. Publicado: 13 de julho de 2023



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

na ração é uma estratégia utilizada para melhorar a digestibilidade de fontes lipídicas, bem como possibilitar a redução da energia metabolizável da dieta, sem prejuízo para o desempenho ^(6,7,8).

Os emulsificantes que são incluídos na dieta, são chamados de exógenos, podendo ser naturais, como é o caso da lecitina de soja ou a lisolecitina, extraídos de oleaginosas, ou sintéticos, quando ocorrem modificações da lisolicetina e lisofosfatidilcolina resultando em compostos como ricinoleato de glicerol polietilenoglicol e estearoil-2-lactilato de sódio ^(3,9). A lecitina de soja apresenta em sua composição 60% de fosfolipídio ⁽¹⁰⁾ o que a torna com característica surfactante, ou seja, emulsificante ⁽¹¹⁾. Assim, quando incluída na dieta de frangos pode melhorar a disponibilização de EMA e EMAn. Majdohosseini et al. ⁽¹²⁾ ao incluir 0,1% de lecitina de soja na dieta de frangos de corte observou que houve melhora nos níveis de EMAn, mas não houve interação entre o emulsificante e os níveis de energia metabolizável da dieta. Oliveira et al. ⁽¹³⁾ verificaram em seus estudos que a inclusão de 0,025% de lecitina de soja na dieta de frangos de corte com redução de 90 kcal/kg não aumentou a EMA de frangos entre 11 e 21 dias de idade quando comparado à dieta controle. Wealleans et al. ⁽¹⁴⁾ ao incluírem 250 ppm de lecitina de soja e lisolecitina verificaram que a EMAn foi significativamente maior para a lisolecitina quando comparada a lecitina de soja.

Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da inclusão do emulsificante, lecitina de soja, com a redução dos níveis de energia metabolizável da ração e correlaciona-las com os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, extrato etéreo, energia bruta e nitrogênio, além da determinação da energia metabolizável aparente e da corrigida pelo balanço do nitrogênio.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), aprovado pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA), sob o protocolo de número 083/2020. Foram realizados dois ensaios de metabolismo com frangos de corte da linhagem Cobb®, um na fase inicial (10 a 14 dias de vida) e outro na fase de crescimento (30 a 35 dias de vida).

Inicialmente, os pintos foram criados em galpão convencional, desde o primeiro dia de idade, recebendo as mesmas dietas experimentais utilizadas nos ensaios metabólicos de acordo com a fase de criação. Para o primeiro ensaio metabólico, aos sete dias, 360 pintos foram alojados em gaiolas de arame galvanizado com dimensões 0,90 m x 0,60 m x 0,45 m e, aos 10 dias de

idade iniciou-se a coleta das excretas, encerrando aos 14 dias de idade. Para o segundo ensaio metabólico, aos 27 dias de idade, 210 frangos foram alojados nas gaiolas experimentais e iniciou-se a coleta aos 30 dias, encerrando aos 35 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x2 (ração com três níveis de energia metabolizável, com ou sem a inclusão do emulsificante na dieta), totalizando seis tratamentos. Na fase inicial, os pintos receberam dieta contendo os níveis de 2.950, 3.050 e 3.150 kcal/kg de energia metabolizável (EM), sendo a parcela experimental de 10 pintos, com seis repetições, totalizando 360 aves. Na fase de crescimento foram utilizadas 210 aves, sendo sete repetições com cinco frangos por repetição e os níveis de energia metabolizável testados foram: 3.100, 3.150 e 3.200 kcal/kg de ração. As rações experimentais apresentadas nas Tabelas 1 e 2, foram formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. ⁽¹⁵⁾, para as fases inicial e de crescimento, respectivamente. O emulsificante comercial, Nutri-Lyso®, adicionado à ração era composto de lecitina de soja, sílica, antioxidantes e farinha de trigo. Conforme o nível de garantia informado pelo fabricante, para cada 1.000 g do produto, 500 g era composto por lecitina de soja. Foi incluído na dieta 0,125% do produto em substituição ao inerte (caulim), seguindo a recomendação do fabricante.

O ensaio metabólico foi realizado pelo método de coleta total de excretas, as quais foram coletadas às 8 e às 17 h. As rações foram marcadas com óxido de ferro a 1% para determinação do período do início e fim da coleta ⁽¹⁶⁾. Ao final das coletas, as excretas foram armazenadas em um freezer a temperatura de -10°C. Ao final do ensaio metabólico as amostras congeladas (300g/amostras) foram devidamente homogeneizadas conforme cada tratamento. Seguindo a metodologia proposta por Silva e Queiroz ⁽¹⁷⁾, foram determinados os valores da matéria seca (MS), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB). Os valores das variáveis citadas foram utilizados para calcular os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) e o coeficiente de metabolizabilidade (CM) dos nutrientes foram calculados por meio de equações descritas por Sakomura e Rostagno ⁽¹⁸⁾.

Para avaliação estatística, foi realizada a análise de variância (ANOVA) utilizando o *software* SAS e as médias comparadas pelo teste F (5%) para as variáveis de energia metabolizável, energia metabolizável corrigida por nitrogênio, coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, extrato etéreo, energia bruta, nitrogênio e balanço do nitrogênio. Nas interações entre os grupos estudados, níveis de energia metabolizável da dieta e o emulsificante as médias foram comparadas pelo teste *t-student* (5%).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais e composição nutricional calculada para fase inicial (1 a 21 dias)

Ingredientes	Níveis de energia		
	2.950 kcal/kg	3.050 kcal/kg	3.150 kcal/kg
Milho moído	54,00	51,65	49,31
Soja Farelo 45%	37,25	37,67	38,09
Far. Carne e ossos 45%	4,00	4,00	4,00
Inerte*	0,50	0,50	0,50
Fosfato bicálcico	0,50	0,50	0,51
Óleo de soja	1,83	3,76	5,69
Calcário	0,43	0,43	0,42
Sal comum	0,46	0,46	0,46
DL- metionina 99%	0,39	0,38	0,38
L- Lisina HCl 98%	0,18	0,17	0,16
L- Treonina	0,07	0,07	0,07
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,40	0,40	0,40
Total (%)	100	100	100
Nutrientes	Composição nutricional calculada		
Proteína Bruta (%)	23,31	23,31	23,31
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.950	3.050	3.150
Cálcio (%)	0,88	0,88	0,88
Fosforo disponível (%)	0,42	0,42	0,42
Lisina digestível (%)	1,26	1,26	1,26
Metionina+ cistina digestível (%)	0,93	0,93	0,93
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218
Treonina digestível (%)	0,83	0,83	0,83
Triptofano digestível (%)	0,25	0,25	0,25

¹ Suplemento vitamínico – mineral: níveis de garantia por quilograma de produto: Ácido fólico 1.600,00 mg, Acido pantotênico 24,96 g, Biotina 80 mg, Hidróxido de tolueno butilado 100 mg, Niacina 67,20 g, Selênio 600 mg, Vitamina A 13.4440.000 UI, Vitamina B1 500 mg, Vitamina B12 9.200 mcg, Vitamina B2 9.600 mg, Vitamina B6 4.992 mg, Vitamina D3 3.200.000 UI, Vitamina E 21.000 UI, Vitamina K3 2.880 mg, Cobre 15 g, Ferro 90 g, Iodo 1.500 mg, Manganês 150 g, Zinco 140 g. *Emulsificante composto de 500 g de lecitina de soja para cada 1.000 g de Nutri-Lyso® que foi utilizado em substituição ao caulim.

Tabela 2. Composição centesimal das rações experimentais e composição nutricional calculada para fase de crescimento (22 a 35 dias)

Ingredientes	Níveis de energia		
	3.100 kcal/kg	3.150 kcal/kg	3.200 kcal/kg
Milho moído	60,56	59,26	58,09
Soja Farelo 45%	30,02	30,26	30,47
Far. Carne e ossos 45%	4,00	4,00	4,00
Inerte*	0,50	0,50	0,50
Fosfato bicálcico	0,31	0,31	0,31
Óleo de soja	2,87	3,88	4,85
Calcário	0,30	0,30	0,30
Sal comum	0,37	0,44	0,44
DL- metionina 99%	0,36	0,36	0,36
L- Lisina HCl 98%	0,23	0,23	0,22
L- Treonina	0,07	0,07	0,07
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,40	0,40	0,40
Total (%)	100	100	100
Nutrientes	Composição nutricional calculada		
Proteína Bruta (%)	20,58	20,58	20,58
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.100	3.150	3.200
Cálcio (%)	0,76	0,76	0,76
Fosforo disponível (%)	0,37	0,37	0,37
Lisina digestível (%)	1,12	1,12	1,12
Metionina+ cistina digestível (%)	0,83	0,83	0,83
Sódio (%)	0,18	0,21	0,21
Treonina digestível (%)	0,74	0,74	0,74
Triptofano digestível (%)	0,21	0,21	0,21

¹ Suplemento vitamínico – mineral: níveis de garantia por quilograma de produto: Ácido fólico 1.600,00 mg, Acido pantotênico 24,96 g, Biotina 80 mg, Hidróxido de tolueno butilado 100 mg, Niacina 67,20 g, Selênio 600 mg, Vitamina A 13.4440.000 UI, Vitamina B1 500 mg, Vitamina B12 9.200 mcg, Vitamina B2 9.600 mg, Vitamina B6 4.992 mg, Vitamina D3 3.200.000 UI, Vitamina E 21.000 UI, Vitamina K3 2.880 mg, Cobre 15 g, Ferro 90 g, Iodo 1.500 mg, Manganês 150 g, Zinco 140 g. *Emulsificante composto de 500 g de lecitina de soja para cada 1.000 g de Nutri-Lyso® que foi utilizado em substituição ao caulim.

3. Resultados

Na fase inicial (Tabela 3), não houve efeito de interação entre os grupos estudados, níveis de energia metabolizável (EM) na ração e a adição do emulsificante (EL) a base de lecitina de soja, sobre os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e extrato etéreo (CMEE) ($p>0,05$), ao contrário do observado no

coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio (CMN) ($p= 0,0009$). Foi verificado efeito da energia metabolizável sobre CMMS ($p= 0,0269$), sendo que a ração com 3.150 kcal/kg de EM proporcionou maior CMMS (74,37%) em relação aos demais níveis. Não foi verificado efeito dos diferentes níveis de energia metabolizável (EM) e da inclusão do emulsificante (EL) para o CMEE.

Tabela 3. Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), extrato etéreo (CMEE) e do nitrogênio (CMN) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável (EM) na ração, com inclusão de emulsificante (EL), na fase inicial

Variável	EM* (kcal/kg)	Emulsificante			CV	EP	Valor de P		
		Com	Sem	Média			EM	EL	EM*EL
CMMS (%)	2.950	73,70	72,42	73,06 B	1,52	0,20	0,0269	0,1275	0,4352
	3.050	73,80	73,54	73,67 B					
	3.150	74,48	74,26	74,37 A					
	Média	73,99	73,41						
CMEE (%)	2.950	84,62	87,50	86,06	2,99	0,52	0,4026	0,8139	0,2406
	3.050	86,73	85,92	86,33					
	3.150	88,39	87,08	87,73					
	Média	86,58	86,57						
CMN (%)	2.950	70,28aB	62,73bC	66,50	3,17	0,75	0,0001	0,0001	0,0009
	3.050	73,58aB	69,87bB	71,72					
	3.150	74,04aA	74,22aA	74,13					
	Média	72,63	68,94						

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem pelo teste de F (5%). Interação entre níveis de energia x emulsificante foi aplicado teste t-student a 5%. CV = coeficiente de variação (%). EP = erro padrão da média. *EM: valores determinados com base na matéria seca (MS).

Para o CMN (Tabela 3), houve efeito ($p= 0,0009$) de interação entre os níveis de energia da ração e adição do emulsificante (EL). Frangos alimentados com dietas contendo emulsificante apresentaram maior CMN em dietas com baixos níveis de EM (2.950 e 3.050kcal/kg), em relação às dietas (2.950 e 3.050kcal/kg) sem emulsificante. A ração com 2.950 kcal/kg apresentou resultado semelhante à ração com 3.050kcal quando foi adicionado o emulsificante (EL) diferindo ($p=0,0001$) da ração que continha 3.150 kcal de EM. No entanto, dietas sem inclusão do emulsificante (EL), o valor do CMN com a ração que continha 2.950 kcal foi inferior ao CMN da ração com 3.050 kcal e 3.150 kcal ($p= 0,0001$).

Com relação aos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) na fase inicial (Tabela 4), não houve interação ($p>0,05$) entre os níveis de energia da ração e o emulsificante (EL). No entanto, houve efeito ($p<0,05$) da energia metabolizável da ração. Pode-se observar que o maior CMEB ($p=0,0019$) foi encontrado para ração com 3.150 kcal/kg de EM na ração, em relação aos níveis de 2.950 kcal/kg e 3.050 kcal/kg, que não diferiram entre si (Tabela 4).

Não houve interação ($p>0,05$) para a energia metabolizável aparente (EMA) com relação ao emulsificante e os diferentes níveis de energia utilizados na dieta (Tabela 4), bem como não foi verificado o efeito do emulsificante para essa variável. Porém, pode-se observar que a dieta com energia metabolizável de 3.150 kcal/kg apresentou maior nível de EMA na ração ($p=0,0001$), em relação às dietas de

2.950 e 3.050 em que não foi verificada diferença significativa ($p>0,05$).

Para energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) não houve interação ($p>0,05$) significativa entre os níveis de energia da ração e o emulsificante, porém houve diferença ($p=0,0001$) para níveis de energia da ração e para a adição do emulsificante ($p=0,0002$). A EMAn em dietas com 3.150 kcal/kg foi maior ($p=0,0001$) quando comparado às dietas com 2.950 e 3.050 kcal/kg, as quais não diferiram entre si, assim como a EMAn foi maior com a adição do emulsificante na dieta (Tabela 4).

Em relação ao ensaio de metabolismo da fase de crescimento, de 30 a 35 dias de idade, pode-se observar que para os dados do coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), do extrato etéreo (CMEE) e do nitrogênio (CMN) (Tabela 5) não foi verificado interação entre os fatores e nem efeito dos níveis de energia utilizados na ração e ou da inclusão do emulsificante ($p>0,05$). No entanto, houve efeito dos níveis de energia da ração no CMEE ($p=0,0030$), no qual foram constatados valores maiores (88,40 e 88,39%) para as rações com 3.150 e 3.200 kcal/kg, respectivamente, quando comparado a dieta com nível de energia de 3.100 kcal (86,17%). Para a variável coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) (Tabela 6), não foi observada interação ($p>0,05$) entre a energia metabolizável e o emulsificante incluído nas dietas, bem como não houve efeito ($p>0,05$) da energia metabolizável e nem do emulsificante das rações.

Tabela 4. Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), energia metabolizável aparente (EMA), corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de frangos alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável (EM), com a inclusão de emulsificante (EL) na fase inicial

Variável	EM* (kcal/kg)	Emulsificante			CV	EP	Valor de P		
		Com	Sem	Média			EM	EL	EM*EL
CMEB (%)	2.950	77,68	77,25	77,46B	1,30	0,19	0,0019	0,4441	0,9893
	3.050	77,85	77,68	77,77B					
	3.150	79,11	78,92	79,02A					
	Média	78,22	77,95						
EMA (kcal/kg)	2.950	3.631	3.667	3.649B	1,31	17,8	0,0001	0,1365	0,7136
	3.050	3.658	3.664	3.661B					
	3.150	3.837	3.867	3.852A					
	Média	3.709	3.732						
EMAn (kcal/kg)	2.950	3.398	3.508	3.453B	1,26	16,5	0,0001	0,0002	0,9260
	3.050	3.419	3.465	3.442B					
	3.150	3.606	3.640	3.623A					
	Média	3.538a	3.474b						

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem pelo teste de F (5%). Interação entre níveis de energia x emulsificante foi aplicado teste t-student a 5%. CV = coeficiente de variação (%). EP = erro padrão da média. *EM - os valores de energia metabolizável encontram-se menores que os da EMA e EMAn pois, foram determinados com base na matéria seca (MS).

Tabela 5. Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e do extrato etéreo (CMEE), de frangos alimentados com dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (EM) e com inclusão de emulsificante (EL), na fase de crescimento

Variável	EM* (kcal/kg)	Emulsificante			CV	EP	Valor de P		
		Com	Sem	Média			EM	EL	EM*EL
CMMS (%)	3.100	76,86	76,82	76,84	2,05	0,23	0,4050	0,7837	0,9913
	3.150	77,68	77,50	77,59					
	3.200	77,60	77,42	77,51					
	Média	77,38	77,24						
CMEE (%)	3.100	85,94	86,40	86,17B	1,45	0,32	0,0030	0,3133	0,3933
	3.150	88,82	87,98	88,40A					
	3.200	89,01	87,76	88,39A					
	Média	87,92	87,38						
CMN (%)	3.100	64,49	64,41	64,95	7,91	0,84	0,0594	0,2892	0,8449
	3.150	67,74	70,56	69,15					
	3.200	68,63	70,24	69,43					
	Média	66,95	68,73						

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem pelo teste de F (5%). Interação entre níveis de energia x emulsificante foi aplicado teste t-student a 5%. CV = coeficiente de variação (%). EP = erro padrão da média. *EM: valores determinados com base na matéria seca (MS).

Tabela 6. Coeficiente de metabolizabilidade de energia bruta (CMEB), energia metabolizável aparente (EMA), corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de frangos alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável (EM), com inclusão de emulsificante (EL) na fase de crescimento

Variável	EM* (kcal/kg)	Emulsificante			CV	EP	Valor de P		
		Com	Sem	Média			EM	EL	EM*LS
CMEB (%)	3.100	80,73	81,71	81,22	1,62	0,19	0,9574	0,337	0,5968
	3.150	81,31	81,33	81,32					
	3.200	81,27	81,46	81,36					
	Média	81,11	81,51						
EMA (kcal/kg)	3.100	3.862aA	3.697 bC	3.780	1,62	11,71	0,3616	0,0052	0,0001
	3.150	3.801aB	3.783 bB	3.792					
	3.200	3.806aB	3.820 aA	3.813					
	Média	3.823	3.7667						
EMAn (kcal/kg)	3.100	3.729aB	3.506 bB	3.618	1,74	13,56	0,7879	0,0001	0,0001
	3.150	3.625aA	3.589 aA	3.607					
	3.200	3.629aA	3.618 aA	3.624					
	Média	3.661	3.571						

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem pelo teste de F (5%). Interação entre níveis de energia x emulsificante foi aplicado teste t-student a 5%. CV = coeficiente de variação (%). EP = erro padrão da média. *EM - os valores de energia metabolizável encontram-se menores que os da EMA e EMAn pois, foram determinados com base na matéria seca (MS).

Para a EMA na fase de crescimento (30 a 35 dias) foi verificada interação ($p=0,0001$) para os níveis de energia da dieta e inclusão do emulsificante (Tabela 6). Dietas com menor nível de EM (3.100 kcal/kg e 3.150 kcal/kg) apresentaram melhora significativa na EMA com a inclusão do emulsificante, quando comparadas as sem emulsificante. No entanto, para a dieta com 3.200 kcal/kg de energia metabolizável, não houve efeito do emulsificante sobre EMA, ou seja, o emulsificante apresentou resultados positivos somente quando a EM da dieta foi reduzida em 50 ou em 100 kcal. Para os diferentes níveis de EM das dietas, quando houve a inclusão de emulsificante a EMA foi maior ($p<0,05$) em dietas com 3.100 kcal/kg, ao contrário do observado nas dietas sem inclusão de emulsificante em que o valor foi menor (3.697 kcal/kg).

Houve interação ($p=0,0001$) para os grupos estudados para EMAn, sendo que dietas EM de 3.100 kcal/kg com emulsificante apresentou maior EMAn (3.729, 84 kcal/kg), quando comparada a dieta sem emulsificante (3.506,89 kcal/kg) (Tabela 6). Não houve efeito do emulsificante ($p>0,05$) para dietas com 3.150 e 3.200 kcal/kg de EM. Para os diferentes níveis de EM das dietas, houve diferença significativa ($p<0,05$) para as dietas com 3.100 kcal/kg quando comparada às dietas com 3.150 e 3.200 kcal/kg, em que os valores observados da EMAn foi maior (3.729 kcal/kg) com emulsificante e menor sem (3.506 kcal/kg).

4. Discussão

O coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e do extrato etéreo (CMEE) (Tabela 3) no estudo realizado não sofreu efeito da adição do emulsificante (EL) o que pode ter relação com a idade dos frangos durante o período de avaliação, pois, frangos jovens, ainda na fase inicial, apresentam o sistema digestório imaturo o que contribui para uma menor digestibilidade dos nutrientes em especial as fontes lipídicas, um vez que, o complexo enzimático necessário pode se encontrar em concentrações baixas no trato gastrointestinal desses animais^(19,20). A produção de ácidos biliares e lipase pancreática por serem menor na primeira semana de vida, seu aumento ocorre de forma gradativa até os 14 dias de vida^(21,22). Dessa forma, a digestibilidade das fontes lipídicas fica prejudicada o que pode refletir no consumo de alimento⁽²³⁾, o que comprometeria a quantidade de energia consumida pelo animal.

Os emulsificantes incluídos na dieta também dependem do complexo enzimático para melhorar a digestibilidade de óleos e gorduras, uma vez que, ao realizar a emulsificação reduzindo o tamanho das micelas ele contribui para a ação mais eficaz das enzimas aumentando a superfície de contato entre as enzimas e as

micelas de tamanho reduzidos^(3,9). Wealleans et al.⁽²⁴⁾ destacaram que um complexo colipase e lipase precisa estar presente junto ao emulsificante incluído na dieta para que a digestibilidade das fontes de gordura da dieta possa ser otimizada. Shahid et al.⁽²⁵⁾ estudaram a inclusão de emulsificante na dieta de frango de corte até os 10 dias de vida e não verificaram efeito no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca e do extrato etéreo devido a imaturidade do sistema digestório nesse período.

O melhor coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) (Tabela 3) em dietas com maior nível de energia metabolizado (EM) pode ser explicado pelo aumento dos níveis de inclusão de gordura na dieta com 3.150 kcal/kg (5,69%) quando comparada às dietas com 2.950 kcal/kg e 3.50 kcal/kg, que foram de 1,83% e 3,76%, respectivamente. Esse maior percentual de inclusão de óleo de soja em dietas com 3.150 kcal/g pode ter favorecido a redução da taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal possibilitando que as enzimas agissem por um período mais prolongado sobre o substrato, o que pode ter levado à uma maior taxa de absorção, devido ao contato com as membranas dos enterócitos^(3,26,27). Para que ocorra uma maior taxa de proliferação e desenvolvimento dos enterócitos é necessário um aporte de energia proveniente dos nutrientes. Por isso, a redução da taxa de passagem pode contribuir para um aporte maior de energia para uma maior proliferação e desenvolvimento dos enterócitos⁽²⁸⁾ por possibilitar um maior tempo de contato entre enzima-substrato, melhorando a digestão e absorção de nutrientes que poderão ser metabolizados nos enterócitos contribuindo para o aumento dos vilos, fundamentais para o transporte transepitelial de nutrientes na borda de escova.

Para o coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio (CMN) (Tabela 4) a inclusão da lecitina de soja na dieta dos frangos de corte devido sua ação emulsificadora pode ter reduzido o tamanho das micelas de gordura bem como as estabilizado, função primordial dos emulsificantes⁽²⁹⁾ o que pode ter favorecido uma maior absorção de nutrientes, dentre eles o nitrogênio, devido à uma maior difusão desses nutrientes no ambiente do trato gastrointestinal aumentando a superfície de contato com os enterócitos, conforme observado por Zao et al.⁽³⁰⁾ que ao incluírem lisofosfolípideo (emulsificante) na dieta de frangos de corte com até 14 dias de vida destacaram que os emulsificantes ao agirem sobre as fontes lipídicas levam à dispersão dos nutrientes devido à redução dos glóbulos de gordura o que aumenta a superfície de contato com as vilosidades intestinais, ocorrendo melhora na absorção dos nutrientes.

Outros estudos que utilizaram lecitina de soja na dieta de frangos de corte ainda na fase inicial, até 21 dias de vida, observaram melhora na digestibilidade da proteína bruta e do coeficiente de digestibilidade do

nitrogênio (CMN) com a inclusão de lecitina de soja na dieta de frangos de corte na fase inicial^(9,14). Nemati et al.⁽³¹⁾ ao avaliarem os efeitos da suplementação da lecitina de soja sem óleo em uma dieta de baixa energia metabolizável em perus em crescimento, sugeriram que, embora as dietas com baixo teor de energia prejudicassem o desempenho, a suplementação dietética da lecitina poderia reverter tais impactos dessas dietas, pois apresentou melhora na morfologia intestinal, na digestibilidade da gordura, na EMAn, e consequentemente não prejudicou o desempenho.

Ahmadi-Sefat et al.⁽³²⁾, ao avaliarem efeito da suplementação com níveis de mistura emulsificante na dieta encontraram aumento linear na digestibilidade ileal aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia, bem como o conteúdo da EMAn e, relatam que efeitos positivos da suplementação foram evidentes em frangos de corte alimentados com dietas de baixo teor de nutrientes (-100 kcal/kg EM e/ou -5% PB e aminoácidos limitantes) em termos de desempenho, digestibilidade de nutrientes e morfologia intestinal. Haetinger et al.⁽⁸⁾ observaram em seu trabalho que a inclusão de lisofosfolípido, um derivado da lecitina de soja, melhorou a digestibilidade da proteína bruta em frangos de corte e consequentemente o ganho de peso. A diferença observada nos resultados dos estudos citados tem relação com o tipo de emulsificante e concentração, que pode influenciar na emulsificação e na estabilização dos glóbulos de gordura⁽⁹⁾.

O maior valor da EMAn em dietas com 3.150 kcal/kg (Tabela 4) quando comparada às dietas com 2.950 e 3.050 kcal/kg, conforme verificado nesse estudo, está relacionado com o os resultados apresentados na tabela 3 em que se verificou um maior coeficiente de metabolizabilidade do nitrogênio (CMN) para dietas com 3.150 kcal/kg. Andrade et al.⁽³³⁾ pontuaram que a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) tem como objetivo corrigir a energia metabolizável aparente (EMA) com base no balanço de nitrogênio e, portanto, essa energia quando corrigida não contribui para o aumento da energia das fezes, pois o nitrogênio foi retido no organismo. Deste modo, pode-se inferir que a energia EMAn pode favorecer o desempenho dos frangos de corte, pois no nitrogênio retido poderá ser metabolizado dando origem à proteína muscular.

Conforme verificado nesse estudo, a inclusão da lecitina de soja não influenciou o CMMS, CMEE e CMN (Tabela 5) para frangos na fase de crescimento. Wealleans et al.⁽¹⁴⁾ também não verificaram efeito da lecitina de soja para o CMMS e CMEE. Siyal et al.⁽⁹⁾ ao incluir 0,1% de lecitina de soja para frangos entre 40 e 42 dias de vida, verificaram o aumento da digestibilidade do CMEE, diferente do observado para a matéria seca e proteína bruta. Majdolhosseini et al.⁽¹²⁾ ao estudarem o efeito da inclusão de lecitina de soja (0,1%) na dieta de frangos de

corte com 35 dias de vida, verificaram efeito apenas para o CMEE, ao contrário da matéria seca e da proteína, enquanto Abbas et al.⁽³⁴⁾, avaliando a inclusão de 0,035% de lecitina de soja, encontrou melhora na digestibilidade do extrato etéreo e da matéria seca. Liu et al.⁽⁷⁾ assim como no presente estudo, também não verificaram efeito da inclusão de 0,1% de lecitina de soja para frangos com 35 dias de vida sobre o CMMS, CMN e CMEE e pontuaram que os diferentes tipos de emulsificante, concentração ou linhagens das aves utilizadas são fatores que interferem na digestibilidade das fontes lipídicas, o que pode ter ocorrido no presente estudo.

O aumento do CMEB, EMA e EMAn (Tabela 4) para dietas com maior nível de EM (3.150 kcal/kg) está relacionado o maior percentual de óleo de soja, que eleva os níveis de energia metabolizável da ração^(27,35). Além disso, a fonte de gordura utilizada na dieta, o óleo de soja refinado, apresenta um maior percentual de gordura insaturada, acima de 80%⁽³⁶⁾ o que aumenta a superfície de contato com as enzimas do trato digestório melhorando sua digestibilidade. A otimização da superfície de contato entre as lipases pancreáticas, ácidos biliares e colipase se dá pela angulação de 114° causada pelas instaurações na cadeia carbônica dos ácidos graxos insaturados (oleico, linoleico e linolênico) quando comparada às fontes lipídicas com maior percentual de ácidos graxos saturados que apresentam angulação de 180°⁽³⁷⁾.

O fato das dietas com maiores níveis de energia metabolizável (3.150 e 3.200 kcal/kg) terem melhorando o CMEE (Tabela 5) está relacionado com o aumento dos níveis de inclusão de óleo de soja nas duas dietas (Tabela 2). Park et al.⁽³⁸⁾ também aumentaram a concentração da fonte lipídica (sebo bovino) da dieta com objetivo de aumentar a EM da ração e verificaram um maior CMEE para dietas com maiores níveis de energia. Resultados contrários foram observados por outros autores que ao estudarem diferentes níveis de energia metabolizável na dieta de frangos de corte com uso de óleo de soja na dieta, os quais não verificaram efeito no CMEE^(8,12,39). Sugere-se que, com o aumento dos níveis de óleo de soja para as rações mais energéticas juntamente com a maturidade do sistema digestório dos frangos que se encontravam na fase de crescimento, ou seja, acima de 14 dias de vida, o CMEE foi melhor, pois, a maior quantidade de extrato etéreo no intestino dos animais pode ter provocado um aumento na secreção de lipase e ácidos biliares aumentando o CMEE. Vários autores relataram que o aumento do peso dos órgãos como fígado e pâncreas está diretamente envolvidos na emulsificação e degradação das moléculas de gordura, com a presença de substrato, que aumentam a produção de enzimas otimizando a metabolizabilidade das fontes lipídicas na dieta^(3,19).

Conforme observado na Tabela 6 a EMA e a EMAn apresentam valores superiores para dietas com a inclusão do emulsificante e valores de EM de 3.100

kcal/kg, mesmo não tendo sido observado melhora no CMEE nesse estudo para frangos na fase de crescimento. A lecitina de soja por conter na sua composição fosfolípideo e lisofosfolípideos⁽⁴⁰⁾ e uma relação de 60:40 de ácidos graxos insaturados e saturados⁽⁴¹⁾ pode ocasionar mudanças estruturais e conformacionais na estrutura da membrana plasmática das células dos enterócitos que permitirá uma melhor absorção de nutrientes. Alguns estudos apontam que os fosfolípideos a favorecem mudanças na membrana plasmática das células que compõe o enterócito melhorando a absorção de nutrientes^(14,42). Melegny et al.⁽⁴³⁾ descreveram que a lisolecitina, que contém na sua composição fosfolípideos, atuam na membrana dos enterócitos, modificando sua porosidade de forma positiva o que possibilita uma maior taxa de absorção de nutrientes. Essa alteração na porosidade ocorre, pois, o lisofosfolípideo promove uma modificação conformacional nas proteínas de canal que formam a membrana plasmática permitindo assim uma maior absorção de outros nutrientes^(44,45). Zhang et al.⁽⁴⁶⁾, relataram que a regulação positiva do gene transportador de nutrientes e da expressão do gene relacionado ao crescimento do hospedeiro, independente das mudanças no nível de nutrição (EM e PB), pode ser o mecanismo de ação da lisolecitina na promoção do crescimento em frangos de corte.

Em outro estudo, Brautigan et al.⁽⁴⁷⁾, observaram que a inclusão de lisolecitina, presente na lecitina de soja, induziram expressões gênicas na região dos vilos do intestino delgado de frangos de corte que aumentaram a síntese de tecidos como o colágeno que compõe essas estruturas aumentando seu tamanho e assim melhorando a absorção dos nutrientes. Portanto, sugere-se que a inclusão de emulsificante à dieta melhorou a absorção de outros nutrientes devido a mudanças que poderiam ter ocorrido na membrana plasmática dos enterócitos com a inclusão da lecitina de soja, o que contribuiu para o aumento da EMA e EMAn.

Mudanças positivas que favorecem a saúde intestinal dos frangos de corte também podem ter relação com a inclusão de lecitina de soja na dieta, uma vez que, ela pode diminuir a fermentação no intestino ocasionada por microrganismos patogênicos. Boontiam et al.⁽⁴⁸⁾ destacaram que a melhor absorção de nutrientes devido ao uso de lecitina de soja pode reduzir a fermentação no intestino delgado, resultando em menores danos às vilosidades. Liu et al.⁽⁷⁾ verificaram que a adição de lecitina de soja, utilizada como emulsificante, reduziu população de *E. Coli* no intestino de frango de corte melhorando a saúde intestinal. É sabido que a saúde intestinal dos frangos de corte possui relação direta com a digestão e absorção dos nutrientes, o que pode ter ocorrido no presente estudo, ao ponto de melhorar os níveis de EMA e EMAn em dietas com menor nível de energia metabolizável.

No entanto, vários autores pontuam que o mecanismo de ação dos emulsificantes devem ser melhor compreendidos, pois, o tipo de fonte lipídica, tipo e concentração do emulsificante podem alterar sua capacidade emulsificadora^(9,13,49). Por isso, novos estudos podem ser realizados com objetivo de se entender melhor o efeito da inclusão de emulsificantes na dieta de frangos de corte com redução dos níveis de energia metabolizável na dieta.

5. Conclusão

A inclusão do emulsificante, lecitina de soja, é indicada para frangos de corte, pois permite reduzir a energia metabolizável da dieta, melhorando a energia metabolizável aparente corrigida por nitrogênio nas fases inicial e de crescimento, bem como a da energia metabolizável aparente no crescimento.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesses

Contribuições do autor

Conceituação: M. V. G. de Oliveira, D. V. Jacob. *Curadoria de dados:* M. V. G. de Oliveira, N. S. M. Leandro e M. F. Pires. *Investigação:* M. V. G. de Oliveira, R. R. dos Santos, M. B. Cafe e D. V. Jacob. *Metodologia:* M. V. G. de Oliveira, N. S. M. Leandro e D. V. Jacob. *Redação (revisão e edição):* M. V. G. de Oliveira e M. F. Pires.

Referências

1. Thng A, Ting JX, Tay HR, Sho CY, Ong RC, Tey D. The use of predicted apparent metabolizable energy values to understand the oil and fat variability in broilers. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 2020; 10(4): 150-157. DOI: <https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2020.21>
2. Barzegar S, Wu S, Choct M, Swick RA. Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed. *Poultry Science*. 2020; 99(1): 487-498. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez554>.
3. Ravindran V, Tancharoenrat P, Zeafarian F, Revindran G. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. *Animal Feed Science and Technology*. 2016; 213:1-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012>.
4. Mohammadigheisar M, Shouldice VL, Torrey S, Widowski TM, Ward NE, Kiarie EG. Growth performance, organ attributes, nutrient and caloric utilization in broiler chickens differing in growth rates when fed a corn-soybean meal diet with multienzyme supplement containing phytase, protease and fiber degrading enzymes. *Poultry Science*. 2021; 100(9):101362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101362>.
5. Dabbou S, Trocino A, Xiccato G, Nery J, Madrid J, Martinez S, Hamandez F, Kalmar ID, Capucchio MT, Colombino E, Bisato I, Baioli L, Gasco L, Mugnai C, Schiavone C. The effect of dietary supplementation with globin and spraydried porcine plasma on performance, digestibility and histomorphological traits in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020; 1- 9. DOI: <https://doi.org/10.1111/>

[jpn.13356](#)

6. Liu X, Yoon SB, Kim IH. Growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microbial counts, meat quality and organ weight on broilers fed with de-oiled lecithin emulsifier. *Animals*. 2020; 10(3): 478. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10030478>
7. Liu X, Yun KS, Kim IH. Evaluation of sodium stearoyl-2-lactylate and 1, 3- diacylglycerol supplementation in diets with different energy content on the growth performance, meat quality, apparent total tract digestibility, and blood lipid profiles of broiler chickens. *Poultry Science*. 2019; 57 (1): 55-62. DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0190007>
8. Haetinger VS, Dalmoro YK, Godoy GL, Lang MB, de Souza OF, Aristimunha P, Stefanello C. Optimizing cost, growth performance, and nutrient absorption with a bio-emulsifier based on lysophospholipids for broiler chickens, *Poultry Science*. 2021; 100(4): 101025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101025>.
9. Siyal FA, Babazadeh D, Wang C, Arain MA, Saeed M, Ayasan T, Zhang L, Wang T. Emulsifiers in the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*. 2017; 73(3): 611-620. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933917000502>
10. Araújo JMA. Emulsão/Emulsificantes. In: Araújo JMA. Química de alimentos: teoria prática. 4nd ed. Viçosa: UFV; 2008. p.211-272. Portuguese.
11. Robert C, Couedelo L, Vayasse C, Michalski MC. Vegetable lecithins: A review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 2020; 169: 212-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>
12. Majdolhosseini L, Ghasemi HA, Hajkhodadadi I, Moradi MH. Nutritional and physiological responses of broiler chickens to dietary supplementation with de-oiled soyabean lecithin at different metabolisable energy levels and various fat sources. *British Journal of Nutrition*. 2019; 122(8): 863–872. DOI: <https://doi.org/10.1017/S000711451900182X>
13. Oliveira LS, Balbino EM, Silva TNS, Ily L, Rocha TC, Strada ESO, Pinheiro AM, Brito JAG. Use of emulsifier and lipase in feeds for broiler chickens. *Sêmima: Ciências Agrárias*. 2019; 40(6): 3181-3196. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3181>
14. Wealleans AL, Buyse J, Scholey D, Van Campenhout L, Burton E, Di Banedetto M, Pritchard S, Nuyens F, Jasen M. Lysolecithin, but not lecithin, improves nutrient digestibility and growth rates in young broilers. *British Poultry Science*. 2020; 61(4): 1-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2020.1736514>
15. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Parazzo FG, Saraiva A, Teixeira ML, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. 4nd ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia; 2017. 488p. Portuguese.
16. Carvalho GB, Dourado LRB, Lopes JB, Ferreira AHC, Ribeiro MN, Merval SRG, Bioagioti D, Silva FES. Métodos de análise da cinza insolúvel em ácido utilizada como indicador na determinação da energia metabolizável do milho para aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013; 14 (1): 43-53. (<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/HRr5m7gh-Ns6vjrY79j3MYKM/?format=pdf&lang=pt>)
17. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos. 3nd ed. Viçosa: UFV; 2006. 235p. Portuguese.
18. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2nd ed. Jaboticabal: Funep; 2016. 262p. Portuguese.
19. Ravindran V, Abdollahi MR. Nutrition and digestive physiology of the broiler chick: state of the art and outlook. *Animals*. 2021; 11(10): 2795. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11102795>.
20. Yang Z, Pirgozliev VR, Rose SP, Woods S, Yang HM, Wang ZY, Belford MR. Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. *Poultry Science*. 2020; 99:320-330. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez495>
21. Zaeferian F, Abdollahi MR, Cowieson A, Ravindran V. Avian liver: the forgotten organ. *Animals*. 2019; 9(2): 63. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9020063>.
22. Arshad MA, Bhatti AS, Hassan I, Rahman MA, Rehman MS. Effects of bile acids and lipase supplementation in low-energy diets on growth performance, fat digestibility and meat quality in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2020; 22(2): 001-008. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1258>
23. Meng X, Slominski A, Guenter W. The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. *Poultry Science*. 2017; 83:1718-1727. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/83.10.1718>
24. Wealleans AL, Bierinckx K, Benedetto M. Fats and oils in pig nutrition: Factors affecting digestion and utilization. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 277: 114950. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114950>.
25. Shahid I, Sharif M, Yousaf M, Ahmad F, Anwar U, Ali A, Hussain M, Rahman MA. Emulsifier supplementation response in ross 308 broilers at 1-10 days. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2020; 22 (3): 001-006. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1301>
26. Faryadi S, Lashkari S, Ndou SP, Woyengo TA. Nutrient digestibility in broiler chickens fed diets containing high levels of soybean oil is affected by the source of fiber. *Canadian Journal of Animal Science*. 2023; 00: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjas-2022-0064>
27. Saleh AA, Alharthi AS, Alhotan RA, Atta MS, Abdel-Moneim AE. Soybean oil replacement by poultry fat in broiler diets: performance, nutrient digestibility, plasma lipid profile and muscle fatty acids content. *Animals*. 2021; 11(9): 2609. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11092609>
28. Pires MF, Leandro NSM, Oliveira HF, Jacob DV, Carvalho FB, Stringhini JH, Carvalho DP, Andrade CL. Effect of dietary inclusion of protected sodium butyrate on the digestibility and intestinal histomorphometry of commercial laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2021; 23(2): 001-008. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1406>
29. Flores-Andrade E, Allende-Baltazar Z, Sandoval-González PE, Jiménez-Fernández M, Beristain CI, Pascual-Pineda LA. Carotenoid nanoemulsions stabilized by natural emulsifiers: Whey protein, gum Arabic, and soy lecithin. *Journal of Food Engineering*. 2021; 290: 110208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110208>.
30. Zao PY, Kim IH. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*. 2017; 96(5): 1341-1347. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pew469>
31. Nemati M, Ghasemi HÁ, Hajkhodadadi I, Moradi MH. De-oiled soy lecithin positively influenced growth performance, nutrient digestibility, histological intestinal alteration, and antioxi-

- dant status in turkeys fed with low energy diets. *British Poultry Science*. 2021; 62(6): 858-867. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1943312>.
32. Ahmadi-Sefat AA, Taherpour K, Ghasemi HA, Gharaei MA, Shirzadi H, Rostami F. Effects of an emulsifier blend supplementation on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and muscle fatty acid profile of broiler chickens fed with different levels of energy and protein. *Poultry Science*. 2022; 101(11):102145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102145>.
33. Andrade RC, Lara DJC, Pompeu MA, Cordeal PC, Miranda DJA, Baião NC. Avaliação da correção da energia pelo balanço de nitrogênio em alimentos para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2016; 68 (2):497-505. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7971>
34. Abbas MT, Arif M, Saeed M, Reyad-ul-ferdous M, Hassan MA, Arain MA, Rehman A. Emulsifier effect on fat utilization in broiler chicken. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2016; 11(3): 158-167. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/ajava.2016.158.167>
35. Mateos GG, Cámara L, Fondevila G, Lázaro RP. Critical review of the procedures used for estimation of the energy content of diets and ingredients in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*. 2018; 28(3): 506- 525. DOI: <https://doi.org/10.3382/japr/pfy025>
36. Nunes ALB, Castilhos F. Chemical interesterification of soybean oil and methyl acetate to FAME using CaO as catalyst. *Fuel*. 2020; 267: 1- 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117264>
37. Kuikem BAV, Behnke DW. The activation of porcine pancreatic lipase by cis-unsaturated fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1994; 1214 (2): 148-160. DOI: [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0005-2760(94)90039-6)
38. Park JH, Nguyen DH, Kim IO. Effects of exogenous lysolecithin emulsifier supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and blood lipid profiles of broiler chickens. *Poultry Science*. 2018; 55(3): 190-194. DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170100>
39. Papadoulos GA, Poutahidis T, Chalvatzis T, Dibenedetto M, Hardas A, Tsiouris V, Georgopoulou I, Arsenos G, Fortomaris PD. Effects of lysolecithin supplementation in lowenergy diets on growth performance, nutrient digestibility, viscosity and intestinal morphology of broilers. *British Poultry Science*. 2018; 04(27): 1 – 29. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1423676>
40. Mandalawi HA, Lázaro R, Redon M, Herrera J, Menyo D, Mateos, GG. Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 209: 145-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.019>
41. Robert C, Couédelo L, Vaysse C, Michalski M. Vegetable lecithins: A review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 2020; 169: 121-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>.
42. Schwarzer K, Adams CA. The influence as absorption of specific phospholipids enhancer in animal nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 1996; 9: 304-308. DOI: <https://doi.org/10.1002/lipi.19960980905>
43. Melegy T, Khaled NF, El-Bana R, Abdelatif H. Dietary fortification of a natural biosurfactant lysolecithin in broiler. *African Journal of Agricultural Research*. 2010; 52 (21): 2886-2892. (https://academicjournals.org/article/article1380872607_Melegy%20et%20al.pdf)
44. Lundbek JA, Shemille A, Collingwood FI, Ingólfsson RK, Andersen OS. Lipid bilayer regulation of membrane protein function: gramicidin channels as molecular force probes. *Journal of the Royal Society Interface*. 2010; 7:373-395. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0443>
45. Maingret F, Patel AJ, Lesage F, Lazdunski M, Honoré E. Lysophospholipids open the two-pore domain mechano-gated K⁺ channels *trk-1* and *trak*. *Journal of Biological Chemistry*. 2000; 275 (14): 10128-10133. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.275.14.10128>
46. Zhang Z, Zhang C, Nie K, Zheng E, Luo Z, Kim IH. Lysolecithin improves broiler growth performance through up-regulating growth-related genes and nutrient transporter genes expression independent of experimental diet nutrition level. *Animals*. 2022; 12(23): 3365. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12233365>
47. Brautigam DI, Li R, Kubicka E, Turner SD, Garcia JS, Weintraut ML, Wong EA. Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens. *Poultry Science*. 2017; 96: 2889-2898. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex078>
48. Boontiam W, Jung B, Kim YY. Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry Science*. 2017; 96(3): 593-601. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pew269>.
49. Tan HS, Zulkiffi I, Farjam AS, Goh YM, Croes E, Partha SK, Tee AK. Effect of exogenous emulsifier on growth performance, fat digestibility, apparent metabolizable energy in broiler chickens. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*. 2016; 4(1):7-10. DOI: <https://doi.org/10.54987/jobimb.v4i1.281>