Journal homepage
www.ajas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Agricultural Sciences
(University of Anbar – College of Agriculture)

استجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين (Dimethylglycine) إلى العلائق الاعتيادية والعلائق المنخفضة بالطاقة في الأداء الفسلجي وحالة مضادات الاكسدة

أحمد عبدالسلام هزاع [1]* حسام حكمت نافع [2]

[1] مديرية زراعة الانبار – وزارة الزراعة

[2] كلية الزراعة – جامعة الانبار

***المراسلة الى:** أحمد عبدالسلام هزاع، وزارة الزراعة، مديرية زراعة الانبار، الرمادي، العراق.

البريد الالكتروني: asd10barca@gmail.com

Article info

Received: 2023-08-27
Accepted: 2023-10-01
Published: 2024-12-31

DOI-Crossref:
10.32649/ajas.2024.184461

Cite as:
Hazaa, A. A., and Nafe, H. H. (2024). Response of broilers to dimethylglycine addition to normal and low-energy diet on physiological performance and antioxidant status. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22(2): 851-867.

©Authors, 2024, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخلاصة

أجريت التجربة في حقل الطيور الداجنة التابع لقسم الإنتاج الحيواني/ كلية الزراعة/ جامعة الانبار، للمدة من 2022/09/03 لغاية 2022/10/14، (42 يوماً)، تم استخدام 180 فرخا سلالة Ross 308 بعمر يوم واحد بمعدل وزن 37.8 غم، وزعت على 6 معاملات بواقع 3 مكررات لكل معاملة (10 فرخ لكل مكرر) استعمل الـ DMG (داي مثيل الكلايسين) كمادة مضافة الى العليقة.

جاءت هذه الدراسة لمعرفة مدى استجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين Dimethylglycine (DMG) إلى العلائق الاعتيادية والعلائق المنخفضة بالطاقة في الأداء الفسلجي من عمر يوم واحد لغاية عمر التسويق (42) يوما. تم تغذية الطيور على عليقتين، سمة العليقة الاولى تضمنت المعاملات (T_1،T_2،T_3) كانت المعاملة الأولى T_1 سيطرة بدون إضافة (عليقة اعتيادية)، المعاملة الثانية T_2 والثالثة T_3 (إضافة DMG بمستوى 300 و600 ملغم/كغم عليقة اعتيادية بالتتابع)، سمة العليقة الثانية تضمنت المعاملات (T_1،T_2،T_3) كانت المعاملة الأولى T_1 سيطرة بدون إضافة (عليقة منخفضة الطاقة)، المعاملة الثانية T_2 والثالثة T_3 (إضافة DMG بمستوى 300 و600 ملغم/كغم عليقة منخفضة الطاقة بالتتابع). إذ تبين وجود تحسن معنوي ($P\leq0.05$) لصالح العليقة المنخفضة مع إضافة DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف لأنزيم ALP ولوحظت تحسن معنوي ($P\leq0.05$) في أعداد الخلايا اللمفية لصالح العليقة الاعتيادية والمنخفضة

بالطاقة عند أضافة DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف، داي مثيل الكلايسين له دور وقائي ضد الاضرار الناجمة عن الاجهاد التأكسدي ويعمل على تنشيط المناعة.

كلمات مفتاحية: داي ميثيل الكلايسين، فروج اللحم، الأداء الفسلجي، مضاد للأكسدة.

RESPONSE OF BROILERS TO DIMETHYLGLYCINE ADDITION TO NORMAL AND LOW-ENERGY DIET ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE AND ANTIOXIDANT STATUS

A. A. Hazaa [1]* H. H. Nafe [2]

[1] Directorate of Anbar Agriculture - Ministry of Agriculture
[2] College of Agriculture - University of Anbar

***Correspondence to:** Ahmed Abdulsalam Hazaa, Ministry of Agriculture, Directorate of Anbar Agriculture, Ramadi, Iraq.
Email: asd10barca@gmail.com

Abstract

The experiment was conducted at the poultry field belong to Department of Animal Production/ College of Agriculture/ University of Anbar, from 09/03/2022 to 10/14/2022 (42 days), 180 Ross 308 one-day-old were used with an average weight of 37.8 grams distributed over 6 treatments with 3 replicates per treatment (10 chicks per replicate) DMG (dimethylglycine) was used. glycine) as a diet additive. This study aimed to examine the response of broilers to addition of dimethylglycine (DMG) to the normal and low-energy diet in terms of physiological performance from one day to marketing age (42) days. Birds were fed on two dietary systems: the first bishop feature that included transactions (T1, T2, T3), the first transaction T1 was control without adding (normal diet), the second transaction T2 and the third T3 (adding DMG at 300 and 600 mg/ kg ordinary diet sequential First treatment without adding (T1, T2, T3). 300 and 600 mg/kg low-energy rations, respectively). an improvement ($P \leq 0.05$) in favor of the low-energy diet with the addition of DMG at the level of 600 mg / kg feed for ALP enzyme, and a significant improvement ($P \leq 0.05$) was observed in the number of lymphocytes in favor of the normal and low-energy diet when adding DMG at ~~the~~ level of 600 mg / kg feed. Dimethylglycine has a protective role against damage caused by oxidative stress and works to stimulate immunity.

Keywords: Dimethylglycine, Broiler chicken, Physiological performance, Antioxidant.

المقدمة

باتت التغذية تشكل العامل الرئيسي الحاسم لنجاح مشاريع تربية والطيور الداجنة كونها تشكل 70 – 75% من تكاليف الإنتاج (34). ولارتفاع تكاليف مصادر الطاقة والبروتينات الحيوانية والنباتية وفي حالة الاعتماد على الأخيرة لا يتمكن الطير من تصنيع الكلايسين بشكل كافي لذلك يعد بمثابة حامض أميني أساسي للطيور الداجنة (15). كما أنه يسهم في تقليل كلفة الإنتاج لأن إضافته ستعزز من توفير الطاقة المتيسرة للطيور الداجنة كما تمت إضافته الى علائق الطيور الداجنة المنخفضة البروتين خلال مراحل النمو ولم يتأثر معدل وزن الجسم الحي والزيادة الوزنية (25). كمادة مضافة لعلف الدواجن يعمل داي ميثيل الجليسين (DMG) على تعزيز مناعة الدواجن وقدرة مضادات الأكسدة والوظائف الفسيولوجية الأخرى أثناء عملية إجهاد الدواجن كما يعزز الوظيفة الكيميائية للأنزيمات الهاضمة في الأمعاء وبالتالي يعمل على تخفيف ضرر الإجهاد الحراري عن طريق إضافة DMG إلى النظام الغذائي (40). DMG يمتلك خواصا غير انزيمية مضادة للأكسدة وقد حسن من استخدام الاوكسجين وخفف من متلازمة ارتفاع ضغط الدم الرئوي عند اضافته الى علائق فروج اللحم (31).

المالون داي الديهايد MDA هو أحد أهم المنتجات النهائية لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الدهون الفسفورية ويسبب تلفًا لأغشية الخلايا يمكن أن تعكس تركيزاته بشكل غير مباشر مدى الإجهاد التأكسدي (14)، إضافة داي مثيل الكلايسين تقلل بشكل كبير محتويات MDA في الدم والأنسجة، كما أن DMG له إمكانات مضادة للأكسدة عن طريق تقليل مستوى حمض الثيوباربيتوريك التفاعلي ومنع بيروكسيد الدهون (30) كما يعمل داي مثيل الكلايسين على خفض الاجهاد الفسلجي وبالتالي يؤدي الى خفض اعداد خلايا الدم البيض (33). يتم امتصاص داي ميثيل الكلايسين بشكل كامل كما يعمل كمضاد للأكسدة مما يقلل من تأثير الإجهاد التأكسدي والتغيرات في مستويات مستقلبات بلازما الدم المرتبطة بالإجهاد التأكسدي، كما يمكن أن يزيد من قدرة الإنزيمات الهاضمة (25). ان إضافة داي مثيل الكلايسين DMG الى العليقة حسن من هضم الدهون الخام والبروتين في الأمعاء والقانصة بسبب انخفاض مستويات الاس الهيدروجيني للصائم عند عمر 42 يوم لفروج اللحم، يتم استخدام العديد من الاضافات الغذائية في علائق فروج اللحم لأجل زيادة نمو الطير وتحسين اداء الجهاز المناعي ومؤشرات جودة اللحم وتقليل عمليات الاكسدة (1، 4، 9 و24). ان فروج اللحم لا يمكنه إنتاج الاحماض الصفراء وأنزيم اللايبيز البنكرياسي بالمستويات الكافية (31). لكن عند اضافة مستحلبات الى علائق فروج اللحم ومنها داي مثيل الكلايسين Dimethylglycine (DMG) تعمل هذه المستحلبات على تفكيك الدهون لتصبح قابلة للذوبان بالماء وتعمل على زيادة سطح عمل انزيم اللايبيز البنكرياسي (42). إن إضافة داي مثيل الكلايسين الى العلائق الاعتيادية والمنخفضة بالطاقة قد حسن من الصفات الفسلجية وحالة مضادات الاكسدة من دون حصول أي تأثيرات سلبية لفروج اللحم.

المواد وطرائق العمل

تصميم التجربة: أجريت التجربة في حقل الطيور الداجنة التابع لقسم الإنتاج الحيواني/ كلية الزراعة/ جامعة الانبار، للمدة من 2022/09/03 لغاية 10/14/ 2022، 42 يوماً.

عليقة التجربة: تم اعطاء ثلاثة انواع من العليقة خلال مدة التجربة شملت العليقة الاولى (عليقة البادئ) من عمر يوم ولغاية 11 يوما، والعليقة الثانية (عليقة النمو) من عمر 12 ولغاية 21 يوما والعليقة الثالثة (عليقة النهائي) من عمر 22 يوما ولغاية نهاية التجربة (42 يوما)، وجرى تكوين العلائق اعتمادا على دليل شركة (1994) N.R.C.

جدول 1: المكونات والتركيب الكيميائي المحسوب للعليقة الاعتيادية المستعملة في التجربة.

المادة العلفية %	عليقة البادئ 1-11 يوم	عليقة النمو 12-21 يوم	عليقة النهائي 22-42 يوم
ذرة صفراء	56.3	57.45	60.2
كسبة فول الصويا (44% بروتين)	37	35	31.5
مركز بروتيني (40%)*	2.5	2.5	2.5
زيت نباتي	2.2	3.4	4.4
داي فوسفات الكالسيوم	1	0.75	1
حجر الكلس	0.8	0.75	0.3
ميثايونين	0	0.05	0
ملح الطعام	0.1	0.1	0.1
المجموع	%100	100%	100%
التركيب الكيميائي المحسوب **			
طاقة ممثلة (كيلو سعرة /كغم)	**3002**	**3085**	**3206**
البروتين الخام (%)	21.48	21.3	19.46
لايسين %	1.44	1.19	1.27
ميثايونين+ سستين %	1.07	0.75	0.89
كالسيوم %	0.97	1.17	0.9
فوسفور متاح %	0.49	0.26	0.39

*المركز ألبروتيني لتغذية الدواجن BROCORN–5 SPECIAL W المنتج من قبل شركة WAFI B.V. ALBLASSERDAM HOLLAND البروتين الخام 40%، الدهن الخام 5%، الألياف الخام 2.20%، الرطوبة 7.13%، الرماد 28.32، كالسيوم 4.50%، فسفور 2.65%، فسفور متوفر 4.68%، لايسين3.85%، مثيونين 3.70%، مثيونين +سستين 4.12%، تربتوفان 0.42 %، ثريونين 1.70%، الطاقة الممثلة 2107 كيلو سعرة/ كغم، سلينيوم 2.30% والنحاس 4%.

** إذ كانت النسبة أقرب الى الدليل وحسبت قيم التركيب الكيميائي بالاعتماد على جداول N.R.C (1994).

Table 1. Components and calculated chemical composition of the normal diet used in the experiment.

جدول 2: المكونات والتركيب الكيميائي المحسوب للعلائق المستعملة في التجربة (العليقة منخفضة الطاقة).

المادة العلفية %	عليقة البادئ 1-11 يوم	عليقة النمو 12-21 يوم	عليقة النهائي 22-42 يوم
ذرة صفراء	58.5	59.8	62.6
كسبة فول الصويا (44% بروتين)	36.6	34.55	31.1
مركز بروتيني (40%)*	2.5	2.5	2.5
زيت نباتي	0.4	1.5	2.5
داي فوسفات الكالسيوم	1	0.75	1
حجر الكلس	0.8	0.75	0.3
ميثايونين	1	0	0.1
ملح الطعام	0.1	0.1	0.1
المجموع	%100	%100	%100
التركيب الكيميائي المحسوب **			
طاقة ممثلة (كيلو سعرة /كغم)	2904	2981	3103
البروتين الخام (%)	21.5	21.7	19.48
لايسين %	1.44	0.76	0.89
ميثايونين+ سستين %	0.96	1.17	0.90
كالسيوم %	0.48	0.26	0.39
فوسفور متاح %	21.5	21.7	19.48

*المركز ألبروتيني لتغذية الدواجن Brocorn-5 special W المنتج من قبل شركة WAFI B.V. ALBLASSERDAM HOLLAND البروتين الخام 40%، الدهن الخام 5%، الألياف الخام2.20%، الرطوبة 7.13%، الرماد 28.32، كالسيوم 4.50%، فسفور 2.65%، فسفور متوفر 4.68%، لايسين3.85%، مثيونين 3.70%، مثيونين +سستين 4.12%، تربتوفان 0.42%، ثريونين 1.70%، الطاقة الممثلة 2107 كيلو سعرة/ كغم، سلينيوم 2.30% والنحاس 4%.

***إذ كانت النسبة أقرب الى الدليل وحسبت قيم التركيب الكيميائي بالاعتماد على جداول N.R.C (1994).

Table 2. Components and calculated chemical composition of the Low energy diet used in the experiment.

الصفات المدروسة:

صفات الدم: جمعت عينات الدم من فروج اللحم عشوائيا من ثلاثة طيور لكل معاملة من الوريد الوداجي بعمر 42 يوما، باستخدام أنابيب K-EDTA لإجراء اختبارات لعدد خلايا الدم (RBC وWBC)، حجم الخلايا المرصوصة (مكداس الدم) (PCV) وتركيز الهيموجلوبين (Hb) ونسبة الهتروفيل الى اللمفوسايت (H/L). تم وضع عينات الدم في جهاز الطرد المركزي عند 3000 دورة لمدة 15 دقيقة، ثم تم فصل بلازما الدم وأجريت عليها الفحوصات التالية: البروتين الكلي، الألبومين، الجلوبيولين، الكوليسترول، LDL، HDL، VLDL، والدهون الثلاثية والجلوكوز وAST، ALT، ALP باستخدام عدة التحليل من الشركة AGAPPE-Switzerland.

التحليل الاحصائي للتجربة: كانت التجربة من تحليل داي الاتجاه وشمل سمة العليقة (اعتيادية ومنخفضة الطاقة) وبمستوين إضافة من داي مثيل الكلايسين DMG 300 و600 ملغم/كغم علف وباستخدام النموذج الخطي العام والإصدار 9.1 من برنامج الإحصاء الإحصائي SAS (35). بالإضافة إلى عنصر معنوي تم اختبار الفرق بين القيم المتوسطة باستخدام اختبار Duncan متعدد الحدود (12).

النتائج والمناقشة

صفات الدم الخلوية: يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لصفات الدم المأخوذة لفروج اللحم في جدول 3 عدم وجود اية فرق معنوي بين المعاملات الخلوية ($P\leq0.05$) لكل من سمة العليقة (اعتيادية ومنخفضة الطاقة) ومعاملات إضافة داي مثيل الكلايسين (T1 وT2 وT3) بمستوى 0، 300 و600 ملغم/كغم علف والتداخل بينهما في كل من أعداد خلايا الدم الحمراء (RBC) ومكداس الدم (PCV)، الهيموغلوبين (Hb).

خلايا الدم البيض WBC: تشير نتائج الجدول 3 ان أعداد خلايا الدم البيض WBC سجلت فرق معنوي عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) عند سمة العليقة، اذ سجلت العليقة منخفضة الطاقة 14.85 القيمة الأعلى لـ WBC بينما سجلت بالعليقة الاعتيادية 9.167 القيمة الأقل لـ WBC.

أما عن تأثير معاملات إضافة داي مثيل الكلايسين (T1 وT2 و T3) في اعداد خلايا الدم البيض WBC اذ تفوقت معاملة السيطرة T1 معنويا عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) مقارنة بالمعاملتين الثانية والثالثة اذ سجلت قيم WBC 15.30 و11.03 و9.70 لكل من T1 وT2 وT3 بالتتابع.

إذ كان لتداخل سمة العليقة مع معاملات الاضافة تأثير معنوي في أعداد خلايا الدم البيض ($P\leq0.05$) إذ أشارت النتائج الى تفوق العليقة المنخفضة بالطاقة (NC) معنويا ($P\leq0.05$) على جميع معاملات التجربة اذ سجلت WBC قيمة مرتفعة عندها 20.06 بينما سجل اقل قيمة لـWBC 8.26 عند معاملة العليقة الاعتيادية +

DMG بمستوى 300 ملغم/كغم علف ونلاحظ ان معاملة العليقة الاعتيادية لوحدها او مع الإضافات والعليقة المنخفضة مع الإضافات انخفضت فيها معنويا ($P\leq0.05$) اعداد خلايا الدم البيض يرجع انخفاض الانخفاض في اعداد WBC الى دور الكلايسين في خفض الاجهاد الفسلجي للطيور لتتفق النتائج مع (33) وبالنتيجة لذلك تتوقف عملية تمثيل السكريات وتصنيع البروتينات مما يؤثر على تكاثر وانقسام هذه الخلايا كما يتضح من الجدول نفسه انخفاض أعداد WBC للمعاملات قد ترافق مع انخفاض نسبة H/L (خلايا الهتروفيل/ الخلايا اللمفية).

أعداد الخلايا اللمفية :يلاحظ من الجدول 3 ان سمة العليقة لم تسجل فرق معنوي في اعداد الخلايا اللمفية عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) بينما اثرت معاملات الاضافة T1 وT2 وT3 معنويا عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) في اعداد الخلايا اللمفية اذ سجلت معاملة السيطرة (T1) انخفاضا معنويا عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) مع T3 معاملة (DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف) إذ سجلت المعاملة الثالثة 66.83% وكانت اعلى نسبة للخلايا اللمفية بينما سجلت معاملة السيطرة 48.83% اقل نسبة لأعداد الخلايا اللمفية ولم تختلف معنويا مع المعاملة الثانية (DMG بمستوى 300 ملغم/كغم علف). وكما اشارت نتائج جدول 3 ان اعداد الخلايا اللمفية قد سجل فرق معنوي عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) عند تداخل عوامل التجربة اذ سجلت معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون إضافة (NC) انخفاضا معنويا في اعداد الخلايا اللمفية ($P\leq0.05$) مقارنة بجميع معاملات التجربة التي لم تسجل فارق معنوي بينها، اذ سجلت معاملة التداخل بين سمة العليقة والاضافة للعليقة المنخفضة بالطاقة + DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف اعلى نسبة لأعداد الخلايا اللمفاوية بلغ 69.66% بينما سجلت معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون إضافة (NC) أدنى قيمة للخلايا اللمفية بلغ 33.66%. من هذه النتائج نلاحظ أن ارتفاع نسبة الخلايا اللمفية قد ترافق مع انخفاض الاجهاد (H/L) وانخفاض اعداد WBC بفعل إضافة DMG أما عن انخفاض اعداد الخلايا اللمفية في معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون إضافة (NC) قد ترافق مع ارتفاع الاجهاد الفسيولوجي (H/L) وبسبب انخفاض مستوى الطاقة الذي يؤثر على الفعاليات الفسيولوجية للطائر (34). وتتفق هذه النتائج (29) الذي لاحظ وجود تأثير لمستوى الطاقة في علائق فروج اللحم على الفعاليات الفسيولوجية.

أعداد الخلايا المتغايرة: لم يوجد اي فرق معنوي لسمة العليقة (الاعتيادية ومنخفضة بالطاقة) على اعداد الخلايا المتغايرة وكما هو مبين في الجدول 3 بينما سجلت المعاملة الثالثة (DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف) انخفاض معنويا عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$) مقارنة مع معاملة السيطرة (T1) ولم تختلف مع المعاملة الثانية T2 (DMG بمستوى 300 ملغم/كغم علف). كما لوحظ من الجدول 3 ان لتداخل عوامل التجربة تأثير معنوي على اعداد الخلايا المتغايرة، اذ تفوقت معنويا ($P\leq0.05$) معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون إضافة (NC) في اعداد الخلايا المتغايرة مقارنة بباقي معاملات التجربة الأخرى حيث بلغت نسبة الخلايا المتغايرة فيها 56.66%. وقد ترافق هذا التفوق مع ارتفاع نسبة H/L (الاجهاد الفسلجي) وهذه نتيجة طبيعية لأن إضافة داي مثيل الكلايسين قد عملت على خفض الاجهاد مع العلائق الاعتيادية والمنخفضة بالطاقة (42).

نسبة الخلايا المتغايرة الى الخلايا اللمفية (H/L): اثرت سمة العليقة معنويا على H/L وكما هو مبين في جدول رقم 3 اذ تفوقت العليقة المنخفضة بالطاقة معنويا ($P\leq0.05$) على نوع العليقة الاعتيادية اذ بلغت نسبة

H/L 0.509 و0.820 لكل من العليقة الاعتيادية والمنخفضة بالطاقة بالتتابع. تدل زيادة نسبة H/L على عدم رفاهية الطيور نتيجة لتأثير السعرات الحرارية في العليقة الاعتيادية. أَمَّا بقية الصفات الخلوية فلم يحدث فيها أَيَّ فرق معنوي، وهذا يدلّ على ان اختلاف مستويات الطاقة ليس له تأثير على هذه الصفات في هذه التجربة، وهذا يتوافق مع ما جاء به (11) الذين أَشاروا الى عدم وجود فروقات معنوية في صفات الدم عند تغذية فروج اللحم على مستويات مختلفة من الطاقة. وقد سجل مستوى الاضافة لمعاملات التجربة الثلاث T1 وT2 وT3 فرق معنوي في نسبة H/L اذ تفوقت معاملة السيطرة T1 معنويا ($P\leq0.05$) على المعاملتين T2 (DMG بمستوى 300 ملغم/كغم علف) وT3 (DMG بمستوى 600 ملغم/كغم علف) اذ بلغت قيمة H/L 1.059، 0.564، 0.371 لكل من T1 وT2 وT3 بالتتابع. اما بالنسبة لتداخل عوامل التجربة فقد لوحظ من الجدول ذاته ان معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون اضافة (NC) قد سجلت تفوق معنوي في قيمة H/L ($P\leq0.05$) مقارنة بباقي معاملات التجربة مسجلة اعلى قيمة 1.705 بينما لم تختلف باقي المعاملات معنويا فيما بينها.

اتفقت النتائج مع (23) الذي بين أن إضافة DMG تعمل على خفض خلايا الدم البيض مما يعمل على زيادة الاجسام المضادة. كما لاحظ (26) أن أعداد خلايا الدم البيض WBC لم تختلف مع معاملات الإضافة. أن الانخفاض المعنوي في نسبة H/L مع إضافة داي مثيل الكلايسين يرجع الى فعاليته المضادة للأكسدة ودوره المباشر في التخلص من الجذور الحرة وحماية انسجة الجسم والهرمونات ومستقبلاتها (39). وقد أشار (2) أن نسبة H/L افضل مقياس لتحديد مستوى الاجهاد الذي يتعرض له الطير. وأن ارتفاع هذه النسبة يدل على تعرض الطيور للإجهاد فضلا على دور DMG في تنشيط الجهاز المناعي وتحفيز وزيادة الاستجابة المناعية (45). كما يشارك الكلايسين في وظائف الخلايا اللمفاوية التائية والبائية وله دور في انتاج انترلوكين 2 الذي يعد عامل نمو الخلايا اللمفية التائية وزيادة نشاط الخلايا البلعمية (23).

جدول 3: إستجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين إلى العليقة الاعتيادية والعليقة الاعتيادية المنخفضة بالطاقة في الصفات الخلوية لدم فروج اللحم.

المعاملات		خلايا الدم الحمر $100/ml^3$	مكداس الدم mg/100 ml	الهيموغلوبين mg/100 ml	خلايا الدم البيض mg/100 ml	الخلايا اللمفية %	الخلايا المتغايرة %	H/L
سمة العليقة	اعتيادية PC	3.073	29.77	8.256	9.167 b	62.00	29.11	0.509 b
	منخفضة NC	3.327	31.66	9.878	14.85 a	55.77	34.88	0.820 a
مستوى المعنوية للعليقة		غ.م.	غ.م.	غ.م.	0.0005	غ.م.	غ.م.	0.0263
الإضافات	T1 0	3.180	30.50	9.467	15.30 a	48.83 b	41.16 a	1.059 a
	T2 300	3.143	30.16	9.417	11.03 b	61.00 ab	30.66 ab	0.564 b
	T3 600	3.278	31.50	8.317	9.70 b	66.83 a	24.16 b	0.371 b
مستوى المعنوية للإضافات		غ.م.	غ.م.	غ.م.	0.0068	0.0235	0.0209	0.0019
التداخل بين سمة العليقة والإضافات	اعتيادية + T1 PC	3.090	30.00	9.300	10.33 bc	64.00 a	25.66 b	0.413 b
	اعتيادية + T2	2.973	28.66	8.933	8.26 c	58.00 a	33.66 b	0.675 b
	اعتيادية + T3	3.156	30.66	6.533	8.90 bc	64.00 a	28.00 b	0.440 b
	منخفضة + T1 NC	3.270	31.00	9.633	20.26 a	33.66 b	56.66 a	1.705 a
	منخفضة + T2	3.313	31.66	9.900	13.80 b	64.00 a	27.66 b	0.454 b
	منخفضة + T3	3.400	32.33	10.100	10.50 bc	69.66 a	20.33 b	0.303 b
مستوى المعنوية للتداخل		غ.م.	غ.م.	غ.م.	0.0009	0.0095	0.0050	0.0002
متوسط الصفة		3.200	30.72	9.066	12.01	58.88	32.00	0.665
متوسط الخطأ القياسي		0.062	0.581	0.550	1.113	3.458	3.353	0.126

* غ.م.: تعني عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$).

**A ، b ، c: الحروف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$).

***T1: بدون إضافة، T2: إضافة 300 ملغم/ كغم من DMG، T3: إضافة 600 ملغم/ كغم من DMG.

Table 3. Response of broiler to addition of dimethylglycine to normal and low energy diets in the Cellular characteristics of blood. (Mean ± standard error)

PC: normal level of energy. NC: low level of energy, T1 zero mg/kg /diet of DMG, T2 300 mg/kg /diet of DMG, T3 600 mg/kg /diet of DMG

The data in the table reveals The low-energy feed (NC) treatment without additives significantly increased ($P\leq0.05$) the number of white blood cells, the percentage of heterotrophic cells, and the physiological stress index H/L, and significantly decreased ($P\leq0.05$) the percentage of lymphocytes compared to the other intervention treatments and no statistically significant variations in rate of the another cellular characteristics of blood when compared to the control treatment.

الصفات الكيماحيوية للدم:

يلاحظ من الجدول 4 عدم وجود فروق معنوية لكل من عامل سمة العليقة (العليقة الاعتيادية والعليقة منخفضة الطاقة) ومعاملات التجربة الثلاثة T1، T2، T3 إضافة داي مثيل الكلايسين بمستوى 0، 300، 600 ملغم/كغم علف بالتتابع وتداخل عوامل التجربة في كل من الكولسترول، الدهون الثلاثية، اللايبوبروتين عالي الكثافة HDL، اللايبوبروتين واطئ الكثافةLDL، اللايبوبروتين واطئ الكثافة جدا VLDL والكلوكوز والبروتين الكلي والالبومين والكلوبيولين وأنزيمات AST وALT وALP في مصل الدم.

الكالسيوم Ca: لم يتأثر الكالسيوم معنويا بنوع العليقة وتداخل عوامل التجربة وكما هو موضح في جدول 4. بينما اثرت معاملات إضافة داي مثيل الكلايسين معنويا على نسبة Ca اذ تفوقت معاملة السيطرة (T1) معنويا ($P\leq0.05$) مقارنة مع كل من المعاملة الثانية والمعاملة الثالثة وكما هو موضح في جدول 4.

أنزيم الفوسفاتيز ALP: لوحظ من الجدول 4 ان لسمة العليقة تأثير معنويا ($P\leq0.05$) في تركيز انزيم ALP اذا تفوقت العليقة المنخفضة مقارنه مع العليقة الاعتيادية في تركيز انزيم ALP إذ سجلت 35.84 و43.05 lu/Lالكل من العليقة الاعتيادية والمنخفضة بالتتابع. وعن التداخل بين الإضافة وسمة العليقة لوحظ أن معاملة العليقة المنخفضة بالطاقة (NC) قد تفوقت معنويا ($P\leq0.05$) على معاملات العليقة الاعتيادية بدون إضافة (PC) أو مع إضافة داي مثيل الكلايسين ولم تختلف معنويا بالمقارنة مع معاملات العليقة المنخفضة بالطاقة مع إضافة DMG بالمستويين 300 و600 ملغم/ كغم علف وفيما يخص معاملات التجربة فلم توجد اية فروقات معنوية لمعاملات إضافة داي مثيل الكلايسين T1 وT2 وT3 في تركيز ALP وكما موضح في جدول 4.

قد يعزى سبب التفوق المعنوي في تركيزات انزيم ALP في العليقة المنخفضة بالطاقة الى الاضرار السلبية الناتجة عن انخفاض مستويات الطاقة التي تؤدي الى تحطيم خلايا القناة الهضمية مما يؤدي الى تقليل امتصاص الكالسيوم وينجم عن ذلك تحطم في خلايا الكبد وارتفاع تركيز أنزيم ALP في الدم لفروج اللحم المغذاة على العلائق الاعتيادية اعلى من المغذاة على العلائق المنخفضة بالطاقة اذ يعزى السبب الى زيادة معدلات النمو العظمي لفروج اللحم (32 و38). كما أن إضافة داي مثيل الكلايسين تعزز من الاستفادة من الطاقة حتى في العلائق المنخفضة بالطاقة من خلال انتاج الفو سفوكرياتين وهو جزيء عالي الطاقة يستخدم في أنسجة العضلات (46). وأن سبب تغير تركيز ALP في الدم يعود الى محتوى العليقة من الكالسيوم والفسفور، أما دوره في المحافظة على خلايا الكبد يعزى الى خلل في وظائف الكبد، وهو مهم في التمثيل الغذائي للكالسيوم والفسفور (16، 19، 26 و38).

اتفقت النتائج مع (10) الذي وجد أن انخفاض مستوى الطاقة في علائق فروج اللحم زاد بشكل جيد من مستوى ALP في الدم. ويمتلك انزيم ALP القدرة على تحلل استرات الفوسفات في وسط قلوي، إذ يأتي ALP بصورة أساسية من العظام ويمر في أنسجة الأمعاء ويعمل على تنظيم نقل الاحماض الامينية وامتصاص الكالسيوم والفسفور (7 و10).

يلاحظ من جدول 5 المتضمن استجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين الى العليقة الاعتيادية والعليقة المنخفضة بالطاقة في مؤشرات الاكسدة لفروج اللحم حصول ارتفاع معنوي ($P\leq0.05$) في قيمة المالون داي الدهايد MDA والبيروكسيد PV والاحماض الدهنية الحرة FFA لمعاملات العليقة المنخفضة بالطاقة.

أما عن معاملات اضافة داي مثيل الكلايسين بمستوى 0، 300 و600 ملغم/كغم نلاحظ حصول ارتفاع معنوي ($P\leq0.05$) لمعاملة السيطرة (T1) بالمقارنة مع المعاملة الثانية والثالثة التي أعطت أدنى المستويات من المالون داي الدهايد والبيروكسيد والاحماض الدهنية الحرة.

أما عن تأثير تداخل بين سمة العليقة والاضافات نلاحظ حصول تفوق معنوي ($P\leq0.05$) لمعاملة العليقة المنخفضة بالطاقة بدون إضافة (NC) في قيمة المالون داي الدهايد والبيروكسيد والاحماض الدهنية الحرة بالمقارنة مع العلائق الاعتيادية مع الإضافات والمنخفضة مع الإضافات ولم تختلف معنويا عن العليقة الاعتيادية بدون إضافة (PC) بالنسبة لقيمة المالون داي الدهايد والاحماض الدهنية الحرة.

ان الانخفاض في نسبة الاحماض الدهنية الحرة وقيمة البيروكسيد في نسيج الكبد يعود الى ان المعاملات التي اضيف اليها داي مثيل الكلايسين قد حققت فعالية عالية كمواد مضادة للأكسدة من خلال الحد من تحلل وتحرير الاحماض الدهنية الحرة FFA بالكبد لكون مضادات الاكسدة توفر حماية لأغشية الدهن من تفاعل الجذور الحرة وكسر سلسلة تفاعلات اكسدة الدهون او من خلال عملها كواهبة لذرات الهيدروجين الى الجذر الحر الموجود في النظام وتحويله الى جذر اكثر ثباتا فهي تسهم في ازالة مبتدئات الجذور الحرة لأنواع الاوكسجين والنيتروجين الفعالة عن طريق كبح محفزات بدء سلسلة التفاعل وبذلك تحد من تكوين البيروكسيدات التي هي ناتج تحلل الهايدرو بيروكسيدات (5، 17، 18 و36).

اتفقت النتائج مع (13) إذ لاحظوا انخفاض قيمة المالون داي الدهايد (MDA) في مصل الدم بسبب دور الكلايسين في تقييد الجذور الحرة داخل جسم فروج اللحم ويعزى السبب أيضا ان الكبد هو المكان الرئيسي الذي يشارك في التمثيل الغذائي للدهون في فروج اللحم والذي يمثل 95% من تخليق الاحماض الدهنية، يرتبط تحسن وزن الكبد بزيادة تمثيل الدهون، من جهة اخرى يعتبر MDA مؤشر على توليد الجذور الحرة ومؤشر على الاجهاد التأكسدي فأن مضادات الاكسدة لها القــدرة على تثبيط توليد الجذور الحرة وعدم حدوث الاجهاد التأكسدي عن طريق خفض MDA عند إضافة DMG الى علائق فروج اللحم (3). الاجهاد التأكسدي ضار بالدواجن ويؤدي الى تقليل استجابتها المناعية وبالتالي يؤثر على أدائها الإنتاجي والفسلجي من خلال توليد أنواع الاوكسجين التفاعلية كما وجد (37) عند أضافة DMG الى العلائق قل وانخفض تركيز MDA الكبدي. كما اتفقت النتائج مع (20 و28) اللذين بينوا ان مضادات الاكسدة هي مواد لها القدرة على تأخير او منع الضرر التأكسدي وتحمي المادة الوراثية والدهون والاحماض الدهنية غير المشبعة unsaturated fatty acid وبالتالي خفضت معنوياً ($P\leq0.05$) من تركيز MDA. اتفقت النتائج مع (42) الذين لاحظوا في معاملات العليقة المنخفضة بالطاقة مع إضافة DMG حسن معنويا ($P\leq0.05$) من الاستجابة المناعية وزيادة النشاط المضاد للأكسدة. إن تكوين بيروكسيد الدهن بسبب توليد الجذور الحرة في الانسجة نتيجة عملية التمثيل الغذائي وكان تأثير داي مثيل الكلايسين وقائي جيد كمضاد اكسدة في فروج اللحم الذي تناول عليقة تلبي حاجة فروج اللحم من الطاقة (21).

جدول 4: استجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين (Dimethylglycine) إلى العلائق الاعتيادية والعلائق المنخفضة بالطاقة في الصفات الكيماحيوية لمصل الدم.

المعاملات		صفات صورة الدهن					بروتينات وأنزيمات الدم				
		TG*	Chol.*	HDL*	LDL*	VLDL*	Glu*	Prot.*	Glob.*	AST*	ALT*	ALP*
سمة العليقة	اعتيادية PC	25.25	118.8	25.76	87.98	5.05	386.3	4.073	37.24	36.04	6.193	35.8 b
	منخفضة NC	45.2	92.18	22.8	60.33	9.039	349.1	3.73	34.01	41.22	5.952	43.1 a
مستوى المعنوية للعليقة		غ.م	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	0
الإضافات	T1 0	25.76	98.77	23.02	70.59	5.15	357.4	3.476	31.27	35.35	6.63	38.5
	T2 300	32.95	102.8	24.69	71.6	6.59	435.5	3.76	34.32	42.08	6.003	39.4
	T3	46.97	114.8	25.13	80.29	9.393	310.1	4.468	41.3	38.46	5.585	40.4
مستوى المعنوية للإضافات		غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.
التداخل بين سمة العليقة والإضافات	اعتيادية T1 + PC	12.12	111.1	22.54	86.14	2.423	330.9	3.386	30.01	25.3	7.127	31.7 d
	اعتيادية T2 +	23.48	111.9	26.05	81.18	4.697	548.3	3.396	30.67	43.83	5.973	37.6 c
	اعتيادية T3 +	40.15	133.3	28.68	96.62	8.03	279.7	5.436	51.06	39	5.48	38.3 bc
	منخفضة T1 + NC	39.39	86.42	23.51	55.03	7.877	384.1	3.566	32.53	45.4	6.133	45.4 a
	منخفضة T2 +	42.42	93.83	23.33	62.01	8.483	322.7	4.123	37.96	40.33	6.033	41.2 abc
	منخفضة T3 +	53.79	96.3	21.58	63.96	10.75	340.6	3.5	31.55	37.93	5.69	42.5 ab
مستوى المعنوية للتداخل		غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م.	غ.م
متوسط الصفة		35.22	105.5	24.28	74.15	7.044	367.7	3.901	35.63	38.63	6.072	39.5
متوسط الخطأ القياسي		6.217	7.358	1.456	6.923	1.243	34.85	0.288	2.904	2.332	0.34	1.15

*غ.م. تعني عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية ($P\leq0.05$).

** a,b,c: الحروف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير الى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى المعنوية ($P\leq0.05$)

*** T1: بدون إضافة، T2: إضافة 300 ملغم/كغم من DMG T3: إضافة 600 ملغم/كغم من DMG.

Table 4. Response of broiler to addition of dimethylglycine to normal and low energy diets in the biochemical characteristics of blood. (Mean ± standard error)

PC: normal level of energy. NC: low level of energy, T1 zero mg/kg /diet of DMG, T2 300 mg/kg /diet of DMG, T3 600 mg/kg /diet of DMG.

Table 4 presents the comparative weights of the carcass herds. The data in the table reveals that there are no statistically significant variations in the weights of the chest, back, thigh, drummer stick, gut fat, wings, or legs across all treatments when compared to the control treatment.

The data in the table reveals that there are no statistically significant variations in level of the biochemical characteristics of blood all treatments when compared to the control treatment. In the concentration of the ALP enzyme, the low-calorie diet excels compared to the normal diet. Regarding

the interaction between additives and the diet, it was noted that the low-energy diet treatment (NC) was significantly superior (P≤0.05) to the normal diet treatments without the addition of (PC) or with the addition of dimethylglycine, and did not differ significantly compared to the treatments of the low-energy diet with the addition of DMG at both levels. 300 and 600 mg kg^{-1} feed.

جدول 5: استجابة فروج اللحم لإضافة داي مثيل الكلايسين الى العلائق الاعتيادية والمنخفضة بالطاقة في مؤشرات الاكسدة.

مؤشرات الاكسدة			المعاملات	
FFA (kg/mg)	PV (kg/mg)	MDA (kg/mg)		
0.698	0.707	0.265	اعتيادية	سمة العليقة
b	b	b	PC	
0.814	1.019	0.3	منخفضة	
a	a	a	NC	
0.0044	0.0088	0.0349	مستوى المعنوية للعليقة	
0.892	1.292	0.334	T1	الإضافات
a	a	a	0	
0.757	0.709	0.267	T2	
b	b	b	300	
0.619	0.589	0.248	T3	
c	b	b	600	
0.001	0.0002	0.001	مستوى المعنوية للإضافات	
0.851	1.057	0.317	اعتيادية + T1	التداخل بين سمة العليقة والإضافات
ab	b	ab	PC	
0.72	0.581	0.241	اعتيادية + T2	
c	c	c		
0.523	0.482	0.238	اعتيادية + T3	
d	c	c		
0.933	1.527	0.35	منخفضة + T1	
a	a	a	NC	
0.794	0.836	0.293	منخفضة + T2	
bc	bc	bc		
0.715	0.696	0.257	منخفضة + T3	
c	bc	c		
0.0002	0.0007	0.004	مستوى المعنوية للتداخل	
0.756	0.863	0.283	متوسط الصفة	
0.034	0.094	0.011	متوسط الخطأ القياسي	

*غ.م. تعني عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية (P≤0.05).

** a,b,c : الحروف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير الى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى المعنوية (P≤0.05)

*** T1: بدون إضافة، T2: إضافة 300 ملغم/كغم من DMG T3: إضافة 600 ملغم/كغم من DMG.

Table 4. Response of broiler to addition of dimethylglycine to normal and low energy diets in the biochemical characteristics of blood. (Mean ± standard error)

PC: normal level of energy. NC: low level of energy, T1 zero mg/kg /diet of DMG, T2 300 mg/kg /diet of DMG, T3 600 mg/kg /diet of DMG.

Table 4. presents the comparative weights of the carcass herds. The data in the table reveals that there are no statistically significant variations in the weights of the chest, back, thigh, drummer stick, gut fat, wings, or legs across all treatments when compared to the control treatment.

The data in the table reveals that there are no statistically significant variations in level of the biochemical characteristics of blood all treatments when compared to the control treatment. In the concentration of the ALP enzyme, the low-calorie diet excels compared to the normal diet. Regarding the interaction between additives and the diet, it was noted that the low-energy diet treatment (NC) was significantly superior (P≤0.05) to the normal diet treatments without the addition of (PC) or with the

addition of dimethylglycine, and did not differ significantly compared to the treatments of the low-energy diet with the addition of DMG at both levels. 300 and 600 mg kg^{-1} feed.

الاستنتاجات

حصول تحسن معنوي ($P<0.05$) في الصفات الفسلجية وخفض مؤشر الاجهاد الفسلجي (H/L) لطيور معاملة العليقة الاعتيادية وطيور معاملة إضافة 300 ملغم/ كغم علف داي مثيل الكلايسين ومعاملة التداخل بينهما.

حققت معاملتا إضافة داي مثيل الكلايسين في العلائق لاعتيادية والعلائق المنخفضة بالطاقة تحسنًا معنويًا ($P<0.05$) لحالة مضادات الاكسدة إذ خفضت مؤشرات الاكسدة (FFA, PV, MDA) في نسيج الكبد.

Supplementary Materials:
No Supplementary Materials.

Author Contributions:
Author A. A. Hazaa; methodology, writing—original draft preparation, Author H. H. Nafea writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding:
This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement:
The study was conducted in accordance with the protocol The College of Agriculture, University of Anbar, Iraq.

Informed Consent Statement:
No Informed Consent Statement.

Data Availability Statement:
No Data Availability Statement.

Conflicts of Interest:
The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments:
The authors are thankful for the help of the Animal Resources Field Manager, The College Dean, and the Head of the Animal Production Dept. The College of Agriculture, University of Anbar, Iraq. We would also like to thank the undergraduate students for their valuable help and technical assistance in conducting this research.

Disclaimer/Journal's Note:
The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of AJAS and/or the editor(s). AJAS and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

المصادر

1. Abudabos, A. M., Alyemni, A. H., Dafalla, Y. M., and Khan, R. U. (2016). The effect of phytogenic feed additives to substitute in-feed antibiotics on growth traits and blood biochemical parameters in broiler chicks challenged with Salmonella typhimurium. Environmental Science and Pollution Research, 23: 24151-24157. https://doi.org/10.1007/s11356-016-7665-2.

2. Abdulateef, S. M., Saed, Z. J. M., Mohammed, T. T., Awad, M. M., Mirzan, N. A., and Mustafa, R. D. (2024). The Influence Of In Ovo Garlic And Tomato Extract Injections On Embryogenesis And Neurological Traits In Chicken Embryos. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22(1): 318-330. https://doi.org/10.32649/AJAS.2024.183732.
3. Al-Daraji, H. J., Al-Mashadani, H. A., Mirza, H. A., Al-Hassani, A. S., and Al-Hayani, W. K. (2012). The effect of utilization of parsley (Petroselinum crispum) in local Iraqi geese diets on blood biochemistry. Journal of American Science, 8(8): 427-432.
4. Ali, S., Abbas, Z., Seleiman, M. F., Rizwan, M., YavaŞ, İ., Alhammad, B. A., ... and Kalderis, D. (2020). Glycine betaine accumulation, significance and interests for heavy metal tolerance in plants. Plants, 9(7): 896. https://doi.org/10.3390/plants9070896.
5. Bai, K., Jiang, L., Zhu, S., Feng, C., Zhao, Y., Zhang, L., and Wang, T. (2019). Dimethylglycine sodium salt protects against oxidative damage and mitochondrial dysfunction in the small intestines of mice. International Journal of Molecular Medicine, 43(5): 2199-2211. https://doi.org/10.3892/ijmm.2019.4093.
6. Bai, K., Xu, W., Zhang, J., Kou, T., Niu, Y., Wan, X., ... and Wang, T. (2016). Assessment of free radical scavenging activity of dimethylglycine sodium salt and its role in providing protection against lipopolysaccharide-induced oxidative stress in mice. PLoS One, 11(5): e0155393. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155393.
7. Bao, H., She, R., Liu, T., Zhang, Y., Peng, K. S., Luo, D., ... and Zhai, L. (2009). Effects of pig antibacterial peptides on growth performance and intestine mucosal immune of broiler chickens. Poultry science, 88(2): 291-297. https://doi.org/10.3382/ps.2008-00330.
8. Chalvatzi, S., Papadopoulos, G. A., Tsiouris, V., Giannenas, I., Karapanagiotidis, I. T., Theodoridis, A., ... and Fortomaris, P. D. (2020). Dimethylglycine supplementation in reduced energy broilers' diets restores performance by improving nutrient digestibility. Animals, 10(5): 789. https://doi.org/10.3390/ani10050789.
9. Chand, N., Naz, S., Khan, A., Khan, S., and Khan, R. U. (2014). Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. International Journal of Biometeorology, 58: 2153-2157. https://doi.org/10.1007/s00484-014-0815-7.
10. Chen, W., Guo, Y. M., Huang, Y. Q., Shi, Y. H., Zhang, C. X., and Wang, J. W. (2012). Effect of Energy Restriction on Growth, Slaughter Performance, Serum Biochemical Parameters and Lpin2/WDTC1/mRNA Expressionof Broilers in the Later Phase. The Journal of Poultry Science, 49(1): 12-19. https://doi.org/10.2141/jpsa.011001.
11. Corduk, M., Ceylan, N. E. C. M. E. T. T. İ. N., and Ildiz, F. (2007). Effects of dietary energy density and L-carnitine supplementation on growth performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. South African Journal of Animal Science, 37(2): 65-73. https://doi.org/10.4314/sajas.v37i2.4029.

12. Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. biometrics, 11(1): 1-42. https://doi.org/10.2307/3001478.
13. El-Hady, A., and Mohamed, A. (2019). Effect of dietary sources and levels of copper supplementation on growth performance, blood parameters and slaughter traits of broiler chickens. Egyptian Poultry Science Journal, 39(4): 897-912. https://dx.doi.org/10.21608/epsj.2019.67513.
14. Hariganesh, K., and Prathiba, J. (2000). Effect of dimethylglycine on gastric ulcers in rats. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 52(12): 1519-1522. https://doi.org/10.1211/0022357001777568.
15. He, W., Li, P., and Wu, G. (2021). Amino acid nutrition and metabolism in chickens. Amino acids in nutrition and health: Amino acids in the nutrition of companion, zoo and farm animals, 109-131. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_7.
16. Huff, W. E., Moore Jr, P. A., Waldroup, P. W., Waldroup, A. L., Balog, J. M., Huff, G. R., ... and Raboy, V. (1998). Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. Poultry Science, 77(12): 1899-1904. https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1899.
17. Ivanova, D. G., and Yaneva, Z. L. (2020). Antioxidant properties and redox-modulating activity of chitosan and its derivatives: Biomaterials with application in cancer therapy. BioResearch open access, 9(1): 64-72. https://doi.org/10.1089/biores.2019.0028.
18. Jena, B. P., Panda, N., Patra, R. C., Mishra, P. K., Behura, N. C., and Panigrahi, B. (2013). Supplementation of vitamin E and C reduces oxidative stress in broiler breeder hens during summer. Food and Nutrition Sciences, 4(8): 33-37. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.48A004.
19. Juráni, M., Výboh, P., Zeman, M., Lamošová, D., Košt'ál, L. U., and Blažíček, P. (2004). Post-hatching dynamics of plasma biochemistry in free-living European starlings (Sturnus vulgaris). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 138(1): 89-95. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.03.005.
20. Kalam, S., Singh, R., Mani, A., Patel, J., Khan, F. N., and Pandey, A. (2012). Antioxidants: elixir of life. International Multidisciplinary Research Journal, 2(1): 18-34.
21. Kalmar, I. D., Cools, A., Buyse, J., Roose, P., and Janssens, G. P. J. (2010). Dietary N, N-dimethylglycine supplementation improves nutrient digestibility and attenuates pulmonary hypertension syndrome in broilers. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 94(6): 339-347. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01018.x.
22. Kalmar, I. D., Verstegen, M. W., Maenner, K., Zentek, J., Meulemans, G., and Janssens, G. P. (2012). Tolerance and safety evaluation of N, N-dimethylglycine, a naturally occurring organic compound, as a feed additive in broiler diets. British journal of nutrition, 107(11): 1635-1644. https://doi.org/10.1017/S0007114511004752.

23. Kendall, R. V., and Lawson, J. W. (2000). Recent Findings on N, N-Dimethylglycine (DMG): A Nutrient for the New Millennium. Townsend letter for Doctors and Patients, 75-85.
24. Khan, R. U., Chand, N., and Akbar, A. (2016). Effect of organic acids on the performance of Japanese quails. Pakistan Journal of Zoology, 48(6): 1799-1803.
25. Komarova, Z. B., Tarasov, E. N., Slozhenkina, M. I., Rudkovskaya, A. V., Frolova, M. V., Mosolov, A. A., and Struk, A. N. (2022). Influence of sodium dimethylglycinate on environmental safety and meat productivity when growing broiler chickens. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 965(1): p. 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/965/1/012023.
26. Kriseldi, R., Johnson, J. A., Walk, C. L., Bedford, M. R., and Dozier III, W. A. (2021). Influence of exogenous phytase supplementation on phytate degradation, plasma inositol, alkaline phosphatase, and glucose concentrations of broilers at 28 days of age. Poultry science, 100(1): 224-234. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.004.
27. Krogdahl, Å. (1985). Digestion and absorption of lipids in poultry. The Journal of nutrition, 115(5): 675-685. https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675.
28. Lee, D. H., Lim, B. S., Lee, Y. K., and Yang, H. C. (2006). Effects of hydrogen peroxide (H 2 O 2) on alkaline phosphatase activity and matrix mineralization of odontoblast and osteoblast cell lines. Cell biology and toxicology, 22: 39-46. https://doi.org/10.1007/s10565-006-0018-z.
29. Mohammad, Dh., Sh., & Y. Al-Sardary, S. (2024). Natural Antioxidants Impact On Carcass Traits, Meat Quality And Economic Feasibility In Broiler Subjected To Heat Stress. Anbar Journal Of Agricultural Sciences, 22(1), 129–146. https://doi.org/10.32649/ajas.2024.145551.1107.
30. Nafea, H., H., & Th. Ahmed, M. (2024). Individual And Synergistic Effect Of The Addition Of Astaxanthin And Magnolol Compared With Vitamin E To The Diet Of Laying Hens On Some Physiological Traits And Oxidation Indicators Of Stored Eggs. Anbar Journal Of Agricultural Sciences, 22(1), 719–734. https://doi.org/10.32649/ajas.2023.141634.1057.
31. Nortjé, B. (2015). Dietary supplementation of di-and trimethylglycine to attenuate the effects of pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. University of Pretoria (South Africa).
32. Pirgozliev, V., Brearley, C. A., Rose, S. P., and Mansbridge, S. C. (2019). Manipulation of plasma myo-inositol in broiler chickens: effect on growth performance, dietary energy, nutrient availability, and hepatic function. Poultry science, 98(1): 260-268. https://doi.org/10.3382/ps/pey341.
33. Reuben, R., Sarkar, S., Ibnat, H., Setu, M. A., Roy, P., and Jahid, I. (2022). Multi-strain probiotics upregulated anti-inflammatory properties and reduced Pasteurella multocida mortality in broilers. International Journal of Infectious Diseases, 116: S6. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.12.014.
34. Salim, I. H., Attia, K. M., Yassin, D. M., El-Atty, A., Hanaa, K., and El-Slamony, A. E. (2021). Effect of Low Protein Diets Supplemented with Glycine on Growth Performance Carcass Traits, Blood Parameters and Antioxidant Status of

Mandarah Chicks During Starter and Grower Periods. Journal of Animal and Poultry Production, 12(12): 401-408. https://dx.doi.org/10.21608/jappmu.2021.219983.

35. SAS, S. (2002). STAT software, version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC USA.
36. Shang, H. M., Zhou, H. Z., Yang, J. Y., Li, R., Song, H., and Wu, H. X. (2018). In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. PloS one, 13(2): e0192273. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192273.
37. Siyal, F. A., El-Hack, M. E. A., Alagawany, M., Wang Chao, W. C., Wan XioLi, W. X., He JinTian, H. J., ... and Kuldeep Dhama, K. D. (2017). Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens. International Journal of Pharmacology, 13(4): 396-402. https://doi.org/10.3923/ijp.2017.396.402.
38. Viveros, A., Brenes, A., Arija, I., and Centeno, C. (2002). Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. Poultry Science, 81(8): 1172-1183. https://doi.org/10.1093/ps/81.8.1172.
39. Wang, W., Wu, Z., Dai, Z., Yang, Y., Wang, J., and Wu, G. (2013). Glycine metabolism in animals and humans: implications for nutrition and health. Amino acids, 45: 463-477. https://doi.org/10.1007/s00726-013-1493-1.
40. Wang, Z., Shao, D., Wu, S., Song, Z., and Shi, S. (2022). Heat stress-induced intestinal barrier damage and dimethylglycine alleviates via improving the metabolism function of microbiota gut brain axis. Ecotoxicology and Environmental Safety, 244: 114053. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114053.
41. Wolfsegger, T., Böck, K., Schimetta, W., von Oertzen, T. J., and Assar, H. (2021). N, N-Dimethylglycine in patients with progressive multiple sclerosis: result of a pilot double-blind, placebo, controlled randomized clinical trial. Neurological Research and Practice, 3: 1-3. https://doi.org/10.1186/s42466-021-00126-z.
42. Yousefi, J., Taherpour, K., Ghasemi, H. A., Akbari Gharaei, M., Mohammadi, Y., and Rostami, F. (2023). Effects of emulsifier, betaine, and L-carnitine on growth performance, immune response, gut morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens exposed to cyclic heat stress. British poultry science, 73(1-3): 186-193.