إضافة الزنك اللاعضوي والنانوي في الخلطات العلفية لدجاج اللحم وتأثيره على الأداء الإنتاجي ومؤشرات الذبيحة

محمد عبدالكريم الاحمدالسماعيل* محمد حسن الحاج طحطوح**

ياسين احمد المحمد العريفي ***

* طالب دراسات عليا دكتوراه ، قسم إنتاج حيواني . بكلية الهندسة الزراعية بدير الزور، جامعة الفرات، سوريا.

**أستاذ في قسم الإنتاج الحيواني، كلية الهندسة الزراعية بدير الزور، جامعة الفرات، سوريا.

***مدرس في قسم الإنتاج الحيواني، كلية الهندسة الزراعية بحماه، جامعة حماه، سوريا.

ملخص البحث

نُفذت هذه الدراسة لتقييم أثر مصدر أوكسيد الزنك ومستوى إضافته في الأداء الإنتاجي ومؤشرات النمو وصفات الذبيحة لدجاج اللحم من الهجين التجاري Ross 308 خلال فترة تربية استمرت 42 يومًا. استُخدم 300 صوص لحم غير مجنّس، ووُزعت عشوائيًا على 5 معاملات. غُذيت طيور المعاملة T0 على العليقة الأساسية دون إضافة، وأضيف أوكسيد الزنك اللاعضوي 40 و60 ملغم/كغ إلى علف T1 وT2 على التوالي، وأضيف أوكسيد الزنك النانوي 40 و60 ملغم/كغ إلى علف T3 وT4 على التوالي. شملت المؤشرات المدروسة كل من معدل النفوق، والوزن الحي، والزيادة الوزنية الاسبوعية، واستهلاك العلف، ومعامل التحويل ، ووزن الذبيحة وقطعياتها، ونسبة التصافي.

أظهرت النتائج فروقًا معنوية ($P \leq 0.05$) بين المعاملات في كل من والزيادة الوزنية الاستهلاك العلفي ومعامل التحويل الغذائي ومؤشرات الذبيحة، وانخفاض النفوق عدديًا. وسجلت المعاملة T4 أفضل استجابة، ففي الأسبوع السادس حققت أعلى متوسط الوزن الحي النهائي 2901.55 مقابل 2094.33 غرامًا/طير، على التوالي، وكذلك اعلى زيادة وزنية أسبوعية بلغت 993.58 غرامًا/طير مقابل 587.82 غرامًا/طير في T0، وسجلت T4 أقل معامل تحويل غذائي لكامل الفترة (1.63 مقابل 1.95)، وأعلى استهلاك علفي تراكمي (4712.17 مقابل 4074.25 غرامًا/طير)، وانخفض النفوق عدديًا إلى 0% مقابل 8.33% في T0. كذلك بلغ الوزن بعد الذبح 2321.25 غرامًا في T4 مقابل 1579.89 غرامًا في T0، وبلغت نسبة التصافي 73.99% مقابل 68.68%. وأظهرت معاملات

النانو، ولا سيما T4 عند مستوى 60 ملغم/كغ علف، استجابة أفضل من معاملات اللاعضوي عند مستويات الإضافة المتساوية في معظم المؤشرات ضمن ظروف هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: زنك لاعضوي، زنك نانوي، أداء إنتاجي، مؤشرات الذبيحة، دجاج اللحم.

Inclusion of Inorganic and Nano-Zinc in Broiler Chicken Diet Formulations and Its Effect on Productive Performance and Carcass Characteristics

Authors: * Mohammad Al-Ahmad Al-Smaeel **Mohammad Tahtouh ***Yassin Al-Arifi

* Ph.D. Student, Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering in Deir ez-Zor, Al-Furat University, Syria.

**Professor, Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering in Deir ez-Zor, Al-Furat University, Syria.

*** Lecturer, Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering in Hama, University of Hama, Syria.

Abstract

This study evaluated the effects of zinc oxide source and supplementation level on productive performance, growth parameters, and carcass traits of Ross 308 broiler chickens during a 42-day rearing period. A total of 300 unsexed, one-day-old chicks were randomly assigned to five dietary treatments. Control group (T0) received the basal diet. Inorganic zinc oxide (ZnO) was added to T1 and T2 diets at 40 and 60 mg/kg feed, respectively, while nano zinc oxide (ZnO-NPs) was added to T3 and T4 diets at the same levels. The parameters included mortality rate, body weight gain, feed intake, feed conversion ratio, carcass and cuts weight, and dressing.

Significant differences ($P \leq 0.05$) were observed among treatments in live weight, body weight gain, feed intake, feed conversion ratio, and carcass traits, whereas mortality rate decreased numerically. Treatment T4 showed the best overall response. At the sixth week, T4 recorded the highest final live body weight (2901.55 vs. 2094.33 g/bird) and weekly body weight gain (993.58 vs. 587.82 g/bird) compared with T0. Over the entire experimental period, T4

recorded the lowest feed conversion ratio (1.63 vs. 1.95), the highest cumulative feed intake (4712.17 vs. 4074.25 g/bird), and a numerical reduction in mortality to 0% compared with 8.33% in T0. Post-slaughter weight reached 2321.25 g in T4 versus 1579.89 g in T0, while dressing percentage increased to 73.99% versus 68.68%, respectively. Overall, nano zinc oxide treatments, particularly T4 at 60 mg/kg feed, produced better responses than inorganic zinc oxide at equivalent levels for most productive, growth, and carcass parameters under the conditions of this study.

Keywords: Inorganic zinc, Nano zinc, Productivity, Carcass, Broiler.

1- المقدمة:

يُعد الزنك من العناصر المعدنية الدقيقة الأساسية في فسيولوجيا دجاج اللحم، إذ يعمل عاملًا مساعدًا لعدد كبير من الإنزيمات والبروتينات التنظيمية، ويسهم في تخليق البروتين والأحماض النووية والانقسام الخلوي والنمو، كما يرتبط بوظائف المناعة والدفاع المضاد للأكسدة وسلامة الأنسجة. وبسبب محدودية المخزون الفسيولوجي القابل للتعبئة من الزنك، تعتمد المحافظة على هذه الوظائف على استمرار إمداده بمستوى وصورة تسمحان بالاستفادة الحيوية المناسبة [1، 12].

ولا تتحدد الاستجابة الحيوية بكمية الزنك المضافة وحدها، بل تتأثر كذلك بمصدره ودرجة ذوبانه وتفاعلاته داخل القناة الهضمية وتركيب العليقة. وقد أظهرت دراسات الدواجن أن اختلاف مصدر الزنك ينعكس على الاستفادة الحيوية وتوزعه النسيجي والحالة المضادة للأكسدة [6]، في حين تؤكد المراجعات الحديثة أن خصائص المصدر النانوي ونسبة اضافته تحددان اتجاه الاستجابة وكفاءتها [11].

وفي هذا السياق برز أوكسيد الزنك النانوي (NPs–ZnO) بوصفه مصدرًا يمتلك مساحة سطحية نوعية مرتفعة وخصائص في الذوبان والتفاعل تختلف عن أوكسيد الزنك التقليدي، وهو ما قد يغير مقدار الزنك المتاح للامتصاص والاستفادة الخلوية [7، 11]. ومع ذلك، لا يعني الوصف

النانوي تفوقًا ثابتًا بحد ذاته، لأن الاستجابة تتأثر بحجم الجسيمات وشكلها وطريقة تحضيرها ودرجة تكتلها ومستوى الإضافة ومدة التعرض [11].

وتدعم التجارب التطبيقية أهمية التحقق المباشر من هذه الاستجابة في دجاج اللحم. فقد أظهرت دراسة [12] تفوق أوكسيد الزنك النانوي على مصادر زنك أخرى في عدد من مؤشرات النمو، كما أظهرت [13] تحسن وزن الجسم والزيادة الوزنية ومعامل التحويل ونسبة التصافي عند إضافة NPs–ZnO بمستويات 20 و40 و60 ملغم/كغ علف إلى علائق Ross 308. وفي المقابل، بينت [15] تحسنًا في الأداء عند مستوى منخفض من ZnO النانوي دون تغير معنوي في معظم صفات الذبيحة، مما يؤكد أن حجم الاستجابة ليس ثابتًا بين الدراسات ويبرر تقييم المعاملات تحت شروط تجريبية محددة.

2- أهمية البحث وهدفه

2-1- أهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من إجراء مقارنة مباشرة بين أوكسيد الزنك اللاعضوي وأوكسيد الزنك النانوي عند مستويي إضافة متماثلين (40 و60 ملغم/كغ علف)، بما يتيح مقارنة الاستجابة بين المصدرين عند كل مستوى، وكذلك بين مستويي الإضافة داخل كل مصدر. كما أن الجمع بين الزيادة الوزنية الأسبوعية والوزن الحي واستهلاك العلف ومعامل التحويل والنفوق ومؤشرات الذبيحة يوفر قراءة مترابطة للاستجابة، فالتحسن في الوزن لا يُفسر بمعزل عن كفاءة التحويل أو مقدار العلف المستهلك، كما أن ارتفاع أوزان الذبيحة وقطعياتها ينبغي أن يُقرأ بالاقتران مع وزن الجسم النهائي.

وتزداد أهمية هذه المقارنة في ضوء تباين نتائج الدراسات السابقة، إذ سجلت بعض الدراسات تحسنًا واضحًا في النمو وكفاءة التحويل وصفات الذبيحة مع NPs– ZnO[12، 13، 14]، بينما لم تجد دراسات أخرى استجابة معنوية في جميع صفات الذبيحة رغم تحسن الأداء [15].

لذلك تسهم الدراسة الحالية في تحديد نمط الاستجابة ضمن ظروفها التجريبية من دون افتراض تفوق المصدر النانوي مسبقًا أو تعميم آلية فسيولوجية لم تُقَس مباشرة.

2-2- الهدف من البحث:

دراسة أثر إضافة أوكسيد الزنك اللاعضوي وأوكسيد الزنك النانوي بمستويي 40 و60 ملغم/كغ علف في دجاج اللحم من الهجين التجاري Ross 308، وتقييم استجابة المعاملات التجريبية من حيث معدل النفوق، واستهلاك العلف، ومعامل التحويل الغذائي، والوزن الحي، والزيادة الوزنية الأسبوعية، ووزن الذبيحة وقطعياتها ونسبة التصافي، وتحديد المعاملة التي حققت أفضل استجابة ضمن ظروف الدراسة.

3- مواد وطرائق البحث

3-1- مكان وزمان تنفيذ البحث: نُفذت التجربة في مدجنة خاصة بالقرب من مدينة الحسكة خلال دورة إنتاجية امتدت من 8 آذار حتى 19 نيسان 2025.

3-2- حيوانات التجربة: استُخدم 300 صوص لحم غير مجنّس بعمر يوم واحد من الهجين التجاري Ross 308، ورُبيت الطيور حتى عمر 42 يومًا.

3-3- تصميم التجربة: اعتُمد التصميم العشوائي الكامل (CRD)، ووُزعت الصيصان عشوائيًا على خمس معاملات تجريبية، بواقع 60 صوصًا لكل معاملة.

3-4- تجهيز المدجنة: نُظفت المدجنة والأدوات المستخدمة في التربية وعُقمت، ثم قُسمت مساحة التربية إلى 5 اقسام تجريبية مستقلة، للحد من اختلاط الطيور.

3-5- نظام الرعاية والإيواء: رُبيت الطيور على فرشة من التبن بارتفاع 7 سم، وجُهزت الحظائر بمعالف ومشارب مناسبة لمرحلة النمو. واعتمد نظام الإيواء المغلق، واستخدمت المراوح الساحبة والنوافذ لتأمين التهوية وتقليل تراكم الرطوبة والغازات الضارة. كما حُوفظ على درجة الحرارة الملائمة للعمر باستخدام مدافئ الوقود مع مراقبتها بميزان حرارة داخل المدجنة. واعتمدت الإضاءة الطبيعية نهارًا والصناعية ليلًا وفق نظام الإضاءة المطبق خلال التجربة، مع توحيد ظروف الرعاية بين جميع المعاملات.

3-6- إجراءات النظافة والأمن الحيوي: اتُّبعت إجراءات موحدة عند الدخول إلى المدجنة، شملت استخدام لباس مخصص وتعقيم الأحذية بمطهر اليود وتقليل الحركة غير

الضرورية، مع تنظيف المعالف والمشارب بصورة منتظمة للمحافظة على ظروف تربية متقاربة بين المعاملات.

3-7- التحصينات والإضافات: طُبق البرنامج الصحي نفسه على جميع المعاملات، وقُدمت التحصينات والمستحضرات الداعمة عبر ماء الشرب وفق البرنامج المعتمد وتعليمات الاستخدام، بهدف توحيد الرعاية الصحية طوال مدة التجربة.

3-8- تحضير العلائق: استُخدم في الدراسة مصدران للزنك، هما أوكسيد الزنك اللاعضوي (ZnO) وأوكسيد الزنك النانوي (NPs-ZnO). وأضيف كل مصدر إلى العليقة الأساسية بالمستويات التجريبية المحددة، مع الخلط التدريجي لضمان تجانس الإضافة. وحُضرت الأعلاف أسبوعيًا لكل معاملة مع المحافظة على تجانس توزيع الإضافة المعدنية.

3-9- معاملات البحث: قسمت المعاملات بحسب مصدر الزنك ومستوى إضافته كالتالي:

- T0 : معاملة الشاهد، (العليقة الأساسية دون أي إضافة).
- T1 : عليقة أساسية + 40 ppm أوكسيد الزنك اللاعضوي ZnO / كغ علف.
- T2 : عليقة أساسية + 60 ppm أوكسيد الزنك اللاعضوي ZnO / كغ علف.
- T3 : عليقة أساسية + 40 ppm أوكسيد الزنك النانوي NPs-ZnO / كغ علف.
- T4 : عليقة أساسية + 60 ppm أوكسيد الزنك النانوي NPs-ZnO / كغ علف.

4- تنفيذ التجربة

- بعد تجهيز المدجنة وتعقيمها وتشغيل أجهزة التدفئة قبل استقبال الصيصان بنحو 12 ساعة، وُزعت الصيصان عشوائيًا على المعاملات الخمس. ووُزنت الطيور عند الاستقبال، وعُدَّ هذا القياس الوزن الابتدائي (وزن اليوم صفر).
- قُدم للصيصان ماء الشرب ثم العلف البادئ المحضر مسبقًا، واعتبارًا من اليوم 22 استُبدلت العليقة البادئة بالعليقة الناهية. وتُوبعت الحالة الصحية والسلوكية للطيور يوميًا طوال مدة التجربة.
- سُجلت حالات النفوق يوميًا. كما وُزنت كمية العلف المقدمة والمتبقية في نهاية كل أسبوع لكل معاملة لحساب الاستهلاك العلفي ومعامل التحويل الغذائي، ووُزنت الطيور أسبوعيًا لتحديد الوزن الحي وحساب الزيادة الوزنية.
- وفي نهاية فترة التربية اختيرت الطيور المخصصة لدراسة صفات الذبيحة، وجُوِّعت مدة 6 ساعات قبل الذبح، ثم سُجلت أوزان الذبيحة والقطع الرئيسة والأجزاء الداخلية المأكولة ونسبة التصافي.

5- المؤشرات المدروسة

5-1- نسبة النفوق (%): أُحصي عدد الطيور النافقة خلال فترة التربية، وحُسبت نسبة النفوق وفق المعادلة الآتية:

نسبة النفوق (%) = (عدد الطيور النافقة / عدد الطيور في بداية الفترة) × 100.

5-2- كمية العلف المستهلك (غ/طير): حُسبت كمية العلف المستهلكة أسبوعيًا من الفرق بين كمية العلف المقدمة والمتبقية، ثم حُسب متوسط استهلاك الطير وفق المعادلة الآتية:

متوسط استهلاك العلف (غ/طير) = كمية العلف المستهلكة / متوسط عدد الطيور خلال الفترة.

5-3- معامل التحويل الغذائي: حُسب أسبوعيًا ولكامل فترة التجربة بوصفه مؤشرًا على كفاءة تحويل العلف المستهلك إلى زيادة وزنية، ثم حُسب متوسط المعاملة.

معامل التحويل الغذائي = كمية العلف المستهلكة/ الزيادة الوزنية.

5-4- متوسط الوزن الحي (غ/طير): سُجل متوسط الوزن الحي للطيور عند بداية التجربة وفي نهاية كل أسبوع، واستخدم لتتبع تطور النمو حتى نهاية الأسبوع السادس.

5-5- الزيادة الوزنية الأسبوعية (غ/طير/أسبوع): وُزنت الطيور عند الاستقبال ثم في نهاية كل أسبوع وحتى عمر 42 يومًا، وحُسبت الزيادة الوزنية وفق المعادلة الآتية:

الزيادة الوزنية الأسبوعية = متوسط وزن الطيور في نهاية الأسبوع – متوسط وزنها في بداية الأسبوع.

5-6- مؤشرات الذبيحة: دُرست صفات الذبيحة بعمر 42 يومًا لتقييم أثر المعاملات في مكونات الذبيحة وقطعها المختلفة، أي ستة طيور من كل معاملة، ثم جُوِّعت الطيور مدة 6 ساعات قبل الذبح. وشملت القياسات ما يأتي:

سُجل وزن الطير قبل الذبح، والوزن بعد الذبح، وأوزان قطع الذبيحة الرئيسة (الصدر والفخذان والجناحان)، وأوزان الأجزاء الداخلية المأكولة (القلب والكبد والقانصة).

ونسبة التصافي (%) = (وزن الذبيحة الصافي / وزن الجسم قبل الذبح) × 100.

6- التحليل الإحصائي

نُظمت بيانات كل صفة لكل معاملة، وحُللت البيانات باستخدام برنامج GenStat Releas e 12 وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD)، وطُبق تحليل التباين الأحادي (One-wa y ANOVA) لاختبار أثر المعاملات. وعند وجود فروق معنوية، قورنت المتوسطات باستخدام اختبار دنكن متعدد المدى (Duncan's Multiple Range Test) عند مستوى معنوية $P \leq$

0.05. واستخدمت الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد في الجداول للدلالة على وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

7- النتائج والمناقشة

7-1- أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في معدل النفوق:

الجدول (1) أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في معدل النفوق

مؤشر النفوق	T0	T1	T2	T3	T4
عدد حالات النفوق	5	2	1	1	0
نسبة النفوق (%)	8.33	3.33	1.67	1.67	0

يبين الجدول (1) انخفاض معدل النفوق عدديًا من 8.33% في معاملة الشـــاهد T0 إلى 3.33% في T1، ثم 1.67% في كل من T2 وT3، وصـولًا إلى 0% في T4. ويتوافق هذا من حيث المبدأ مع ما ورد في [9] بشـأن انخفاض الاسـتعمار البكتيري والنفوق مع اسـتخدام NPs-ZnO في نموذج عدوى تجريبي، ومع مـا ورد في [10] بشـــأن الفعاليـة المحتملـة لـNPs-ZnO ضد الكوكسيديا. وقد تدعم هذه التأثيرات سلامة البيئة المعوية والحالة الصحية العامة.

7-2- أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في الاستهلاك العلفي:

الجدول (2) أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في الاستهلاك العلفي

متوسط الاستهلاك العلفي غ/ طير	T0	T1	T2	T3	T4
الأسبوع 1	232.28 d	232.14 d	239.15 c	243.93 b	247.06 a
الأسبوع 2	392.38 e	396.82 d	404.7 c	407.18 b	421.39 a
الأسبوع 3	619.21 e	622.48 d	640.67 c	645.39 b	675.63 a
الأسبوع 4	697.24 e	767.26 d	802.73 c	815.38 b	844.53 a
الأسبوع 5	850.28 e	864.63 d	929.72 b	931.18 ab	959.15 a
الأسبوع 6	1282.86 e	1335.83 d	1375.54 c	1414.71 b	1564.41 a
كامل الفترة	4074.25 e	4219.16 d	4392.51 c	4457.77 b	4712.17 a

(a.b.c.d.e) الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد بين المجموعات توضح وجود فروق عند مستوى معنوية (P<0.05)

أظهرت نتائج الجدول (2) فروقًا معنوية في الاستهلاك العلفي التراكمي، إذ سجلت T4 أعلى استهلاك بلغ 4712.17 غرامًا/طير، مقابل 4074.25 غرامًا/طير في T0. وكانت كل معاملات الإضافة أفضل من الشاهد حيث بلغ الاستهلاك 4457.77 غرامًا/طير في T3 تلاها 4392.51 غرامًا/طير في T2 ثم 4219.16 غرامًا/طير في T1.

ويتوافق هذا مع زيادة الاستهلاك المصاحب لتحسن النمو مع ما ورد في [14] من تحسن الاستهلاك اليومي في معاملات الزنك النانوي، كما تتفق الزيادة العامة في الأداء مع [12]. غير أن ارتفاع الاستهلاك وحده لا يمثل تحسنًا في الكفاءة، ولذلك تكتسب النتيجة معناها عند تفسيرها بالتوازي مع انخفاض معامل التحويل وارتفاع الزيادة الوزنية والوزن الحي في المعاملات نفسها.

وقد يرتبط التزامن بين الاستهلاك الأعلى والنمو الأفضل بارتفاع مقدار المغذيات المتاحة للنمو مع تحسن الاستفادة الحيوية من الزنك ووظائف القناة الهضمية، وهي تفسيرات تناولتها الدراسات والمراجعات الخاص ب ZnO-NPS [11، 13]

7-3- أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في معامل التحويل الغذائي:

الجدول (3) أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في معامل التحويل الغذائي

متوسط معامل التحويل الغذائي غ/غ	T0	T1	T2	T3	T4
الأسبوع 1	1.92 a	1.92 a	1.91 ab	1.88 b	1.88 b
الأسبوع 2	1.96 a	1.95 ab	1.88 b	1.86 bc	1.83 c
الأسبوع 3	1.93 a	1.83 b	1.78 bc	1.71 cd	1.64 d
الأسبوع 4	1.96 a	1.78 b	1.65 bc	1.64 cd	1.59 d
الأسبوع 5	1.85 a	1.85 a	1.84 ab	1.68 bc	1.59 c
الأسبوع 6	2.18 a	1.94 b	1.71 c	1.71 c	1.57 d
كامل الفترة	1.95 a	1.88 b	1.78 c	1.72 cd	1.63 d

أظهرت نتائج الجدول (3) أن T4 حققت أفضل معامل تحويل غذائي لكامل الفترة بقيمة 1.63 غ علف/غ زيادة وزنية مقابل 1.95 في T0. كما تفوقت كل معاملات الإضافة على الشاهد، إذ بلغ معامل التحويل 1.72 في T3 تلاه 1.78 في T2 وثم 1.88 في T1. وتدعم هذه المقارنات اختلاف الاستجابة باختلاف توليفة مصدر الزنك ومستوى إضافته ضمن الحدود المدروسة.

وتتفق هذه النتيجة مع [12]، إذ سُجلت كفاءة تحويل أفضل مع أوكسيد الزنك النانوي مقارنة بمصادر زنك أخرى، كما أظهرت [13] تحسنًا معنويًا في معامل التحويل لدى Ross 308 عند إضافة 20 و40 و60 ملغم ZnO-NPs/كغ علف. كذلك بينت [15] تحسنًا في الأداء عند إضافة مستوى منخفض من ZnO النانوي، وهو ما يدعم إمكانية ظهور الاستجابة عند نسب مختلفة تبعًا لخصائص المستحضر وظروف التجربة.

وقد يفسر هذا جزئيًا بارتفاع التوافر الحيوي للمصدر النانوي وما قد يرافقه من تحسن في الاستفادة من الزنك والمغذيات [11، 12]. إلا أن معامل التحويل مؤشر تكاملي ناتج عن العلاقة بين استهلاك العلف والزيادة الوزنية، ولا يكشف بمفرده الآلية الخلوية المسؤولة.

7-4- أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في متوسط الوزن الحي:

الجدول (4) أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في متوسط الوزن الحي

متوسط الوزن الحي غ/طير	T0	T1	T2	T3	T4
بداية التجربة	37.24bc	37.83a	36.04d	36.67cd	37.68ab
نهاية الأسبوع 1	157.90e	159.11d	161.82c	165.71b	169.10a
نهاية الأسبوع 2	357.61e	362.72d	377.10c	384.61b	399.10a
نهاية الأسبوع 3	678.71e	703.32d	745.44c	753.74b	810.90a
نهاية الأسبوع 4	1035.11e	1134.10d	1240.04c	1244.06b	1338.12a
نهاية الأسبوع 5	1541.14e	1596.06d	1701.13c	1798.88b	1941.23a
نهاية الأسبوع 6	2094.33e	2250.21d	2471.14c	2594.07b	2901.55a

(a.b.c.d.e) الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد بين المجموعات توضح وجود فروق عند مستوى معنوية (P<0.05)

يوضح الجدول (4) التطور الأسبوعي لمتوسط الوزن الحي. وتراوحت الأوزان الابتدائية بين 36.04 و37.83 غرامًا/طير، وهي فروق سابقة لتطبيق المعاملات ولا تُفسر بوصفها أثرًا للزنك. ولكن مع التقدم بالعمر اثناء التجربة وخاصة في نهاية الأسبوع السادس سجلت 4T أعلى وزن حي بلغ 2901.55 غرامًا/طير مقابل 2094.33 غرامًا/طير في T0. وأيضا تفوقت كل معاملات الاضافة على الشاهد اذ بلغ الوزن 2594.07 غرامًا في T3 يليه 2471.14 غرامًا في T2 ثم 2250.21 غرامًا في T1.

يتفق هذا مع [12، 13] بشأن تحسن وزن الجسم مع NPs-ZnO، كما تدعمه [14] التي أظهرت استجابة في الوزن الحي عند إضافة الزنك النانوي. ويشير اتساع الفروق تدريجيًا عبر الأسابيع إلى استجابة تراكمية خلال فترة التربية، وقد يرتبط ذلك بتوافر الزنك واستمرارية الاستفادة منه في عمليات النمو [11].

7-5- أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في الزيادة الوزنية الأسبوعية:

الجدول (5) أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في الزيادة الوزنية الأسبوعية

متوسط الزيادة الوزنية الأسبوعية غ/ طير	T0	T1	T2	T3	T4
الأسبوع 1	120.71d	121.22d	125.80c	129.64b	131.31a
الأسبوع 2	199.71e	203.69d	215.28c	218.90b	230.21a
الأسبوع 3	321.11e	340.62d	360.80c	376.74b	411.79a
الأسبوع 4	356.51e	430.50d	486.23c	498.68b	527.50a
الأسبوع 5	461.33e	462.50d	505.68c	555.71b	602.92a
الأسبوع 6	587.82e	688.21d	805.25c	828.88b	993.58a

(a.b.c.d.e) الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد بين المجموعات توضح وجود فروق عند مستوى معنوية (P<0.05)

أظهرت نتائج الجدول (5) فروق في الزيادة الوزنية الأسبوعية بين المعاملات مع تقدم العمر، وبلغت أوضح استجابة في الأسبوع السادس، إذ حققت T4 أعلى زيادة بلغت 993.58 غرامًا/طير مقابل 587.82 غرامًا/طير في T0. وكانت كل معاملات الإضافة اعلى من الشاهد، اذ بلغت الزيادة 828.88 غرامًا في T3 ثم 805.25 غرامًا في T2 ثم 688.21 غرامًا في T1.

ويتفق تفوق الزيادة الوزنية مع [12]، التي سجلت أعلى وزن وزيادة وزنية مع NPs-ZnO مقارنة بالمصادر الأخرى، كما يتفق من حيث الاستجابة مع [13] على Ross 308، إذ تحسنت الزيادة الوزنية عند مستويات 20 و40 و60 ملغم/كغ. كذلك أظهرت [14] ارتفاع الوزن والزيادة الوزنية عند استخدام المستوى الأعلى من الزنك النانوي في الدراسة.

ويرجح أن يكون تحســـن الزيادة الوزنية نتيجة تكامل الاســـتهلاك العلفي مع كفاءة التحويل والاستفادة الحيوية من الزنك، وليس نتيجة عامل منفرد. ويؤيد ذلك تزامن أعلى زيادة أسبوعية في T4 مع أفضل معامل تحويل وأعلى وزن حي نهائي.

7-6- أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في مؤشرات الذبيحة:

الجدول (6) أثر إضافة ZnO وZnO-NPs في مؤشرات الذبيحة

مؤشرات الذبيحة	T0	T1	T2	T3	T4
قبل الذبح (غ/ طير)	2111.14e	2276.44d	2492.11c	2648.24b	2932.32a
بعد الذبح (غ/طير)	1579.89e	1719.20d	1925.25c	2057.24b	2321.25a
تصافي %	68.68d	69.41d	70.99c	72.59b	73.99a

(a.b.c.d.e) الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد بين المجموعات توضح وجود فروق عند مستوى معنوية (P<0.05)

يبين الجدول (6) تفوق T4 معنويًا ($P \leq 0.05$) في مؤشرات الذبيحة، إذ سجلت أعلى وزن قبل الذبح (2932.32 غرامًا)، وأعلى وزن بعد الذبح (2321.25 غرامًا)، وأعلى نسبة تصافٍ (73.99%)، مقابل 2111.14 و1579.89 غرامًا و68.68% في T0 على التوالي. تبين التفوق بشكل عام بكل معاملات الإضافة على الشاهد حيث، فقد ارتفعت نسبة التصافي إلى 72.59% في T3 تلاها 70.99% في T2 ثم 69.41% في T1.

وتتفق زيادة نسبة التصافي مع [13]، التي أظهرت تحسنًا خطيًا في نسبة التصافي مع مستويات ZnO-NPs، كما أظهرت [14] ارتفاع نسبة التصافي وبعض صفات الذبيحة مع الزنك النانوي. ومع ذلك، لم تجد [15] تأثيرًا معنويًا في معظم مؤشرات الذبيحة رغم تحسن الأداء، مما يوضح أن استجابة الذبيحة قد تختلف باختلاف نسبة الاضافة وخصائص المادة المضافة والظروف التجريبية. وفي الدراسة الحالية، يُرجح أن يكون جانب مهم من ارتفاع الوزن بعد الذبح انعكاسًا لارتفاع الوزن الحي النهائي.

7-7- أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في أوزان بعض قطع الذبيحة:

الجدول (7) أثر إضافة ZnO وNPs-ZnO في أوزان بعض قطع الذبيحة

متوسط وزن الأجزاء الرئيسة للذبيحة غ/ طير	T0	T1	T2	T3	T4
صدر	501.31e	537.51d	606.71c	692.30b	779.80a
جناحين	179.82e	195.52d	218.83c	238.10b	266.50a
فخذين	379.33e	417.51d	463.34c	486.01b	551.68a
قانصة	40.03e	43.49d	47.84c	50.97b	56.64a
كبد	48.81e	53.60d	60.32c	64.73b	73.28a
قلب	10.53d	11.36d	12.82c	14.01b	15.66a

(a.b.c.d.e) الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد بين المجموعات توضح وجود فروق عند مستوى معنوية (P<0.05)

أظهرت نتائج الجدول (7) تفوق T4 معنويًا (P≤ 0.05) في أوزان قطع الذبيحة الرئيسة، إذ بلغت أوزان الصدر والفخذين والجناحين 779.80 و551.68 و266.50 غرامًا على التوالي، مقابل 501.31 و379.33 و179.82 غرامًا في T0. وظهر التحسن نفسه عند معاملات الإضافة الأخرى مقابل الشاهد. ويتفق هذا مع الاتجاه العام لتحسن النمو وبعض صفات الذبيحة في دراسات NPs -ZnO[12، 14].

وبالنسبة إلى الأجزاء الداخلية المأكولة، سجلت T4 أعلى الأوزان للقانصة والكبد والقلب (56.64 و73.28 و15.66 غرامًا على التوالي)، مقابل 40.03 و48.81 و10.53 غرامًا في T0، مع فروق معنوية (P≤ 0.05). وهذا دليل على تحسن فسيولوجي خاص بالعضو.

8- الاستنتاجات

1. أظهرت معاملات الزنك فروقًا معنوية ($P \leq 0.05$) في مؤشـــرات النمو والأداء الرئيسة مقارنة بالشاهد، وتمثلت الاستجابة في ارتفاع الزيادة الوزنية الأسبوعية والوزن الحي واســـتهلاك العلف، وانخفاض معامل التحويل الغذائي، إلى جانب تحســـن مؤشرات الذبيحة، مع اختلاف حجم الاستجابة باختلاف المعاملة التجريبية.
2. أظهرت معاملات أوكسيد الزنك النانوي استجابة أفضل من معاملات أوكسيد الزنك اللاعضوي عند مستويات الإضافة المتساوية في معظم المؤشرات المدروسة. وكانت T4 (60 ملغم NPs-ZnO/كغ علف) أفضل معاملة، إذ سجلت وأعلى وزن حي، وأعلى زيادة وزنية أســبوعية، وأفضـــل اســـتهلاك علفي ومعامل تحويل غذائي، مع تحسن أوزان الذبيحة وقطعياتها ونسبة التصافي وانخفاض النفوق عدديًا إلى 0%.

9- التوصيات والمقترحات

9-1- التوصيات:

توصي الدراسة باعتماد مستوى 60 ملغم NPs-ZnO/كغ علف بوصفه مستوى مرجعيًا واعدًا للدراسات اللاحقة تحت ظروف مماثلة، لكونه حقق أفضل استجابة في المؤشرات المدروسة.

9-2- المقترحات:

يقترح إجراء دراسات على عناصر معدنية نانوية أخرى، مثل السيلينيوم والحديد والنحاس والمنغنيز والكروم، لتقييم كفاءتها في تحسين الأداء الإنتاجي والصحي للدواجن.

يقترح دراسة تطبيقات المستحضرات البيطرية النانوية، بما في ذلك اللقاحات النانوية، وأنظمة التوصيل النانوي للأدوية، والمضادات الميكروبية النانوية، لتقييم دورها في تعزيز المناعة والحد من استخدام المضادات الحيوية التقليدية

10- المراجع

1. Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yatoo, M. I., Karthik, K., & Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health - a comprehensive review. Veterinary Quarterly, 41(1), 1-29.
2. Ali, N., Akram, M., Fahim, A., Singh, B., & Imran, M. (2018). Effect of dietary supplementation of vitamin E, zinc and chromium supplementation on growth performance and hematological characteristics of broiler chickens. Indian Journal of Animal Research, 52(4)، 574-578.
3. Alian, H. A., Samy, H. M., Ibrahim, M. T., Yusuf, M. S., & Mahmoud, M. (2022). Nutritional Evaluation of Nano Zinc Compared with Other Zinc Sources in Broilers. Suez Canal Veterinary Medical Journal. SCVMJ, 27(2), 401-418.
4. Evci, Ş. (2024). Uses of nanotechnological feed additives and nanofeeds in poultry feeding. Journal of Poultry Research, 21(1), 27-33.
5. Hafez, A., Nassef, E., Fahmy, M., Elsabagh, M ،.Bakr, A & ،.Hegazi, E. (2020). Impact of dietary nano-zinc oxide on immune response and antioxidant defense of broiler chickens. Environmental Science and Pollution Research, 27, 19108-19114.
6. Ivanišinová, O., Grešáková, Ľ., Ryzner, M., Oceľová, V., & Čobanová, K. (2016). Effects of feed supplementation with various zinc sources on mineral concentration and selected antioxidant indices in tissues and plasma of broiler chickens. Acta Veterinaria Brno, 85(3), 285-291.
7. Jiang, J., Pi, J., & Cai, J. (2018). The advancing of zinc oxide nanoparticles for biomedical applications. Bioinorganic Chemistry and Applications, 2018, Article ID 1062562.
8. Mohamed, A. S. A., Lozovskiy, A. R., & Ali, A. M. A. (2019). Nutritional strategies to alleviate heat stress effects through feed restrictions and feed additives (vitamins and minerals) in broilers under summer conditions. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 7(3), 123-131.

9. Shakal, M., Khalefa, H. S., & Salem, H. (2024). Antibacterial efficacy of Zinc oxide nanoparticles against Escherichia coli experimental infection in broiler chickens. Journal of Advanced Veterinary Research, 14(4), 687-691.
10. Yousef, A. M. I., Youssef, F. S., Mohamed, G. G., & Tantawy, L. A. (2024). Highlighting on The role of Zinc Oxide and Silver Nanoparticles as An Effective Coccidiostats in Broilers. Egyptian Journal of Veterinary Sciences, 55(7), 1995-2011. https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.260269.1761
11. Fatima, A., Zaheer, T., Pal, K., Abbas, R. Z., Akhtar, T., Ali, S., & Mahmood, M. S. (2024). Zinc Oxide Nanoparticles Significant Role in Poultry and Novel Toxicological Mechanisms. Biological Trace Element Research, 202(1), 268-290. https://doi.org/10.1007/s12011-023-03651-x
12. Alian, H. A., Samy, H. M., Ibrahim, M. T., Yusuf, M. S., & Mahmoud, M. M. A. (2023). Nano Zinc Oxide Improves Performance, IGF-I mRNA Expression, Meat Quality, and Humeral Immune Response and Alleviates Oxidative Stress and NF-κB Immunohistochemistry of Broiler Chickens. Biological Trace Element Research, 201(8), 4062-4078. https://doi.org/10.1007/s12011-022-03494-y
13. Abdel-Wareth, A. A. A., Hussein, K. R. A., Ismail, Z. S. H., & Lohakare, J. (2022). Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on the Performance of Broiler Chickens Under Hot Climatic Conditions. Biological Trace Element Research, 200(12), 5218-5225. https://doi.org/10.1007/s12011-022-03095-9
14. Abd El-Hack, M. E., Ashour, E. A., Aljahdali, N., Zabermawi, N. M., Baset, S. A., Kamal, M., Radhi, K. S., Moustafa, M., Algopishi, U., Alshaharni, M. O., & Bassiony, S. S. (2024). Does the dietary supplementation of organic nano-zinc as a growth promoter impact broiler's growth, carcass and meat quality traits, blood metabolites and cecal microbiota? Poultry Science, 103(5), 103550. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103550
15. Hussan, F., Krishna, D., Preetam, V. C., Reddy, P. B., & Gurram, S. (2022). Dietary Supplementation of Nano Zinc Oxide on Performance, Carcass, Serum and Meat Quality Parameters of Commercial Broilers. Biological Trace Element Research, 200(1), 348-353. https://doi.org/10.1007/s12011-021-02635-z