

UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY im. J. i J. ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ HODOWLI I BIOLOGII ZWIERZĄT
KATEDRA NAUK O ZWIERZĘTACH, ZAKŁAD HODOWLI DROBIU

ROZPRAWA DOKTORSKA

Stanisław Budnik

**WPŁYW CHELATÓW ZN, CU I MN HYDROKSY
ANALOGU METIONINY NA WYNIKI PRODUKCYJNE
I JAKOŚĆ MIĘSA KURCZĄT BROJLERÓW**

Promotor

prof. dr hab. inż. Marek Adamski

Promotor pomocniczy

dr inż. Joanna Kuźniacka

Bydgoszcz, 2017

*Szanownemu Panu Promotorowi
prof. dr. hab. inż. Markowi Adamskiemu szczególnie
dziękuję za wyjątkowe wsparcie, życzliwość
i cierpliwość w trakcie realizacji i pisania niniejszej
pracy.*

*Szanownej Pani Promotor
dr inż. Joannie Kuźniackiej szczególnie
dziękuję za pomoc i wsparcie w czasie
realizacji i pisania niniejszej pracy.*

W szczególności dziękuję za okazane wsparcie oraz umożliwienie przeprowadzenia badań firmie Novus International reprezentowanej przez Pana Dr. Uwe Ranfta.

Serdeczne podziękowania składam mojej najbliższej rodzinie za zrozumienie i cierpliwość w trakcie przygotowania i pisania tej pracy.

SPIS TREŚCI

| | |
|--|-------------|
| 1. WSTĘP I PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA | 7. |
| 2. MATERIAŁY I METODY | 17. |
| 3. WYNIKI | 24. |
| 4. DYSKUSJA | 30. |
| 5. WNIOSKI | 40. |
| PIŚMIENNICTWO | 42. |
| TABELE – DOŚWIADCZENIE 1 | 53. |
| RYCINY – DOŚWIADCZENIE 1 | 64. |
| TABELE – DOŚWIADCZENIE 2 | 72. |
| RYCINY – DOŚWIADCZENIE 2 | 88. |
| ZAŁĄCZNIKI | 96. |
| STRESZCZENIA | 100. |

1. WSTĘP I PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

Produkcja mięsa drobiowego w skali globalnej należy do najszybciej rozwijających się gałęzi produkcji zwierzęcej. Dynamika wzrostu w latach 2015 – w stosunku do 2014 kształtowała się na poziomie 3,5% (wzrost o 3,9 mln ton w stosunku rocznym). W 2015 roku osiągnęła poziom 114,9 mln ton w skali światowej (Poultry Trends, 2016). Ogólny wzrost produkcji mięsa w okresie 2014 – 2015 to 1,3%, z tym, że w przypadku wieprzowiny wyniósł 0,8%, a baraniny 0,7%, natomiast rynek wołowiny zanotował spadek o -0,1%. Poultry Trends wskazują, że w 2016 roku światowa produkcja mięsa drobiowego wyniosła 116,2 mln ton

Dominującą pozycję zajmuje mięso kurcząt brojlerów, którego produkcja prognozowana jest na 89,7 mln ton, co stanowi blisko 80% w strukturze mięsa drobiowego (Siemińska, 2016). Wynika to z faktu, iż mięso kurcząt należy do grupy produktów, która z jednej strony nie ma żadnych ograniczeń religijnych czy też światopoglądowych co do jego konsumpcji, łączy zalety kulinarne, dietetyczne i łatwość przygotowania do spożycia z niskim kosztem wytworzenia, co przekłada się na bardzo dużą jego atrakcyjność dla konsumentów. Przewiduje się, że globalna produkcja mięsa drobiowego do roku 2025 wzrośnie o kolejne 21 mln ton w stosunku do średniej z lat 2013 - 15 i osiągnie poziom 133 mln ton (Poultry Trends, 2016). Równocześnie w ciągu ostatnich lat sektor ten rozwija się bardzo intensywnie w Polsce, osiągając poziom produkcji żywca 3,3 mln ton w 2016, natomiast prognoza na 2017 rok wskazuje na dalszy wzrost produkcji żywca drobiowego o 8 – 9% do około 3,5 mln ton (FirmyMięsne.pl, 2017).

Szybki rozwój produkcji żywca drobiowego jest realizowany przez z jednej strony wzrost potencjału produkcyjnego ferm, z drugiej poprzez postęp genetyczny. Sytuacja ta umożliwia produkcję coraz cięższych kurcząt, w krótszym czasie i przy coraz niższych kosztach ich użytkowania. Tendencja ta szczególnie widoczna jest w USA, gdzie średnia masa ciała ubijanych kurcząt 2012 – 2016 wzrosła średnio o około 0,25 kg (AgriStat, 06.2016). W większości krajów europejskich główną korzyścią płynącą z poprawy efektywności odchowu jest fakt ubijania coraz młodszych kurcząt, przy zachowaniu preferowanej przez zakłady ubojowe masy ciała ptaków.

Konsekwencją szybkiego tempa wzrostu mogą być kłopoty metaboliczne związane z rozwojem kości takie jak kulawizny, czy też szerszej nieprawidłowości w rozwoju szkieletu, prowadzące do powstawania strat zarówno na poziomie fermy, jak i ubojni. Straty te często związane są z nieodpowiednią dostępnością składników pokarmowych ze szczególnym uwzględnieniem makro i mikroelementów, warunkami inkubacji i rozwojem embrionalnym lub też szeroko pojętym środowiskiem bytowania ptaków. Należy również pamiętać o możliwym negatywnym wpływie zbyt wysokich poziomów niektórych metali, prowadzących do powstawania antagonizmów,

mogą też one podlegać kumulacji lub działać toksycznie (Angel, 2007; Dibner i in.; 2007; Emmeret i Baker, 1995; Leeson, 2009; Richards, 2010a).

Kluczowym elementem związanym z produkcją szybko rosnących kurcząt brojlerów jest jakość produktu finalnego, czyli mięsa. Dotyczy to zarówno zewnętrznej jakości tuszki, gdy oceniane są takie cechy jak: uszkodzenia skóry (zadrapania, zasinienia), złamania kości skrzydeł, pęcherze na piersiach, jakość podszew stóp, czy też jakości mięsa. Wraz ze wzrostem masy ciała kurcząt oraz coraz wyższym udziałem mięśni piersiowych w tuszce, nasilają się przypadki występowania wad mięśni piersiowych. Zdaniem Pertacci i Cavani (2012) są to głównie defekty mięśni takie jak: WS (white striping - białe włókna), DPM (deep pectorial myopathy - miopatia mięśni piersiowych głębokich, potocznie zwane chorobą zielonych mięśni lub chorobą Oregon, WB (wooden breast – syndrom zdrewniałych mięśni), WS związany jest z degradacją włókien mięśniowych, hipertrofią, zmianami kompozycji kwasów tłuszczowych oraz zawartością wody i białka (Elminowska-Wenda i in., 2014; Ferreira i in., 2014; Kuttappan i in., 2012a; Kuttappan i in., 2013; Mazzoni i in., 2015; Owens, 2013; Petracci i in. 2014). Z kolei Alnahhas i in. (2016), którzy badali występowanie tej wady w dwóch liniach genetycznych, różniących się wartością pH końcowego stwierdzili, że w przypadku mięśni piersiowych uzyskanych od kurcząt charakteryzujących się wyższą wartością pH końcowego częstotliwość występowania wady białych włókien była większa niż w przypadku linii o niższym pH końcowym.

Bezpośredni wpływ wyglądu mięśni piersiowych bez skóry na ich postrzeganie, a co z tym się wiąże na atrakcyjność dla konsumentów wykazał Kuttappan i in., (2012b): mięśnie piersiowe z większym nasileniem WS były mniej chętnie kupowane przez klientów. Poważne nasilenie WS w przypadku ciężkich brojlerów w Stanach Zjednoczonych i we Włoszech dotyczyły nawet 10 – 15 % ubijanych kurcząt (Owens, 2014). Petracci i in. (2016) jako konsekwencje szybkiego wzrostu kurcząt wymieniają szereg wad mięśni, takich jak: zielonego mięśnia, zmiany barwy i struktury, np. PSE, degradacja włókien mięśniowych, np. WS, czy też WB. Również Barbut (2009) wskazuje na znaczenie technologiczne i ekonomiczne wady PSE (pale, soft and exudative – blade, miękkie i mokre), a Mairano (2014) ponadto wymienia DFD (dark, firm and dry – ciemne, twarde i suche) w produkcji mięsa pochodzącego od kurcząt i indyków. Obraz histologiczny mięśni piersiowych normalnych oraz z wadami typu WS i WB przedstawiono w załączniku 1 (Trocino i in., 2015). W ostatnim czasie Baldi i in. (2017) wskazali na pojawienie się nowego rodzaju nieprawidłowości mięśnia piersiowego powierzchniowego tzw. mięso spaghetti (Spaghetti Meat – SM), pojawiającego się równoległe z wadą typu WS.

Wada typu DPM związana jest z tzw. syndromem przestrzeni: mięsień piersiowy głęboki ograniczony jest z jednej strony mostkiem, z drugiej mięśniem piersiowym powierzchniowym, od którego oddzielony jest nieelastyczną powięzią. Podczas trzepotania skrzydłami, wraz ze wzrostem przepływu krwi mięsień ten pęcznieje, powodując ucisk na naczynia

krwionośne, w konsekwencji prowadzi do niedokrwienia, niedotlenienia i martwicy tkanki mięśniowej. Wada ta może również dotyczyć mięśni piersiowych powierzchniowych, w konsekwencji powoduje konieczność utylizacji mięśni piersiowych głębokich i zmniejszenie przydatności użytkowej i technologicznej mięśni piersiowych powierzchniowych (Kijowski i Konstanczak, 2009; Kijowski i Kupańska 2013; Nowak i Połowicz, 2014). Petracci i in. (2012) opisują wadę typu złej spójności – poor cohesion – związaną z ubojem bardzo młodych kurcząt i indyków. Jest ona efektem niedojrzałości wewnątrz mięśniowej tkanki łącznej (IMCT – immaturity of intramuscular connective tissue).

Wooden breast jest wadą mięśni piersiowych powierzchniowych, mięsień jest uwypuklony, blady i twardy, z obecnością lepkiego płynu, a w obrazie mikroskopowym włókna mięśniowe są zdegenerowane i częściowo zastąpione tkanką łączną. Defekt ten wiązany jest z szybkim tempem wzrostu masy mięśniowej, jak również niedoborem selenu, witaminy E oraz ze stresem oksydacyjnym (Sihvo i in., 2014). Davies (2016) wskazał na najnowsze badania porównawcze z zakresu DNA tkanek bez i z wadą wooden breast. Stwierdzono, że wśród 11000 tysięcy genów, około 1500 może być związanych z nienaturalnym lub normalnym wyglądem mięśni piersiowych. Wskazano również na możliwość wpływu stresu oksydacyjnego, powodującego wzrost poziomu wolnych rodników oraz wzrost poziomu wapnia w tkankach jako czynników sprzyjających wystąpieniu tej wady. Z jednej strony wpływają one na walory wizualne mięsa, jak również na właściwości fizykochemiczne takie jak: pH, wodochłonność, kruchość, barwa, zdolność wiązania marynaty, zawartość białka. Właściwości fizykochemiczne mięśni piersiowych były przedmiotem wielu badań, ze względu na ich znaczenie w ocenie przydatności technologicznej mięsa (Kuttappan i in., 2012a; Qiao i in., 2002).

Na jakość mięsa kurcząt brojlerów wpływa szereg czynników krótko i długoterminowych. Badania w tym zakresie podejmowało wielu autorów. Przykładowo Le Bihan-Duval i in. (1999) badali wpływ pochodzenia ptaków, Schedle i in. (2006) czas głodzenia kurcząt przed ubojem, a Cavitt i in. (2005) czas schładzania i wielkość tuszek na jakość mięsa.

Żywnienie jest jednym z najważniejszych czynników środowiskowych, wpływających na stan zdrowia oraz rozwój i wzrost organizmów zwierzęcych. Zapotrzebowanie na pierwiastki śladowe takie jak cynk, miedź i mangan nie zostało do końca zdefiniowane aż do dnia dzisiejszego, a żywienie mikroelementowe zwierząt gospodarskich jest bardzo złożonym zagadnieniem (Socha i in., 2010). Cynk, miedź i mangan odgrywają ważną rolę w żywieniu, w związku z ich wpływem na:

- rozwój układu kostnego: mineralizację oraz tkanki łączne (kolagen i keratyna) oraz jego integrację,
- przebieg procesów metabolicznych w związku z faktem, że są one elementami bardzo wielu biorących w nich udział metaloenzymów,

- funkcjonowanie układu odpornościowego,
- budowę i regenerację nabłonków, w tym również skóry i jej wytworów,
- procesy utleniania i redukcji, czyli stres oksydacyjny (Avitech Scientific Bulletin 2002; Dibner 2006; Dibner i Richards 2005; Leeson i Summers 2001; Nuzback i in., 2008; Opsahl i in., 1982; Richards i in., 2008).

Rola oraz efektywny poziom Zn, Cu i Mn w żywieniu zwierząt była i jest przedmiotem wielu badań. Określono ich bezpośredni wpływ na wyniki odchowu i jakość tuszki oraz mięsa jak również pośredni, poprzez zastosowanie tych pierwiastków w żywieniu stad rodzicielskich i ich wpływu na rozwój i wzrost potomstwa. Wykazano, że Zn ma duży wpływ na poziom białka A-20 (czynnik przeciwzapalny), którego obecność jest związana z barierą śluzową jelit cienkich, poprawia morfologię jelit oraz funkcje immunologiczne układu pokarmowego (Li, i in., 2015). W innych badaniach (Gao i in., 2014) wykazany został istotny wpływ wysokiej dawki (50 i 300 ppm) Zn w paszach dla stad rodzicielskich na poziom cynku w żółtku oraz syntezę i degradację białka, rozwój mięśni szkieletowych, w tym uzysk mięśni piersiowych oraz grubość włókien mięśniowych u potomstwa, które po wylęgu żywione było identyczną mieszanką paszową zawierającą 20 ppm Zn. Również Manangi (2013) wykazał, że stada rodzicielskie żywione paszami zawierającymi cynk, miedź i mangan w formie chelatów hydroksy analogu metioniny uzyskały wyższą produkcję jaj wylęgowych, wylęgowość i wyższą ilość piskląt jednodniowych od kur stanu początkowego. Jednocześnie stwierdzono wyższą zawartość tych pierwiastków w żółtku jaj, kości piszczelowej (średnio +4,3%) oraz stwierdzono większą grubość kości udowej i piszczelowej. Buttin (2016) stwierdził, że zastąpienie form nieorganicznych Zn, Cu i Mn (odpowiednio: 100 ppm, 10 ppm, 100 ppm) obniżonymi poziomami tych pierwiastków w formie chelatów (56 ppm, 14 ppm, 56 ppm) w żywieniu stad prarodzicielskich kurcząt brojlerów wpłynęło bezpośrednio na ich wyniki produkcyjne wyrażone ilością wyprodukowanych jaj wylęgowych, poprawą wylęgowości, obniżeniem wskaźnika wykorzystania paszy na jajo wylęgowe oraz wpłynęło na poziom Zn w kościach piszczelowych, a także ogólną zawartość popiołu u piskląt jednodniowych.

Yuan i in. (2011) zastosowali Zn i Mn dla kurcząt brojlerów w formie siarczanów, odpowiednio 100 i 120 ppm w porównaniu z 70,0, 44,8 i 33,6 ppm Zn oraz 84,0, 67,2 i 50,4 ppm Mn dawką tych minerałów w formie chelatów hydroksy analogu metioniny. Stwierdzono, że w grupie otrzymującej 80,0 ppm Zn i 84,0 ppm Mn istotnie wyższy średni przyrost dzienny oraz niższy poziom tych pierwiastków w odchodach, przy równoczesnym braku wpływu na poziom mRNA białka transportowego. W grupie otrzymującej 44,8 ppm Zn i 67,2 ppm Mn zaobserwowano niższą aktywność fosfatazy zasadowej, jednak nie wykazano różnic w uzyskanych wynikach produkcyjnych, poziomie mRNA białka transportowego oraz mineralizacji kości w porównaniu do grupy

kontrolnej. W grupie tej spadek poziomu Zn i Mn w odchodach wyniósł odpowiednio 33,8% i 30,1%. W grupie otrzymującą paszę zawierającą 33,6 ppm Zn i 50,4 ppm Mn istotnie obniżeniu uległa dynamika przyrostu masy ciała, aktywność fosfatazy zasadowej oraz ekspresja mRNA białka transportowego, wzrosła śmiertelność kurcząt w porównaniu do grupy otrzymującej Zn i Mn w formie siarczanu.

Zastosowanie w bilansie pierwiastków śladowych takich jak Zn, Cu i Mn w żywieniu zwierząt mają zarówno formy nieorganiczne – tlenki lub sole – jak i formy organiczne takie jak: chelaty, proteiniany, kompleks polisacharydowy, kompleks aminokwasowy. Z formą zastosowanych mikroelementów wiąże się ich biodostępność na poziomie komórkowym i możliwość wykorzystania ich w procesach metabolicznych. W wielu badaniach została ona porównana w sposób bezpośredni z wykorzystaniem różnych metod badawczych takich jak: odkładanie się np. Zn w kościach piszczelowych kurcząt czy też na podstawie poziomu mRNA białka transportowego metalotioniny (MT) w śluzie jelit cienkich (jelito czcze) w przypadku Zn. Stwierdzono, że chelat Zn hydroksy analogu metioniny wykazuje wyższą biodostępność niż ZnO, ZnSO₄ czy też Zn w formie kompleksu aminokwasowego (Richards i in., 2007; Richards i in., 2010e; Richards i in., 2010b). Inne badanie różnych źródeł Zn wykazały wyższą biodostępność tego pierwiastka w formie chelatu hydroksy analogu metioniny w stosunku do metioniniantu i siarczanu na podstawie poziomu pierwiastka w kościach piszczelowych oraz na podstawie poziomu mRNA w śluzie jelit cienkich w porównaniu do siarczanu, proteinintu i kompleksu aminokwasowego (Parker, 2009; Richards, 2010c). Manangi i in. (2009) wykazali, że zmniejszenie poziomu Zn w formie siarczanu ze 100 ppm do 20 ppm w formie chelatu hydroksy analogu metioniny w paszy dla brojlerów nie spowodowało pogorszenia wyników produkcyjnych odchowu: przyrostu masy ciała i wskaźnika konwersji paszy.

Natomiast Burrell i in. (2004) stwierdzili, że zastąpienie siarczanu cynku przez formę organiczną tego pierwiastka (specyficzny kompleks aminokwasowy), u kurcząt brojlerów do 45 dnia odchowu, spowodowało poprawę wskaźnika wykorzystania paszy, jednak bez zmian w uzyskanej masie ciała. Star i in. (2012) porównali efektywność różnych poziomów cynku w formie organicznej (kompleks aminokwasowy): 5., 10. i 15. ppm do formy siarczanowej: 5., 10., 15., 20. i 40. ppm. Nie stwierdzili różnic w uzyskanych masach ciała czy też wykorzystaniu paszy, natomiast forma organiczna okazała się wykazywać wyższą biodostępnością, ocenianą na podstawie zawartości cynku w kości piszczelowej w relacji 1,64 : 1,00. Doświadczenie z zastosowaniem różnych poziomów i źródeł miedzi w żywieniu kogutów do 16 tygodnia z życia przeprowadzili Adegbenjo i in. (2014). Miedź w formie siarczanu i proteiniantu była dodana do paszy na poziomach 0., 50. i 100. ppm. Stwierdzono wyższy poziom Zn w surowicy w grupie z formą organiczną (OTM) w stosunku do nieorganicznej (ITM), przy niższym pobraniu miedzi

z paszą. Istotnie wyższa była również koncentracja Cu w wątrobie, sercu i kości piszczelowej u ptaków otrzymujących proteiniant w porównaniu do siarczanu, przy czym najwyższe wartości uzyskane zostały w grupie z najwyższym poziomem miedzi.

Bao i in. (2010) wykonali kilka testów, obserwując interakcję między pierwiastkami: Cu, Fe, Mn i Zn zastosowanymi w paszach dla kurcząt w formie organicznej i nieorganicznej. Uzyskane przez autorów wyniki wskazują na cynk jako pierwszy limitujący pierwiastek wpływający na wyniki odchowu kurcząt.

Z kolei Gonzales-Esquerria i in. (2016) przeprowadzili eksperyment z zastosowaniem wzrastających dawek cynku w formie chelatu hydroksy analogu metioniny w przedziale 0 – 96 ppm, gradując po 16 ppm. Stwierdzili, że masa ciała i przeżywalność oraz FCR ulegały istotnej statystycznie poprawie w zakresie stosowanych dawek liniowo. Oceniane były także parametry poubojowe, takie jak wydajność rzeźna, zawartość mięśni piersiowych i mięśni nóg, które ulegały poprawie liniowo wraz ze wzrostem poziomu Zn. Natomiast oceniając cechy jakościowe stwierdzili, że poziom pierwiastka nie miał wpływu na występowanie defektów mięśni piersiowych takich jak: białe włókna (WS) czy też zdrewniały mięsień (WB) ani na pH mięśni piersiowych. Poziom tego pierwiastka nie miał też wpływu na stopień uszkodzenia podszew stóp (FPD).

Ao i in. (2009) ocenili efektywność cynku i miedzi w formie organicznej (proteiniant) w porównaniu do siarczanów i kontroli negatywnej (bez dodatku tych pierwiastków). Wykazali korzystny wpływ formy organicznej Zn na masę ciała, pobranie paszy i jej wykorzystanie. FCR dla grupy otrzymującej Zn i Cu w formie nieorganicznej był gorszy od wskaźnika wykorzystania paszy ptaków żywionych paszami zawierającymi organiczną formę cynku. Dodatek Zn spowodował wzrost jego koncentracji w kościach piszczelowych, jednak w istotnie większym stopniu w przypadku formy organicznej. Również ocenie poddano poziom Zn i Cu w śluzie jelit na poziomie dwunastnicy, wykazując wyższą ich zawartość u kurcząt otrzymujących formę organiczną tych pierwiastków w porównaniu do grupy kontrolnej.

Yan i Waldroup (2006) przeprowadzili badania efektywności różnych źródeł manganu na wyniki odchowu oraz zawartość popiołu i Mn w kości piszczelowej kurcząt. Zastosowano dawki: 0, 100, 200, 400, 600 i 800 mg/kg manganu w formie tlenkowej, siarczanowej i chelatu hydroksy analogu metioniny. Zarówno forma, jak i poziom zastosowanego pierwiastka nie miały wpływu na wyniki odchowu oraz poziom popiołu. Stwierdzono, że poziom Mn w kościach piszczelowych w grupie żywionej paszami z dodatkiem chelatu był o 15,81% wyższy niż w grupie, w której pasze zawierały siarczan manganu oraz 53,89% tlenek manganu, potwierdzając tym samym wyższą biodostępność formy organicznej.

Korzystny wpływ na wyniki odchowu oraz zewnętrzną jakość tuszki: FPD (foot pad dermatitis – uszkodzenia podszew stóp) i zadrapania na skórze, wydajność rzeźną oraz wytrzymałość mechaniczną jelit cienkich wykazali

Gonzales-Esquerra i in. (2015) w przypadku zastosowania w paszy Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny porównaniu z wyższymi poziomami tych pierwiastków w formie nieorganicznej. Inne badania (Ao i Pierce, 2013; Pierce i in., 2009) również wskazały na wyższą biodostępność form organicznych niż form nieorganicznych. Richards i in. (2010d) porównali efektywność zastosowania różnych form cynku: siarczanu, kompleksu aminokwasowego i chelatu hydroksy analogu metioniny, użytych „on top” z siarczanem, w ilości: $ZnSO_4$ – 70 ppm jako dawka podstawowa oraz dodatek 35 ppm w formie organicznej. Wykazano także pozytywną reakcję układu odpornościowego na szczepienie przeciwko kokcydiozie, istotnie wyższe w przypadku grupy z dodatkową ilością cynku w formie chelatu w stosunku do pozostałych grup.

Porównanie efektywności formy siarczanów (ITM – grupa kontrolna) z organiczną (kompleks aminokwasowy – OTM) Mn, Zn, Fe i Cu przeprowadzili Nollet i in. (2007). Poziom pierwiastków w formie ITM wynosił odpowiednio: 70., 37., 45. i 12 ppm, natomiast w OTM: 10., 10., 10. i 2,5. ppm. W tym doświadczeniu nie stwierdzono różnic w uzyskanych wynikach odchowu między grupami, jednocześnie istotnie niższa okazała się zawartość pierwiastków w odchodach: Mn 46%, Zn 63%, Fe 73% i Cu 55% w stosunku do grupy kontrolnej.

Formy organiczne pierwiastków oceniano na poziomie produkcji towarowej praktycznie we wszystkich gatunkach i grupach użytkowych zwierząt gospodarskich. Torres i Korver (2011) stwierdzili, że niższy poziom Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny w porównaniu z formami nieorganicznymi zastosowanymi w żywieniu stad rodzicielskich kur powodowały w trakcie rozwoju embrionalnego wydłużenie kości udowej, a z grupy żywionej wysokimi dawkami formy nieorganicznej z dodatkową ilością chelatu również pogrubienie tych kości. Zastosowanie chelatów Zn, Cu i Mn w żywieniu stad rodzicielskich kurcząt brojlerów wpływa również na efekty odchowu potomstwa. Zastąpienie nieorganicznych form Zn, Cu i Mn przez chelaty hydroksy analogu metioniny w paszach dla wspomnianej powyżej grupy ptaków poprawia ochronę oksydacyjną, retencję składników pokarmowych w jajach oraz korzystnie wpływa na tempo wzrostu potomstwa (Sun i in., 2012a).

Znaczenie Zn i Mn oraz przewaga formy organicznej nad nieorganiczną została również potwierdzona w badaniach Dibner (2005) prowadzonych na stadach rodzicielskich i potomstwie indyków. W testach tych wykazano, że zastosowanie metioninianu Zn w stosunku do ZnO spowodowało wzrost masy grasicy i torby Fabrycjusza u piskląt oraz suchej masy i zawartości Zn w kości piszczelowej. Dodatkowo zaobserwowano wzrost odporności komórkowej, lepszą odpowiedź immunologiczną na szczepienie przeciwko kokcydiozie oraz poprawę wyników odchowu (wskaźnika wykorzystania paszy i indeksu produktywności). Favero i in. (2013) stosując częściową suplementację lub też wprowadzając „on top” formę organiczną Zn, Cu i Mn w żywieniu stad

rodzicielskich, wykazali jej korzystny wpływ na proces kalcyfikacji kości piszczelowej u potomstwa.

Chelaty Zn, Cu i Mn hydroksy analogu metioniny zastosowane w żywieniu kur niosek jaj konsumpcyjnych spowodowały wzrost grubości skorupy jaj (grupa Zn i Mn), wzrost koncentracji Cu w wątrobie (grupa Cu) i zawartość Zn w żółtku jaj (grupa Zn). Stwierdzono również w grupach żywionych paszami z dodatkiem chelatów istotny wzrost jednostek Haugh'a (Sun i in., 2012b).

Cynk, miedź i mangan zostały zastosowane w żywieniu stad rodzicielskich kur mięsnych odpowiednio: nieorganiczne Zn : Cu : Mn 102 ppm, 10 ppm, 120 ppm i chelaty na zredukowanym poziomie odpowiednio 32 ppm, 8 ppm 32 ppm. U potomstwa zostały oceniane podstawowe parametry produkcyjne, jak również grubość skóry właściwej stóp. Wykazano, że nastąpił wzrost grubości skóry w grupie żywionej paszami zawierającymi chelaty, co dowodzi wyższej biodostępności formy organicznej (Da Costa i in., 2016). Również Świątkiewicz i in. (2017) wśród wielu czynników żywieniowych wpływających na jakość ściółki a w konsekwencji na stan podszew stóp, wymienia biotyńę oraz cynk, szczególnie w formie organicznej.

Badania przeprowadzone przez Kwiecień i in. (2016) wykazały korzystny wpływ chelatu cynkowego na nośniku glicynowym na masę ciała kurcząt, zawartość mięśni piersiowych, ud i podudzi w tuszkach, a także wyższą wytrzymałość mechaniczną kości udowej i piszczelowej, co wiązało się na zwiększone odkładanie wapnia i fosforu. Z kolei Kwiatkowska i in. (2016) przeprowadzili badania z zastosowaniem miedzi w formie chelatu glicynowego jako częściowa (25% i 50%) lub pełna (100 %) substytucja formy nieorganicznej – siarczanu miedzi. Wykazali wzrost obwodu kości piszczelowej przy 25 i 50% zastąpienia formy siarczanowej przez chelat a przy pełnej substytucji uzyskana została najwyższa koncentracja wapnia w kościach. Stwierdzona została również tendencja do zwiększenia niektórych parametrów korowych i wytrzymałościowych kości: wskaźnik korowy, wskaźnik powierzchni korowej, maksymalnej siły sprężania, wielkość odkształcenia, sztywności i indeksu gęstości kości.

Podobnie u kurcząt brojlerów wykazana została wyższość form organicznych Zn, Cu i Mn – chelatów hydroksy analogu metioniny – zarówno na wyniki odchowu, jak również na ocenę jakości zewnętrznej tuszek, w tym również FPD i wyniki poubojowe: wydajność rzeźną i udział mięśni piersiowych (Zhao i in., 2010). Budnik (2016) na podstawie przeprowadzonej obserwacji terenowej wykazał wyższość zmniejszonej ilości Zn, Cu i Mn w formie chelatu hydroksy analogu metioniny zastosowanej w ilości około 50% form nieorganicznych – odpowiednio: 50 : 10 : 50 ppm w porównaniu do 120-105 : 20-16 i 105-84 ppm. Kurczęta żywione paszą zawierającą chelaty uzyskały lepszą ocenę jakości tuszki wyrażoną odsetkiem sztuk z przebarwieniem na piersi oraz lepszą oceną FPD: grupa kontrolna uzyskała 150 pkt., natomiast grupa testowa 95,5 pkt. ocenionych w zakładzie ubojowym

wg oficjalnie przyjętych kryteriów i metodyki. W ubojni została również oceniona wydajność rzeźna, która dla skorygowanej masy ciała równej dla obu grup uległa poprawie w grupie testowej o 0,72% z 72,79% w grupie kontrolnej i 73,51% w grupie kurcząt żywionych paszami z zastosowaniem chelatów. Jednocześnie bardzo istotną kwestią w przypadku stosowania form organicznych, szczególnie w produkcji pasz przez komercyjnych oferentów, bardzo ważną kwestią jest zastosowany nośnik (ligand) w cząsteczce mineralno-organicznej. W przypadku chelatów hydroksy analogu metioniny jest nim prekursor amniokwasu metioniny, o wykazanej pełnej wartości dostępnej metioniny (Yi. i in., 2007). Dlatego też metionina pochodząca z tego typu chelatów musi być uwzględniona w bilansie aminokwasów, podczas optymalizacji mieszanek paszowych.

Coraz większego znaczenia w produkcji zwierzęcej nabiera dobrostan, w przypadku drobiu w jego ocenie jest wykorzystywana metoda kontroli stopnia uszkodzeń podeszew stóp – FPD (food pad dermatitis). Wpływ wielu różnych czynników na stan podeszew stóp w obserwacjach terenowych, w warunkach produkcyjnych w stadach kurcząt i indyków stwierdzili Martrenchar i in. (2002). Wśród nich wymieniono: wyposażenie fermy, materiał i zarządzanie ściółką oraz obsadę. Obecnie ocena taka dokonywana jest w Polsce w ubojniach drobiu, na podstawie dokumentu "Kontrola dobrostanu brojlerów w gospodarstwie na podstawie badania poubojowego" dla każdej partii drobiu, wydane przez Głównego Lekarza Weterynarii z dnia 13 kwietnia 2015 roku, w nawiązaniu do Council Directive 2007/43/EC.

Zastosowanie form organicznych w tym w szczególności chelatów dzięki wyższej biodostępności stwarza również możliwość obniżenia poziomów mikroelementów w mieszankach paszowych. Jednocześnie nie powoduje powstania ryzyka pogorszenia statusu zdrowotnego czy też wyników odchowu, stwarzając możliwość zmniejszenia emisji metali ciężkich (Zn, Cu i Mn) do środowiska naturalnego (Ao i Pirce, 2013; Leeson i Caston, 2008; Scheideler, 2008; Star, 2015; Świątkiewicz i in., 2014; Zhao i in., 2010). Dodatkowo w doświadczeniu przeprowadzonym przez Manangi i in. (2010) zastosowali znacząco obniżone poziomy Zn, Cu i Mn w formie chelatów w stosunku do form nieorganicznych – odpowiednio: 32, 8, 32 ppm oraz 100, 125 i 90 ppm uzyskując takie same wyniki produkcyjne dla obu grup. Natomiast w grupie, której stosowane były formy organiczne pierwiastków, uzyskano więcej łap ocenionych na 1 i 2 punkty (w skali 1 – 3 punktów) oraz stwierdzono niższy poziom mikroelementów w ściółce: Zn o 40%, Cu o 74% oraz Mn o 35%. Tendencja do ograniczania negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne widoczna jest również w regulacjach Komisji Europejskiej co do maksymalnych poziomów Zn, Cu i Mn w paszach. Można się spodziewać, że obowiązujące obecnie limity odpowiednio dla tych pierwiastków na poziomie odpowiednio: 150, 25 i 150 ppm będą w przyszłości obniżone. W przypadku cynku zgodnie z Rozporządzeniem Wykonawczym

Komisji (UE) 2016/1095 w przypadku drobiu do 120 ppm, na poziomie mieszanek paszowych nie później niż od 27 lipca 2017.

Biorąc powyższe pod uwagę, wydaje się być uzasadnionym podjęcie badań z zakresu możliwości zastosowania różnych form mikroelementów w żywieniu kurcząt rzeźnych i możliwość ich wykorzystania w optymalizacji produkcji z uwzględnieniem jakości pozyskiwanych surowców.

Celem badań było porównanie wpływu zmniejszonych poziomów Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny oraz standardowych poziomów tych pierwiastków w formie nieorganicznej na wyniki produkcyjne uzyskane przez kurczęta brojlery: końcowa masa ciała, pobranie paszy, wskaźnik wykorzystania paszy i śmiertelność, a także na wybrane cechy ilościowe i jakościowe tuszek kurcząt: wydajność rzeźna i udział mięśni piersiowych, mięśni nóg, poziomu otłuszczenia, udziału skrzydeł, szyi, stopnia uszkodzenia główek kości udowych piszczelowych, składu chemicznego mięśni piersiowych oraz uszkodzenia podszew stóp – FPD i oparzeń stawów skokowych.

2. MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w Polsce i we Włoszech w dwóch niezależnych doświadczeniach. Materiał doświadczalny stanowiły kureczęta Ross 308. Czynnikiem doświadczalnym były organiczne formy metali wprowadzone do pasz w formie chelatów hydroksy analogu metioniny, których skład przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość metali i metioniny w chelatach hydroksy analogu metioniny

| Wyszczególnienie | Zawartość metalu g/kg | Zawartość metioniny g/kg |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Chelat cynku | 175 | 810 |
| Chelat miedzi | 180 | 800 |
| Chelat manganu | 155 | 770 |

2.1. DOŚWIADCZENIE 1

Doświadczenie przeprowadzono na fermie testowej należącej do jednej z firm paszowych w Polsce, w kojcach podłogowych, rozmieszczonych w standardowym budynku produkcyjnym. Materiał badawczy stanowiło 300 seksowanych samców, przydzielonych losowo do 3 grup doświadczalnych, po 10 powtórzeń w każdej. Obsada ptaków wynosiła 11,4 szt./m². Standardy utrzymania oraz zarządzania stadem były zgodne z instrukcją technologiczną stada Aviagen, Ross 308 Manual Guide (2012). Odchów ptaków trwał 40 dni. Brojlery z grupy I otrzymywały mieszanki z dodatkiem nieorganicznych form pierwiastków, z grupy II mieszanki zawierające pierwiastki w formie chelatu hydroksy analogu metioniny – wysoki poziom, z grupy III i II mieszanki zawierające pierwiastki w formie chelatu hydroksy analogu metioniny – niski poziom. Układ doświadczenia oraz poziomy pierwiastków przedstawiono w tabeli 2. Ptaki były żywione *ad libitum* ze stałym dostępem do wody. Skład mieszanek paszowych zestawiono w tabeli 3, a kalkulowane wartości składników pokarmowych zestawiono w tabeli 4.

W czasie odchowu ptaki z każdej grupy zostały zważone w 1., 11., 21., 35. i 40. dniu życia. Pozwoliło to na określenie przyrostów masy ciała. Na bieżąco kontrolowano ilość podawanej paszy i niewyjedzonych resztek oraz rejestrowano padnięcia i brakowania zdrowotne, co umożliwiło obliczenie spożycia paszy przez jedną sztukę oraz obliczenie wskaźnika wykorzystania paszy na 1 kg masy ciała. Po zakończeniu odchowu uzyskane wyniki: masa

ciała (kg), wskaźnik wykorzystania paszy - FCR (kg/kg), wiek w momencie uboju (dni) oraz przeżywalność (%) zostały wykorzystane do obliczenia Europejskiego Wskaźnika Wydajności – EWW wg wzoru:

$$\text{EWW} = \frac{\text{masa ciała (kg)} \times \text{przeżywalność (\%)}}{\text{wskaźnik wykorzystania paszy (kg/kg)} \times \text{wiek (dni)}} \times 100 \text{ (pkt.)}$$

W 40 dniu odchowu wybrano po 10 ptaków o masie ciała zbliżonej do średniej w każdej grupie. Ptaki te ubito w ubojni drobiu MasDrob. W trakcie uboju dokonano oceny stopnia uszkodzenia podszew stóp kurcząt (FPD – Foot Pad Dermatitis), według skali: 0 – brak uszkodzeń, 1 – uszkodzenia niewielkie, powierzchniowe, 2 – uszkodzenia poważne, wgłębne (rycina 1). Na podstawie uzyskanych wyników oceny obliczono wskaźnik PD, który jest wykorzystywany jako jeden z parametrów oceny poziomu dobrostanu zwierząt. Obliczany jest on w oparciu o ocenę 3-punktową 100 łap w trakcie uboju kurcząt w rzeźni wg następującego wzoru zaproponowanego przez Komisję Europejską (EU COM 221, 2005):

$$\text{TP} = ((\text{ilość łap z oceną } 0 \times 0) + (\text{ilość łap z oceną } 1 \times 0.5) + (\text{ilość łap z oceną } 2 \times 2)) / 100$$

Po uboju tuszki kurcząt zostały poddane szczegółowej ocenie dysekcyjnej według metody Zioleckiego i Doruchowskiego (1989). Ocena dysekcyjna oraz pozostałe analizy jakościowe wykonano w Zakładzie Hodowli Drobiu UTP w Bydgoszczy.

Tuszki kurcząt zostały wypatroszone, a następnie zważone za pomocą wagi Radwag WPS z dokładnością do 0,1 g. Wykonano również pomiar zakwaszenia mięśni piersiowych pH₁₅ przy pomocy pH-metru PH MASTER firmy Dramiński, wyposażonego w elektrodę sztyletową do mięsa typu ESAgP. Elektrodę umieszczano pod kątem 45° w połowie grubości badanych mięśni, a uzyskane wartości pH odczytywano z wyświetlacza ciekłokrystalicznego z dokładnością do 0.01. Przed dysekcją po około 24-godzinnym schłodzeniu tuszek ponownie zostało zmierzone pH mięśni piersiowych. Następnie ze schłodzonych tuszek wyodrębniono: szyję bez skóry, skórę z szyi, skrzydła, skórę z tłuszczem podskórnym z całej tuszki, mięśnie piersiowe, mięśnie nóg, tłuszcz sadełkowy i pozostałą część tuszki. Pozwoliło to na obliczenie procentowych udziałów poszczególnych elementów w masie tuszki. Po zakończeniu dysekcji mięśnie piersiowe oceniono pod względem barwy. Oznaczenie barwy mięśni w świetle odbitym, wykonano za pomocą kolorymetru CR 410 firmy MINOLTA, w układzie barw L*, a*, b* (L* – zmienna jasności, a* – zmienna barwy czerwonej, b* – zmienna barwy żółtej). W celu oznaczenia wodochłonności, mięśnie piersiowe i nóg oddzielnie rozdrobniono używając elektrycznej maszynki do mielenia mięsa firmy

ZELMER. Wodochłonność (wyciek) mięśni piersiowych określono zmodyfikowaną metodą Grau'a i Hamm'a (1952). Próbkę mięśni ważącą około 280 do 320 mg umieszczano na sączku z bibuły Witmanna między dwoma szklanymi płytkami, obciążonymi 2 kg odważnikiem przez 5 minut. Zważenie próbki po upływie 5 minut pozwoliło na obliczenie wodochłonności wyrażonej w procentach, z proporcji masy próbki po wyciśnięciu do jej masy przed wyciśnięciem (mg). Dodatkowo wyodrębniono fragmenty jelita cienkiego (jelito czcze) skóry z piersi oraz kości podudzia i uda przeznaczone do oceny wytrzymałości mechanicznej, którą wykonano z wykorzystaniem urządzenia INSTRON 3345.

Właściwości wytrzymałościowe kości udowych – średnie obciążenie przy pęknięciu (N) oznaczono za pomocą aparatu INSTRON 3345. W tym celu zastosowano oprogramowanie Bluehill symulujące obciążenie kości z przystawką BEND FIXTURE 10 mm ANVIL. Każdorazowo odmrożoną próbkę umieszczano między strzemiionami przystawki, a następnie programowo obciążano.

Właściwości wytrzymałościowe skóry z piersi – maksymalną siłę przy zerwaniu (N) oznaczono za pomocą aparatu INSTRON 3345. W tym celu zastosowano oprogramowanie Bluehill symulujące obciążenie skóry z przystawką PNEUMATIC GRIP 2KN. Każdorazowo odmrożoną próbkę skóry z części piersiowej standaryzowano, przez wyznaczenie odcinka wzdłuż grzebienia mostka o długości 12 cm i 2 cm symetrycznie na bok prawy oraz lewy od grzebienia mostka, a następnie umieszczano między zaciskami przystawki PNEUMATIC GRIP i programowo rozciągano.

Właściwości wytrzymałościowe jelita czczego – maksymalną siłę przy pęknięciu (N) oznaczono za pomocą aparatu INSTRON 3345. W tym celu zastosowano oprogramowanie Bluehill symulujące obciążenie jelit z przystawką PNEUMATIC GRIP 2KN. Każdorazowo odmrożoną próbkę jelita czczego standaryzowano, przez wyznaczenie odcinka w połowie jego długości, a następnie umieszczano między zaciskami przystawki PNEUMATIC GRIP i programowo rozciągano.

Zebrane dane liczbowe zostały poddane analizie statystycznej obliczając miary położenia badanych cech, a istotności różnicy między grupami wyznaczono testem Dunkana. Dane były analizowane jako całkowicie losowe przez GLM. Istotność statystyczną zadeklarowano przy poziomie $P \leq 0,05$.

2.2. DOŚWIADCZENIE 2

Doświadczenie przeprowadzono w stacji testowej należącej do Grupy Amadori we współpracy z Uniwersytetem w Bolonii we Włoszech. Materiał badawczy stanowiło 3 600 seksowanych samców, przydzielonych losowo do 4 grup doświadczalnych, podzielonych na 36 powtórzeń, po 9 w każdej grupie. Obsada ptaków wynosiła 16,7 sztuk / m², co odpowiadało 28 kg żywca na 1 m² w 31. dniu oraz 37 kg na 1 m² w 51. dniu odchowu. Brojlery z grupy I otrzymywały mieszanki z wysokim poziomem cynku, miedzi i manganu w formie organicznej, z grupy II z niskim poziomem cynku, miedzi i manganu w formie organicznej, z grupy III z wysokim poziomem cynku, miedzi i manganu w formie nieorganicznej, z grupy IV z niskim poziomem cynku, miedzi i manganu w formie nieorganicznej. Układ doświadczenia oraz poziom badanych pierwiastków w poszczególnych grupach zestawiono w tabeli 12. Ptaki były żywione mieszankami paszowymi w formie sypkiej *ad libitum*, ze stałym dostępem do wody. Skład mieszanek paszowych zestawiono w tabeli 13, a kalkulowane zawartości składników pokarmowych pasz w tabeli 14.

W trakcie odchowu ptaki z każdej grupy zważono w 1., 14., 28., 31. i 51. dniu odchowu, co umożliwiło obliczenie średnich masy ciała i dziennego przyrostu masy ciała. Na bieżąco kontrolowano ilość podawanej paszy i niewyjedzonych resztek oraz rejestrowano padnięcia i brakowania zdrowotne, co umożliwiło obliczenie spożycia paszy na sztukę, jak również wskaźnika wykorzystania paszy na 1 kg masy ciała oraz EWW tak jak w doświadczeniu 1. W 31. dni życia, w momencie osiągnięcia przez ptaki we wszystkich grupach średniej masy ciała wynoszącej około 1,7 kg oraz w 51. dniu odchowu 3,9 kg. W 50. dniu życia z każdego powtórzenia wybrano i oznaczono mikro chipem podskórnym 1 sztukę poruszającą się prawidłowo oraz 2 sztuki ze średnim nasileniem kłopotów motorycznych. Od każdego ptaka z grupy po uboju prawą kość udową wraz z główką przeznaczono do oceny wg następującej klasyfikacji: 0 – normalna, 1 – oddzielona główka kości udowej, 2 – zwyrodnienie przejściowe główki kości udowej, 3 – nekroza główki kości udowej. Kość piszczelowa była oceniana wg następującej klasyfikacji: 0 – normalna, 1 – nekroza główki kości piszczelowej, 2 – poważna nekroza główki kości piszczelowej, 3 – serowaciejąca i poważna nekroza główki kości piszczelowej.

W trakcie uboju w 51. dniu odchowu dla wszystkich kurcząt została oceniona wydajność rzeźna zgodnie ze standardem obowiązującym w ubojni, jak również wykonana ocena zewnętrznej jakości tuszek, która obejmowała następujące defekty: skóry takie jak: FPD – uszkodzenia podeszew stóp, odparzenia stawie skokowym (ocenę taką wykonano również w 31. dniu odchowu), pęcherze na piersiach, zdrapania), złamania kości. FPD zostało ocenione na podstawie 1 łapy od każdego ubitego ptaka, wg następującej klasyfikacji: 0 – brak uszkodzeń, 1 – niewielkie uszkodzenia (poniżej 0,8 mm), 2 – poważna uszkodzenia (powyżej 0,8 mm). Na podstawie uzyskanych

wyników obliczono wskaźnik TP. Odparzenia stawu skokowego oceniono równolegle do FPD wg następujących kryteriów: 0 – brak odparzeń, 1 – powierzchniowe, umiarkowane odparzenia, 2 – poważne odparzenia (rycina 13). W zestawieniu wyników uwzględniono procentowy udział stawów skokowych z odparzeniami (ocena 1 i 2) w ogólnej liczbie ocenianych łap, przeprowadzoną zgodnie z kryteriami przedstawionymi na rycinie 14. Uboju dokonano w ubojni należącej do Grupy Amadori.

Jednocześnie z ubitych kurcząt w 51. dniu odchowu po schłodzeniu z każdej grupy wybrano 27 tuszek (z każdego powtórzenia 3 tuszki) o masie ciała zbliżonej do średniej. Zostały one pocięte i pobrano z nich 18 prób mięśnia piersiowego powierzchniowego (*P. major*). Próby te poddano ocenie pod kątem wystąpienia: choroby Oregano (syndrom zielonego mięśnia), białych włókien (white stripping) i przypadków PSE. Wszystkie analizy wykonano w Departament of Agriculture and Food Science, Alma Mater Studiorum, Uniwersytet w Bolonii we Włoszech.

Barwę mięśni określano za pomocą kolorymetru Chroma Meter CR 400 firmy Minolta w układzie (L*, a*, b*), tak jak w doświadczeniu 1. Pomiar pH mięsa piersi został wykonany zgodnie ze zmodyfikowaną metodą opisaną przez Jeacocke (1977). Około 2,5 g próbki pobranej z górnej części mięśnia piersiowego po zmieleniu ręcznym, zostały homogenizowane w roztworze 25 ml 5mM jodooctanu z 150 mM chlorku potasu przez 30 sekund. Uzyskany homogenat został poddany oznaczeniu kwasowości przy użyciu pH-metru Criston Basic 201, Criston Strumenti S.p.A., Capri, Włochy, kalibrowanego w pH 4,0 i 7,0.

Skład chemiczny mięsa – zawartości wody, białka, popiołu i tłuszczu określono poprzez ocenę próbek mięśnia piersiowego powierzchownego wykonaną w trzech powtórzeniach, zgodnie z oficjalną metodyką AOAC (1990). Zawartość wody oceniono na podstawie dokładnie odmierzonych próbek 5 g mięsa, które następnie zostały umieszczone w piecu konwekcyjnym w temperaturze 100 - 102°C przez 16 godzin, po czym zważonych ponownie. Białko surowe oceniono wykorzystując metodę Kjeldala, wykorzystując urządzenie Automatic Distillator Vapodest 33 – Soxtherm Automatic – Kjeldatherm Digestion System, firmy Gaerhard, Bonn, Niemcy. Tłuszcz śródmięśniowy oszacowano poprzez ekstrakcję eterem naftowym, wykorzystując metodę Soxhleta (Soxtec 1045 extraction unit, firmy Tecator). Poziom popiołu określono poprzez spalenie próbek mięśni w temperaturze 525°C. Dodatkowo oceniony został poziom kolagenu (hydroxyl proline as a measure), wykorzystując metodę kolorymetryczną, zaproponowaną przez Kolar (1990).

Próbki mięśni piersiowych z przedniej jego części o wymiarach 8 cm x 4 cm x 3 cm o masie około 70 g przeznaczono do oceny strat wody w surowym, jak również gotowanym mięsie. Próbki te zostały umieszczone w plastikowych pudełkach, a następnie w lodówce w temperaturze 2 – 4°C. Po 48 godzinach próbki te zostały ponownie zważone i na podstawie różnicy

masy przed i po przechowywaniu określono straty wody. Następnie próbki te po zapakowaniu w woreczki próżniowe zostały poddane gotowaniu w temperaturze 80°C przez 45 minut, tak aby temperatura mięsa osiągnęła 80°C zgodnie z procedurą opisaną przez Petracci i Baeza (2011). Po gotowaniu próbki mięsa po wyjęciu z woreczków zostały ponownie przeważone w celu określenia strat wody podczas gotowania. Po schłodzeniu w lodówce przez 2 godziny, wykrojono kawałki mięsa o wymiarach 2 x 4 x 1 cm z każdej gotowanej próbki równolegle do przebiegu włókien mięśniowych. Próbki te zostały poddane cięciu równolegle do przebiegu włókien przy wykorzystaniu analizatora tekstury TA.HDi Heavy Duty firmy Stable Micro Systems Ltd., wyposażonego w ścinarkę Allo-Kramer, zgodnie z procedurą opisaną przez Sams i in. (1990). Wartość siły ścinania wyrażono w kg siły ścinania na g próbki.

Próbki mięśnia piersiowego ze środkowej brzusznej jego części o wymiarach 8 x 4 x 2 cm o masie około 50 g przeznaczono do chłonięcia marynaty, oceny strat podczas przedmuchiwania, strat podczas gotowania, wydajności i siły ścinania (Allo-Kramer). Próbki po indywidualnym oznaczeniu zostały poddane marynowaniu przy wykorzystaniu urządzenia próżniowego MGH-20 firmy Vakona Lienen. Zastosowano roztwory: 2,3% trójfosforanu sodowego i 7,6 % soli kuchennej w ilości po 15% w stosunku do masy próbki mięsa. Mięso wraz z dodanymi roztworami zostało umieszczone w urządzeniu MGH-20 i poddane mieszaniu w warunkach próżni (ciśnienie -0,95 Bara) przez 46 minut. Szybkość obrotowa bębna wynosiła 20 obrotów/minutę w układzie 3 cykli pracy: mieszanie przez 13:20 minuty i przerwa 3:00 minuty. Celem końcowym procesu marynowania było osiągnięcie stężenia w mięsie chlorku sodu na poziomie 1,0% i tri fosforanu sodu na poziomie 0,3%. Próbki mięsa po zakończonym procesie marynowania zostały natychmiast przeważone w celu pomiaru ilości wchłoniętych marynat, a następnie włożone do pudełek plastikowych i umieszczone w lodówce w temperaturze +2 - 4°C na 48 godzin, po tym czasie próbki zostały ponownie zważone, próżniowo zapakowane do woreczków foliowych i poddane gotowaniu w kąpieli wodnej o temperaturze 80°C przez 24 minuty aż do osiągnięcia 80°C wewnątrz gotowanego mięsa. Próbki mięsa zostały ponownie przeważone w celu określenia strat podczas gotowania oraz wydajności w stosunku do masy próbek mięsa przed rozpoczęciem procesu marynowania. Po schłodzeniu w lodówce przez 2 godziny, wykrojono kawałki mięsa o wymiarach 2 x 4 x 1 cm z każdej gotowanej próbki równolegle do przebiegu włókien mięśniowych. Próbki te zostały poddane cięciu równolegle do przebiegu włókien przy wykorzystaniu analizatora tekstury TA.HDi Heavy Duty firmy Stable Micro Systems Ltd., wyposażonego w ścinarkę Allo-Kramer, zgodnie z procedurą opisaną przez Sams i in. (1990). Wartość siły ścinania wyrażono w kg siły ścinania na g próbki.

Zebrane dane liczbowe zostały poddane analizie statystycznej obliczając miary położenia badanych cech a istotności różnicy między grupami

wyznaczono testem Dunkana. Dane były analizowane jako całkowicie losowe przez GLM. Istotność statystyczną zadeklarowano przy poziomie $P \leq 0,05$.

3. WYNIKI

3.1. DOŚWIADCZENIE 1

Analizie poddano wyniki dynamiki wzrostu kurcząt w poszczególnych fazach żywienia oraz za cały okres odchowu (tab. 5). W ocenianych grupach wyniosła ona odpowiednio: w okresie 1 – 10. dnia od 222,2 g (grupa I) do 224,9 g (grupa III), okres 11 – 20. dnia od 670,5 g (grupa I) do 676,3 g (grupa III), w okresie 21 – 34. dnia od 1455,4 g (grupa I) do 1490,5 (grupa II) natomiast w ostatnim okresie od 35 – 40. dnia od 514,6 g (grupa II) do 535,0 g (grupa I). Za cały okres odchowu od 1 – 40. dnia uzyskano przyrosty masy ciała od 2883,1 g (grupa I) do 2903,1 g (grupa II). Zarówno dla poszczególnych faz wzrostu, jak i za cały okres odchowu nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych między grupami dla tego parametru.

Spożycie paszy przez kurczęta, jak również wskaźnik wykorzystania paszy (FCR) w poszczególnych okresach i za cały okres odchowu zawarto w tabeli 6. W ocenianych grupach spożycie paszy zarówno w poszczególnych fazach wzrostu, jak również za okres 1 – 40. dni było zbliżone i wyniosło od 4390,2 g w grupie I do 4433,4 g w grupie III. Wskaźnik wykorzystania paszy za okres odchowu 1 – 40. dnia wyniósł od 1,52 (grupa I) do 1,53 (grupy II i III). Zarówno pod względem spożycia paszy, jak i wskaźnika wykorzystania paszy nie wykazano różnic statystycznie istotnych w poszczególnych fazach żywienia, jak i po zakończeniu odchowu.

Wyrównanie stada (tab. 7) było oceniane w wieku 21. i 40. dni życia kurcząt i zostało wyrażone wskaźnikiem zmienności. Uzyskane wartości wskaźnika zmienności (v) dla wszystkich grup w obu terminach oceny były zbliżone i nie wykazano statystycznie istotnego wpływu poziomu i formy Zn, Cu i Mn na ten parametr.

Przeżywalność ptaków (tab. 8) w ocenianych grupach wynosiła od 96,00% (grupa I) do 98,99% (grupa III). Natomiast europejski wskaźnik efektywności odchowu od 467,8 pkt. (I) do 477,4 pkt. (III). Nie wykazano statystycznie istotnych różnic między grupami pod względem tych cech.

Metodę oceny stopnia uszkodzenia podszew stóp przedstawiono na rycinie 1. Największą ilością stóp bez uszkodzeń (ocena 0) stwierdzono w grupie II, najmniejszą w grupie I. Najmniej poważnych oparzeń (ocena 2) stwierdzono w grupie II, najwięcej w grupie III (rycina 2). Wyniki oceny procentowej następnie wykorzystano do wyliczenia wartości indeksu TP. Najmniejszy stopień zmian podszew stóp po zakończonym odchowu stwierdzono u kurcząt z grupy II, w której wartość TP wyniosła 35,4 pkt., a najwyższą wartość tego indeksu (84,2 pkt.) stwierdzono w grupie (rycina 3).

Wyniki wartości średnich masy ciała przed ubojem, tuszki patroszonej z szyją i elementów tuszek zawiera tabela 9. Uzyskana masa ciała mieściła się w przedziale od 2947,5 g (grupa I) do 2966,0 (grupa II). Wydajność rzeźna

była najwyższa w grupie II i wyniosła 72,4%, natomiast najniższą wartość tego parametru stwierdzono w grupie I. Oceniając procentowy udział poszczególnych elementów tuszek oraz podrobów (żołądka, wątroby i serca) uzyskano zbliżone wartości w przypadku wszystkich grup. Wykazano, że zastosowana forma oraz poziom mikroelementów w teście nie wpłynął istotnie na wartości tych cech. Wyniki umięśnienia i otłuszczenia kurcząt zestawiono w tabeli 10. Udział mięśni piersiowych w tuszce był podobny w ocenianych grupach i zawierał się w przedziale od 26,95% (grupa I) do 27,14% (grupa III). W przypadku mięśni nóg najwyższą wartość stwierdzono w grupie II (21,22%), najniższą w grupie III (20,44%). Sumaryczne wartości udziału mięśni piersiowych i mięśni nóg wynosiły od 47,58% (grupa III) do 48,18% (grupa I). Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w masie i procentowym udziale mięśni piersiowych i nóg w tuszce. Analogicznie w przypadku otłuszczenia ocenianego jako udział skóry z tłuszczem podskórnym i sadełkowym oraz sum tych dwóch elementów, uzyskane wartości w poszczególnych grupach były podobne. Statystycznie istotnych różnic w przypadku tych cech między grupami nie stwierdzono.

Właściwości fizykochemiczne mięśni piersiowych po 40. dniach odchowu we wszystkich grupach były podobne (tab. 12). Oceniając pH mięśni piersiowych bezpośrednio po uboju oraz po schłodzeniu stwierdzono, że wartość tej cechy uległa obniżeniu o 7,17% (grupa III), 9,71% (grupa II) i 10,86% (grupa III). Jednakże nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych między grupami pod względem tej cechy. Ocenie poddano również barwę mięśni piersiowych: (L* - zmienna jasności, a* - zmienna barwy czerwonej, b* - zmienna barwy żółtej). Uzyskane wyniki oceny barwy były zbliżone dla wszystkich grup i nie różniły się statystycznie istotnie. Stwierdzono różnice między grupami w zdolności utrzymania wody w mięśni piersiowym, wyrażone jej wyciekami, który wyniósł odpowiednio 35,15% dla grupy I i 35,60% dla grupy III oraz 39,45% dla grupy II.

Wpływ formy i poziomu Zn, Cu i Mn na wytrzymałość mechaniczną kości udowych, wyrażoną średnim maksymalnym obciążeniem przy pęknięciu przedstawiono na rycinie 4. Stwierdzono statystycznie istotne różnice między grupami I i II w porównaniu do grupy III, w której pęknięcie kości następowało przy najniższym obciążeniu, odpowiednio 293,1 N i 313,1 N wobec 281,1 N. Średnie maksymalne obciążenie przy pęknięciu kości piszczelowych było podobne dla wszystkich grup i nie różniło się statystycznie istotnie (ryc. 5).

Integralność tkankową oceniono również wykonując pomiar maksymalnej siły potrzebnej do pęknięcia jelita czczego (ryc. 6) oraz skóry z piersi (ryc. 7). Wykazano, że ptaki z grupy III cechowała najmniejsza (3,23 N) wytrzymałość jelit, wyrażona siłą powodującą jej zerwanie. Uzyskana różnica była statystycznie istotna w porównaniu do grupy II o najwyższej wartości tej cechy. Grupa I nie różniła się statystycznie od pozostałych. Natomiast ptaki z grupy I i II wyróżniała statystycznie istotnie wyższa wytrzymałość

mechaniczna skóry, wyrażona średnią siłą powodującą jej zerwanie w porównaniu do grupy III.

3.2. DOŚWIADCZENIE 2

Uzyskane wyniki masy ciała w poszczególnych fazach wzrostu i średni dzienny przyrost w poszczególnych okresach oraz za okres odchowu ptaków do 51. dnia przedstawiono w tabeli 15. Największa masa ciała kurcząt charakteryzowała grupy I i II, w których wyniosła odpowiednio 3932,8 g i 3938,3 g. Natomiast w grupach III i IV była ona niższa, odpowiednio 3886,8 g i 3857,1 g. Jednakże różnic statystycznie istotnych w masie ciała oraz średnich przyrostach dziennych między ocenianymi grupami nie stwierdzono.

Poziom spożycia paszy okazał się podobny we wszystkich ocenianych grupach. Natomiast uzyskano różnice statystycznie istotne w przypadku FCR oraz upadków za okres odchowu do 51. dnia. Wskaźnik FCR dla brojlerów z grup I i II, wyniósł odpowiednio 1,726 kg/kg i 1,732 kg/kg. Były one istotnie lepsze od wartości uzyskanych przez kurczęta z grupy IV (1,765 kg/kg). Natomiast u ptaków z grupy III wyniósł 1,741 kg/kg i nie różnił się istotnie w porównaniu do kurcząt z pozostałych grup. Śmiertelność ptaków była statystycznie istotnie najniższa w grupach I i II, w porównaniu do grupy IV, natomiast poziom padnięć uzyskany w grupie III był podobny w stosunku do pozostałych grup (tab. 16).

Stwierdzono również, że na uzyskane wyniki produkcyjne miało wpływ źródło zastosowanych mikroelementów, natomiast nie stwierdzono efektu poziomu zastosowanych pierwiastków (tab. 18.). Kurczęta żywione paszami zawierającymi pierwiastki śladowe w formie chelatów hydroksy analogu metioniny uzyskały wyższą masę ciała w trakcie uboju, wynoszącą 3,953 kg w porównaniu do 3,872 g u ptaków żywionych mieszankami zawierającymi nieorganiczne formy pierwiastków. Średni przyrost dzienny kształtował się od 77,5 w stosunku do 75,9 g/dz. ($p < 0,01$). Wykazano również lepszą konwersję paszy 1,727 kg/kg w porównaniu do 1,753 kg/kg przez kurczęta otrzymujące organiczne formy mikroelementów. Po skorygowaniu do takiej samej masy ciała 3,950 kg FCR wyniósł odpowiednio 1,726 kg/kg i 1,773 kg/kg. Zarówno wyniki masy ciała jak również FCR różniły się statystycznie istotnie ze względu na źródło zastosowanego Zn, Cu i Mn.

Wydajność rzeźną i procentowy udział mięśni piersiowych, nóg i skrzydeł kurcząt ubitych w 51. dniu odchowu przedstawiono w tabeli 18. Wydajność rzeźna zawierała się w przedziale od 71,3% w grupie II do 71,7% w grupie I. Udział mięśni piersiowych był największy w grupie II (31,6%), natomiast najniższy w grupie I (31,1%).

Częstotliwość występowania uszkodzeń opuszki podeszew stóp oraz odparzeń stawu skokowego (jako procentowy udział stawów z oceną 1 i 2 w ogólnej liczbie ocenianych łap) przeprowadzono dwukrotnie: w wieku 31. i 51. dni (tab. 19 i 20). W 31. dniu we wszystkich grupach doświadczalnych uzyskana wartość indeksu TP była bardzo zbliżona i zawierała się w przedziale od 68,4. pkt. (grupa IV) do 70,4 pkt. (grupa III). Również odsetek odparzonych stawów skokowych był podobny we wszystkich ocenianych grupach. W 51.

dniu zaobserwowano większą liczbę kurcząt, u których nie stwierdzono uszkodzeń podszew stóp w porównaniu do 31. dnia odchowu, a wyliczona wartość indeksu TP mieściła się w przedziale od 48,6 pkt. (grupa III) do 57,6 pkt. (grupa I). Natomiast wykazano większy stopień odparzeń stawu skokowego w porównaniu do 31. dnia (43,3% w grupie III do 50,4% w grupie IV). W zestawieniu ujmującym efekt źródła pierwiastków uzyskano zbliżony ogólny wskaźnik stopnia uszkodzenia podszew stóp: dla grupy żywionej z dodatkiem chelatów Zn, Cu i Mn 55,6 punktów, dla formy nieorganicznej 52,0. punkty (tab. 21) w 51. dniu odchowu. Podobne wyniki stwierdzono w przypadku występowania odparzeń stawu skokowego. Różnice pod względem tych cech nie były statystycznie istotne.

Częstotliwość występowania miopatii mięśnia piersiowego powierzchownego zawarto w tabel 22. Wada białych włókien (WS) wystąpiła odpowiednio w grupach I, II, III i IV: 63,3%, 57,5%, 59,0% i 62,5% (wartość łączna ocen 1 i 2). Z mięśni piersiowych wykazujących tę wadę, blisko w 64% wyróżniało jej poważne nasilenie. Wada zdrewniałego mięśnia (WB) dotyczyła około 14% ocenianych prób, odpowiednio dla grup: 13,6%, 9,1%, 12,6% i 17,1%. Wada ta występowała w zdecydowanej większości przypadków w stopniu poważnym (ponad 85% wszystkich defektów tego typu). Z kolei ilość mięśni piersiowych, których dotyczyła wada słabej spójności w stopniu umiarkowanym lub wysokim wyniosła około 40%, dla grup odpowiednio: 56,2%, 47,5%, 39,0% i 32,0%. Zarówno źródło pierwiastków, jak też ich poziom nie wpływały znacząco na stopień występowania wad mięśnia piersiowego powierzchownego.

Ocenę wybranych parametrów ilościowych i jakościowych tuszki według zastosowanego źródła i poziomu mikroelementów w wieku 51. dni przedstawiono tabeli 23. Masa tuszki, masa i udział mięśni piersiowych powierzchownych w tuszce oraz wytrzymałość mechaniczna skóry i zawartość kolagenu w skórze nie różniły się statystycznie istotnie, zatem nie stwierdzono wpływu źródła ani poziomu zastosowanych pierwiastków w paszach na te cechy.

Cechy fizykochemiczne dla mięśni piersiowych powierzchownych zawarto w tabeli 24. W przypadku pH i barwy nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między grupami. Oceniając właściwości fizykochemiczne mięśni stwierdzono, że straty spowodowane wyciekami były najmniejsze w grupie IV (0,892%) i istotnie statystycznie różne w porównaniu do grup I i II, odpowiednio 1,207% i 1,307%. Natomiast straty w grupie III nie różniły się w stosunku do pozostałych (1,152%). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między ocenianymi grupami ptaków pod względem pozostałych cech fizykochemicznych mięśni. Oceniając siłę napięcia skóry przy zerwaniu wykazano, że największa charakteryzowała kurczęta z grupy III (3,271 kg) i była statystycznie istotnie różna w porównaniu do wartości uzyskanych w przypadku pozostałych grup, które mieściły się w przedziale 2,669

– 2,956 kg. Ponadto nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między grupami w składzie chemicznym mięśni piersiowych (tab. 26).

Na rycinie 12 przedstawiono wyniki oceny stopnia uszkodzenia główki kości udowej, wykonanej w skali 4-ro stopniowej. Wykazano, że największym statystycznie istotnym stopniem uszkodzenia charakteryzowały się główki kości pochodzące od kurcząt z grupy III. Natomiast ptaki pochodzące z grupy IV nie różniły się pod względem tej cechy od kurcząt z pozostałych grup. Stopień uszkodzenia główki kości piszczelowej we wszystkich grupach był podobny (ryc. 13).

4. Dyskusja

4.1. Doświadczenie 1

Wpływ różnych form oraz poziomów cynku, miedzi i manganu na uzyskane wyniki odchowu takie jak masa ciała, wskaźnik wykorzystania paszy, śmiertelność były przedmiotem wielu badań (Ethridge i in., 2014; Peris i in., 2017; Rande i in., 2009; Wang i in., 2007; Zhao i in., 2010). Część z nich obejmowała porównanie efektów użycia równoważnych poziomów pierwiastków, inne uwzględniając poprawę biodostępności prowadziły do porównania podstawowych poziomów w formie nieorganicznej do zmniejszonych w formie organicznej. Rande i in. (2009) w przeprowadzonym badaniu zastosowali chelaty hydroksy analogu metioniny Zn, Cu i Mn w ilości odpowiadającej 25% zastosowanej w formie nieorganicznej w cyklu trwającym 42 dni. Wykazali, że przy tak niskim poziomie suplementacji kurczęta otrzymujące w paszach Zn, Cu i Mn w formie organicznej, uzyskały wyższą masę ciała (o 1,82%) oraz niższy wskaźnik wykorzystania paszy (2,85%). Pomimo tego w stosunku do grupy kontrolnej nie były to różnice statystycznie istotne.

Natomiast Wang i in. (2007) przeprowadzili badania wpływu rosnących dawek miedzi: 0, 10, 25, 50, 125, 250 i 500 ppm w formie siarczanu i chelatu na wyniki odchowu oraz zawartości tego pierwiastka w wątrobie i kości piszczelowej kurcząt w 35-dniowym okresie odchowu. Nie stwierdzono wpływu źródła ani poziomu pierwiastka na śmiertelność i wskaźnik wykorzystania paszy. W przypadku masy ciała w 14 dniu życia, ptaki otrzymujące chelaty były statystycznie istotnie cięższe od otrzymujących miedź w formie siarczanu. Kurczęta otrzymujące najwyższe dawki miedzi (500 ppm) były jednak lżejsze zarówno w przypadku chelatu, jak i siarczanu.

Z kolei Zhao i in. (2010) porównali efektywność form nieorganicznych (siarczany) na poziomie: Zn 80, Cu 8, Mn 120 ppm – grupa kontrolna, w stosunku do grupy CTM, w której identyczne poziomy wymienionych pierwiastków w 50% zastosowane zostały w formie siarczanów i 50% w formie chelatów hydroksy analogu metioniny. W doświadczeniu dodatkowym czynnikiem była linia genetyczna: Cobb 700 i Ross 708. Po 53 dniach odchowu kurczęta Cobb z grupy kontrolnej uzyskały masę ciała wynoszącą 3,481 kg, natomiast CTM 3,596 kg, zatem różnica wyniosła 3,3% i była ona statystycznie istotna. W przypadku kurcząt Ross 708 istotnych różnic nie stwierdzono. Wpływ na wyniki odchowu kurcząt zmniejszonych dawek mikroelementów: Zn, Cu i Mn w formie chelatu w porównaniu do form nieorganicznych badali również Manangi i in. (2012). W opisanym przypadku (dośw.2), zastosowany został Zn w formie nieorganicznej w ilości 100 ppm, Cu 125 ppm i Mn 90 ppm w porównaniu z chelatami hydroksy analogu metioniny

tych pierwiastków odpowiednio: 32 ppm, 8 ppm i 32 ppm. Tak wyraźne obniżenie poziomu mikroelementów nie wpłynęło istotnie na uzyskane masy ciała zarówno kurek jak i kogutków w wieku 54 dni.

Ethridge i in. (2014) przeprowadzili doświadczenie porównawcze z zastosowaniem w żywieniu kurcząt dwóch poziomów: 80 i 40 ppm i trzech form cynku: siarczynu oraz dwóch form organicznych: chelatu hydroksy analogu metioniny i kompleksu aminokwasowego. Oceniając wyniki produkcyjne stwierdzili, że kurczęta żywione paszami zawierającymi dodatek 80 ppm cynku w formie chelatu uzyskały najwyższą masę ciała oraz najniższy wskaźnik FCR, a różnice te były statystycznie istotne w porównaniu do grupy otrzymującej 40 ppm cynku w formie kompleksu aminokwasowego.

Z kolei Peris i in. (2017) porównali efektywność nieorganicznej formy Zn, Cu i Mn na poziomie odpowiednio: grupa 1: 80 : 16 : 80 ppm (Starter) i 64 : 16 : 64 ppm (Grower), grupa 2: 40 : 10 : 40 ppm (Starter) i 32 : 8 : 32 ppm (Grower) i grupa 3: 40 : 10 : 40 ppm (Starter) i 32 : 8 : 32 ppm (Grower) w formie organicznej chelatów cynku, miedzi i manganu hydroksy analogu metioniny na wyniki odchowu kurcząt. Uzyskane wyniki wykazały wyższą masę ciała kurcząt z grupy 3 w porównaniu do pozostałych grup.

W badaniach własnych średnia masa ciała ptaków we wszystkich grupach była bardzo zbliżona i mieściła się w przedziale od 2,924 g do 2,944 g, a wskaźnik wykorzystania paszy wyniósł od 1,52 do 1,53 kg/kg. Uzyskane wartości tych parametrów okazały się wyższe w porównaniu do standardu linii Ross 308, który dla kogutków wynosił 2,771 kg i 1,66 kg/kg (Aviagen, 2012). Wskazuje to na fakt, że warunki odchowu, status zdrowotny, sytuacja epizootyczna fermy okazały się lepsze od warunków typowych dla ferm towarowych, a zastosowane żywienie w pełni pokrywało zapotrzebowanie ptaków na składniki pokarmowe. Fakt obniżenia w paszy poziomu Zn, Cu i Mn w formie chelatów w porównaniu do form nieorganicznych, nie wpłynął negatywnie na wyżej wymienione parametry odchowu. Brak negatywnego wpływu zastąpienia nieorganicznej formy Zn, Cu i Mn na wyniki odchowu potwierdzają badania autorów cytowane powyżej (Rande i in., 2009; Wang i in., 2007; Zhao i in. 2010), jednakże badania Ethridge i in. (2014) oraz Peris i in., (2017) wskazują na możliwość poprawy wyników odchowu kurcząt poprzez zastosowanie Zn, Cu u Mn w formie chelatów.

Zhao i in. (2010) przeprowadzili również ocenę wyników poubojowych w dwóch doświadczeniach, z wykorzystaniem różnego materiału genetycznego. W przypadku ptaków Cobb 700 (dośw. 1), stwierdzono statystycznie istotną różnicę w uzyskanej wydajności rzeźnej: w grupie kontrolnej wyniosła ona 80,72%, natomiast w grupie CTM 82,30% (kurki). Dla kogutków wartości te wynosiły odpowiednio 79,73% i 80,28%, jednak nie były one istotne statystycznie. Również pod względem tego parametru nie stwierdzono istotnych różnic dla kurcząt Ross 708 (dośw. 2). W przypadku oceny udziału mięśni piersiowych, nóg, skrzydeł i skóry różnic statystycznie istotnych nie stwierdzili w obu doświadczeniach.

W badaniach własnych stwierdzono wyższą wydajność rzeźną w grupie II (wyższa o 1,1% w porównaniu do grupy I i o 1,0% do grupy III), co wskazuje na potencjalne możliwości poprawy wartości tej cechy poprzez zastosowanie odpowiedniego poziomu pierwiastków: Zn, Cu i Mn w formie chelatów w warunkach produkcji towarowej. Jednakże uzyskane różnice nie były statystycznie istotne. Cytowane powyżej wyniki (Zhao i in. 2010) potwierdzają prawidłowości stwierdzone w badaniach własnych.

Wpływ formy mikroelementów, takich jak Zn, Cu i Mn na właściwości fizykochemiczne mięśni piersiowych oceniali Aksu i in. (2011). W grupie kontrolnej zastosowano dodatek miedzi w ilości 8 ppm w formie siarczanowej, cynku w ilości 40 ppm również w formie siarczanowej oraz 60 ppm manganu w formie tlenkowej. W grupach testowych zastosowane pierwiastki zostały w ilościach 1/3, 2/3 i 3/3, jednakże w formie organicznej (proteinianty). Badane były takie cechy jak pH oraz barwa w mięśni piersiowym po okresie 30 dni mrożenia. Stwierdzono podobnie jak w badaniach własnych brak różnic statystycznych między grupami co do uzyskanych wartości pH. W przypadku barwy wystąpiły istotne różnice wartości L^* - zmiennej jasności, która w przypadku grupy zawierającej nieorganiczne formy pierwiastków okazała się niższa w porównaniu do pozostałych grup oraz wartości a^* - zmiennej barwy czerwonej, która okazała się wyższa w przypadku grup otrzymujących organiczne formy Zn, Cu i Mn w porównaniu do grupy kontrolnej.

Petracii i in. (2013) badali w warunkach produkcyjnych zależności wybranych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych takich jak: pH, barwę, wyciek na częstotliwość występowania wad typu WS – białych włókien. Stwierdzono, że mięśnie, w których nie wystąpiły wady tego typu lub jej nasilenie zostało określone jako średnie. Charakteryzowały je istotnie niższa wartość pH od mięśni, w których wada ta występowała w dużym nasileniu. Oceniana przez wspomnianych autorów była również barwa mięśni piersiowych. W przypadku zmiennej a^* , brak wady typu WS związane było z istotnie niższą wartością tej cechy w porównaniu do średniego i poważnego nasilenia tego defektu. Również dla wartości b^* (zmienna barwy żółtej) dla mięśnia piersiowego bez wady typu WS, uzyskali istotnie niższe nasilenie tej cechy w porównaniu do poważnego nasilenia, natomiast mięśnie, w których wystąpiło średnie nasilenie wady, wartość zmiennej b^* nie różniła się istotnie w porównaniu do pozostałych grup. W przypadku wycieku, nasilenie wady białych włókien nie wpłynęło na wyniki oceny tej cechy.

W przeprowadzonym doświadczeniu własnym, uzyskane różnice dla barwy mięśni piersiowych nie były istotne statystycznie.

Z kolei Jakubowska i in. (2004) wskazali na zależności między właściwościami fizykochemicznymi mięśni piersiowych a wystąpieniem wady typu PSE – Pale, Soft, Exudative oraz z wadą DFD – Dark, Firm, Dry. Oceniane były takie cechy jak: pH początkowe i po 24 godzinach, barwa, wyciek termiczny, wolna woda i tekstura. W przypadku pH nastąpił spadek wartości tej cechy w czasie dla grup zawierających normalny, jak i z wadą DFD

mięsień piersiowy. Jednocześnie w grupie PSE wykazano odwrotną tendencję. Najwyższe pH początkowe stwierdzono w mięśniach piersiowych z wadą typu DFD, natomiast najniższe w grupie z wadą PSE. Po przeprowadzeniu ponownego pomiaru pH po upływie 24 godzin stwierdzono, że najwyższe wartości były w przypadku grupy PSE i okazały się one wyższe niż pH początkowego. Sytuacja taka jest zgoła odmienna od typowej, gdy w wyniku zachodzących w mięśniach procesów glikolizy, przy braku krążenia krwi, następuje nagromadzenie kwas mlekowego, którego efektem jest obniżenie pH mięśni (Grabowski i Kijowski, 2004). Jednocześnie otrzymane wartości jak i ich dynamika zmian w czasie nie wpłynęły na poziom wolnej wody czy też wyciek termiczny.

Uzyskane wartości pH początkowego w doświadczeniu własnym były bardzo zbliżone we wszystkich grupach. Stwierdzono, że po 24 godzinach wartości tej cechy uległy obniżeniu we wszystkich ocenianych grupach. Różnic statystycznie istotnych nie stwierdzono w przypadku ocenianych cech fizykochemicznych. Wyniki te wskazują na zbliżoną jakość surowca uzyskaną we wszystkich ocenianych grupach. W cytowanych powyżej publikacjach (Aksu i in.; 2011, Jakubowska i in.; 2004, Petraccii i in., 2013), przedstawione dane potwierdzają tą tezę, wskazując jednocześnie na brak wpływu na cechy fizykochemiczne formy i poziomu mikroelementów.

Ocenę stopnia uszkodzenia podszew stóp łap (FPD) w relacji do stosowanych w żywieniu kurcząt różnych poziomów cynku, miedzi i manganu oraz różnych form tych metali w ostatnich latach przeprowadzono wielokrotnie. Wpływ żywienia, w tym również efektywność zastosowania dodatku Zn, Cu i Mn w formie organicznej (proteinianty) w porównaniu do form nieorganicznych na poziom wystąpienia odparzeń podszew stóp wykazał m.in. Picard i Spring (2013), prowadząc obserwację porównawczą na stadach indyków rzeźnych. W przypadku kurcząt brojlerów Manangi i in. (2012) stwierdzili poprawę statusu FPD w grupie żywionej paszami zawierającymi chelaty hydroksy analogu metioniny w ilości: Zn 32 ppm, Cu 8 ppm i Mn 32 ppm porównując je z grupą kontrolną (nieorganiczne formy Zn 100 ppm, Cu 125 ppm i Mn 90 ppm). Oceniano podszewy stóp wykorzystując 5-cio stopniową skalę i stwierdzono, że w grupie otrzymującej chelaty ilość łap ocenionych na 1 i 2 była o 23,3% wyższa niż w grupie kontrolnej. Zhao i in. (2010) oceniali stopień uszkodzenia podszew stóp wykorzystując 5-stopniową skalę ocen, od 1 – brak widocznych uszkodzeń do 5 – poważne owrzodzenie i bolesność. Stwierdzili oni, że kurczęta z grup otrzymujących w diecie Zn, Cu i Mn w formie chelatów uzyskały większą liczbę łap ocenionych na 1 i 2 w porównaniu do ptaków z grup żywionych nieorganicznymi formami tych pierwiastków, a różnica ta wyniosła w przypadku kurcząt Cobb 700 22%, natomiast dla kurcząt Ross 708 12%. W badaniach Peris i in. (2017) zostało również wykazane, że zastosowanie obniżonych o 50% poziomów pierwiastków śladowych: Zn, Cu i Mn jako

chelaty hydroksy analogu metioniny w porównaniu do form nieorganicznych korzystnie wpłynęło na jakość podszew stóp.

W warunkach produkcji towarowej kurcząt ocena stanu odparzeń podszew stóp wykorzystywana jest do określenia poziomu dobrostanu ptaków. Ocenę taką wykonuje się podczas uboju, wykorzystując trzypunktową skalę, na podstawie 100, np. prawych łap z każdego transportu żywca, a na następnie oblicza wskaźnik TP. Wskaźnik ten zawiera się w przedziale od 0 do 200 punktów. W wielu krajach UE np. Holandii, Polsce czy też Danii, dobrostan uznaje się za dobry, gdy wartość indeksu TP nie przekracza 40 punktów. W warunkach fermowych, uzyskana ocena jakości łap może mieć istotny wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji żywca drobiowego, gdyż w przypadku przekraczania wartości wskaźnika TP, wdrażany jest program naprawczy, a jednym ze stosowanych rozwiązań może być obniżenie obsady ptaków w kolejnym cyklu produkcyjnym.

W badaniach własnych, zastosowanie Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny spowodowało poprawę stanu łap, a w konsekwencji niższą wartość wskaźnika TP. Wyniki te potwierdzają dane przedstawione przez cytowanych powyżej autorów.

Efektywność zastosowania różnych form pierwiastków śladowych w ostatnim czasie oceniana była również na podstawie pomiarów integralności tkankowej, na podstawie siły niezbędnej do zerwania ciągłości wybranych tkanek np. skóry lub jelit czy też siły potrzebnej do złamania kości długich: uda lub podudzia.

Zastosowanie nieorganicznych i organicznych form cynku, miedzi i manganu w żywieniu kurcząt brojlerów – kurki Arbor Acres w 35-dniowym cyklu odchowu, jako częściowej lub pełnej substytucji i ich wpływ na wyniki odchowu było tematem badań El-Husseiny i in. (2012). Grupa kontrolna otrzymywała pasze z dodatkiem 100 ppm Zn w formie tlenku, 16 ppm Cu w formie siarczanu i 120 ppm Mn w formie tlenku. Ilości te stanowiły 100% zastosowanych pierwiastków, w kolejnych grupach były one zastąpione przez 50% lub 100% w formie organicznej – proteiniantu. Porównując wyniki uzyskane w grupach zawierających 100% form nieorganicznych, 100% form organicznych i 50% organicznych okazało się, że w przypadku oceny mechanicznej wytrzymałości kości piszczelowej, najwyższą wartość uzyskano w grupie otrzymującej 50% poziom Zn, Cu i Mn w formie organicznej (43,40 kgf/cm²), a najniższą wartość w grupie otrzymującej formę organiczną na poziomie 100% (33,71 kgf/cm²), a różnice między trzema grupami były statystycznie istotne. Również Camacho-Fernandez i in. (2013) przeprowadzili porównanie wpływu różnych form cynku m.in. na wytrzymałość mechaniczną kości piszczelowej kurcząt brojlerów. Zastosowanie 100 ppm siarczanu cynku i 30 ppm cynku w formie organicznej chelatu hydroksy analogu metioniny nie spowodowało powstania różnic istotnych w wynikach pomiaru tego parametru.

W badaniach własnych zostały wykonane pomiary wytrzymałości mechanicznej kości udowych i piszczelowych. W przypadku kości

piszczelowych uzyskane wyniki są zbieżne z zacytowanymi powyżej rezultatami (El-Husseiny i in., 2012; Camacho-Fernandez i in. 2013). Natomiast w przypadku kości udowych u kurcząt otrzymujących w paszach niższy poziom pierwiastków w formie chelatu (grupa III), stwierdzona została najniższa wartość siły wystarczającej do jej złamania, a powstała różnica była istotna w porównaniu do wyników uzyskanych dla grupy I i III.

Ethridge i in. (2014) przeprowadzili doświadczenie porównawcze z zastosowaniem w żywieniu kurcząt dwóch poziomów: 80 i 40 ppm i trzech form cynku: siarczanu oraz dwóch form organicznych: chelatu hydroksy analogu metioniny i kompleksu aminokwasowego. Oceniono między innymi wytrzymałość mechaniczną jelit cienkich. Stwierdzono, że wystąpiły różnice między grupami w przedziale od 225,05 g w przypadku 80 ppm w formie kompleksu aminokwasowego, do 278,67 g w przypadku grupy otrzymującej 80 ppm Zn w formie chelatu, które jednak nie były statystycznie istotne.

Ocena wytrzymałości mechanicznej jelita czczego przeprowadzona w ramach badań własnych wykazała istotną różnicę między ptakami otrzymującymi formę organiczną na niskim poziomie i była ona istotna w porównaniu do grupy o wyższym poziomie zastosowanych chelatów. Ptaki otrzymujące formę nieorganiczną nie różniły się pod względem wartości tej cechy w porównaniu do kurcząt z pozostałych grup. Wyniki te nie są zbieżne z uzyskanymi w cytowanej pracy (Ethridge i in., 2014).

Również w przypadku oceny wytrzymałości mechanicznej skóry z piersi w badaniach własnych, istotnie najwyższe wartości maksymalnej siły przy zerwaniu uzyskano w grupach otrzymujących formę nieorganiczną Zn, Cu i Mn oraz formę chelatu na wyższym poziomie, a różnica w porównaniu do grupy z niskim poziomem wspomnianych pierwiastków w formie chelatów była istotna. Z uwagi na brak informacji w dostępnej literaturze na temat wpływu formy i poziomu mikroelementów na wytrzymałość skóry, trudno jest w tym zakresie podjąć dyskusję.

4.2. DOŚWIADCZENIE 2

Badania przeprowadzone przez Abdallah i in. (2009) dotyczyły zastosowania w żywieniu kurcząt nieorganicznych form Zn, Cu, Mn i Fe (siarczany – grupa kontrolna negatywna) oraz w formie organicznej (peptydy – grupa kontrolna pozytywna) tych pierwiastków. Porównanie wykazało przewagę grupy ze 100% substytucją formy nieorganicznej przez organiczną pod względem uzyskanej masy ciała, wskaźnika wykorzystania paszy, poziomu popiołu w kości piszczelowej oraz odpowiedzi immunologicznej. Natomiast zastąpienie pojedynczego pierwiastka w formie nieorganicznej przez organiczną zarówno na poziomie 50%, jak i 100% nie powodowało powstania statystycznie istotnych różnic między grupami.

Z kolei Gonzales-Esquerra i in. (2015) porównali efektywność Zn, Cu i Mn w formie siarczanów w wysokiej dawce, odpowiednio grupa 1: 100 : 120 : 100 ppm oraz niskiej: grupa 2 : 32 : 8 : 32 ppm w stosunku do 32 : 8 : 32 ppm (grupa 3) oraz 32 : 30 : 32 ppm (grupa 4) w formie chelatów hydroksy analogu metioniny w żywieniu kurcząt. Stwierdzono, że istotnie najniższe zużycie paszy uzyskano w grupie 3 ($p \leq 0,01$) w porównaniu do pozostałych grup, natomiast nie stwierdzono różnic w masie ciała ptaków. Ethridge i in. (2014) przeprowadzili doświadczenie porównawcze z zastosowaniem w żywieniu kurcząt do 55 dni odchowu dwóch poziomów: 80 i 40 ppm i trzech form cynku: siarczanu oraz dwóch form organicznych: chelatu hydroksy analogu metioniny i kompleksu aminokwasowego. Stwierdzono, że kurczęta żywione paszami zawierającymi dodatek 80 ppm cynku w formie chelatu uzyskały najwyższą masę ciała (3,66 kg) oraz najniższy wskaźnik FCR (1,981), a różnice te były statystycznie istotne w porównaniu do grupy otrzymującej 40 ppm cynku w formie kompleksu aminokwasowego, w której uzyskana masa ciała wyniosła 3,53 kg, a wskaźnik FCR 2,063. Wyniki powyższych eksperymentów potwierdzają rezultaty pochodzące z badań własnych, w których stwierdzono istotnie wyższą masę ciała i istotnie niższy wskaźnik wykorzystania paszy uzyskane przez kurczęta otrzymujące w diecie Zn, Cu i Mn w formie chelatów.

Ethridge i in. (2014) przeprowadzili ocenę wydajności rzeźnej i wykazali, że ptaki otrzymujące 40 ppm Zn w formie chelatu miały najwyższą wartość tej cechy (76,83%) i była ona istotnie większa w porównaniu do grup otrzymujących ten pierwiastek w formie kompleksu aminokwasowego zarówno w dawce 80, jak i 40 ppm, odpowiednio 76,57% i 76,09%. Wydajność rzeźna i udział mięśni piersiowych, nóg i skrzydeł w badaniach własnych była bardzo zbliżona we wszystkich ocenianych grupach, jednak nie przeprowadzono analizy statystycznej uzyskanych wyników ze względu na sposób przeprowadzenia uboju. Gonzales-Esquerra i in. (2016) w badaniach nad wpływem zastosowanej dawki Zn w formie chelatu hydroksy analogu metioniny na wyniki odchowu, udziału mięśni piersiowych oraz jakości mięsa, stwierdzili liniowy, pozytywny wpływ dawki na przyrost masy ciała,

przeżywalność kurcząt i wskaźnik wykorzystania paszy oraz wydajność rzeźną, udział mięśni piersiowych i udowych.

Dobrostan kurcząt został oceniony podobnie, jak w doświadczeniu 1. W przeprowadzonej ocenie nie stwierdzono istotnych różnic między grupami w wartości wskaźnika TP w 31 i 51 dniu odchowu. Stwierdzono, że wartość tego wskaźnika uległa poprawie w 51 dniu w porównaniu do 31 dnia. W doświadczeniu 2 dodatkowo przeprowadzona została ocena stopnia odparzenia stawu skokowego. Nie wykazano istotnego wpływu formy i poziomu zastosowanych mikroelementów na częstotliwość wystąpienia tego typu odparzeń. Wcześniej cytowane publikacje wskazują jednoznacznie na pozytywny wpływ organicznych form Zn, Cu i Mn na stopień uszkodzenia stóp, czego nie potwierdzono w badaniach własnych. Związane to było z wysoką obsadą kurcząt i wysoką zawartością białka ogólnego w paszach, co miało na celu wytworzenie warunków sprzyjających wywołaniu tego typu uszkodzeń stóp u ptaków. Wspomniana poprawa stanu łap w 51. dniu w porównaniu do 31. dnia odchowu, była związana z procesem gojenia się ran na podszewkach stóp, które mogą wystąpić w sytuacji zastosowania 2-fazowego systemu produkcji kurcząt, gdyż po sprzedaży części brojlerów (40%) nastąpiło zmniejszenie obsady ptaków, a zatem uległy poprawie warunki utrzymania, w tym jakość ściółki.

Wzrost znaczenia wielokierunkowej oceny jakości mięsa drobiowego, szczególnie mięśni piersiowych, związany jest z faktem coraz częstszego pojawiania się różnego rodzaju wad, co wiąże się ze zmianami ich właściwości związanymi z ubojem coraz większych lub coraz młodszych kurcząt. W przypadku mięśni piersiowych z wadą białych włókien (WS) stwierdzona została obniżona chłonność marynaty, większa strata masy podczas gotowania oraz mniejsza kruchość, zwiększony wyciek i mniejsza zdolność wiązania wody (Petracci i in., 2013). Baldi i in. (2017) oceniali skład chemiczny mięśni piersiowych bez i z wadą WS, SM (spaggetti meat – mięso spaghetti) oraz mięśni z jednocześnie stwierdzonymi obu rodzajami wad WS / MS. Stwierdzono statystycznie istotne różnice w zawartości wody, białka, tłuszczu, popiołu i kolagenu (załącznik 2). W badaniach własnych tego typu wad nie stwierdzono, a skład chemiczny ocenianych mięśni piersiowych powierzchniowych był podobny.

Allen i in. (1998) stwierdzili, że mięśnie charakteryzujące się jaśniejszą barwą miały niższe pH, większy wyciek, większe straty podczas gotowania oraz wymagały większej siły, potrzebnej do ich przecięcia. W badaniach własnych takiej zbieżności nie stwierdzono, co świadczy o pozytywnym wpływie formy organicznej Zn, Cu i Mn na te cechy. Inni autorzy (Petracci i in., 2013) wykazali, że wystąpienie wady białych włókien nie miało wpływu na wyciek, jednak przypadku start wody podczas gotowania, najniższe charakteryzowały normalny, pozbawiany wad mięsień piersiowy. Natomiast średnie lub poważne nasilenie WS powodowało istotny statystycznie ubytek masy podczas obróbki termicznej. Tego typu zależności w badaniach własnych nie stwierdzono.

Jakością mięsa drobiowego w relacji do stopnia nasilenia wad typu białe włókna (WS) i syndromu zdrewniałego mięśnia (WB) zajmowali się również Mudalal i in. (2015). Stwierdzili, że średnia masa mięśni piersiowych w grupach z wadami była istotnie wyższa ($p < 0,001$) w porównaniu do mięśni bez wad i wynosiła ona odpowiednio: 305,5 g, 298,7 g, 318,3 g i 244,7 g. Statystycznie istotne różnice między grupami wykazano również w przypadku pH, które było wyższe w mięśniach ze stwierdzonymi defektami. Mięśnie piersiowe z wadą WB w porównaniu do mięśnia bez wad charakteryzowały się większym wyciekaniem, stratami podczas gotowania oraz większym nasileniem zmiennej barwy żółtej (b), co nie znalazło potwierdzenia w badaniach własnych.

Wpływ źródeł Zn i Mn na jakość mięsa drobiowego był również przedmiotem badań Sanfelice i in. (2015). Porównanie dotyczyło formy nieorganicznej – siarczanowej oraz organicznej. W badaniach tych nie stwierdzono wpływu formy cynku i manganu na nasilenie czy też częstotliwość wystąpienia wad typu WS i WB. W badaniach własnych nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych między grupami pod kątem stopnia wystąpienia wady białych włókien (WS) oraz zawartości wody, białka, tłuszczu i popiołu, a zależności między tymi parametrami zostały potwierdzone przez cytowanych autorów. Również w przypadku cech fizykochemicznych, nie stwierdzono wpływu czynników testowych – dawki i formy mikroelementów poza wyciekaniem, co można uznać za zgodne z oczekiwaniami, porównując do wyników badań cytowanych powyżej. Podczas oceny wycieku, istotne różnice wystąpiły między grupami, wskazując na wpływ formy i poziomu zastosowanych mikroelementów, bez związku z wystąpieniem wady białych włókien. W trakcie oceny częstotliwości i stopnia nasilenia syndromu zdrewniałego mięśnia (WB) zastosowanie formy chelatu spowodowało zmniejszenie występowania tej wady w stopniu poważnym. Oceniając spójność tkankową mięśni piersiowych (poor cohesion – PC) użycie formy nieorganicznej powodowało ograniczenie wystąpienia tego typu defektu (również w stopniu poważnym), lecz nie były one statystycznie istotne.

Podsumowując, zastosowana forma i poziom mikroelementów nie miały wpływu na poziom wystąpienia wad typu WS, WB i PC, na wyniki oceny cech fizykochemicznych oraz skład chemiczny mięśni piersiowych co potwierdzają wyniki uzyskane przez cytowanych autorów (Baldi i in. 2017; Petracci i in., 2013; Sanfelice i in. 2015). Również zależności między wartościami cech fizykochemicznych, składem chemicznym i jakością mięsa w badaniach własnych potwierdzają relacje wykazane w cytowanych powyżej publikacjach. Jedynie w przypadku wycieku z mięśni piersiowych, stwierdzony został wpływ formy i dawki mikroelementów. Zastosowanie formy organicznej spowodowało powstanie statystycznie istotnej różnicy w poziomie wycieku w porównaniu z grupą otrzymującą formę nieorganiczną Zn, Cu i Mn na niskim poziomie.

Oceniana w badaniach własnych wytrzymałość mechaniczna skóry, wyrażona siłą potrzebną do jej zerwania okazała się istotnie najwyższa dla kurcząt pochodzący z grupy III. Wysoki poziom Zn, Cu i Mn w formie nieorganicznej wpłynął korzystnie na tą cechę w porównaniu do pozostałych grup. Jest to wynik sprzeczny z uzyskanym w doświadczeniu 1. Niestety w dostępnej literaturze brak jest informacji dotyczących tego typu pomiarów.

Zawartość kolagenu w skórze była zbliżona dla ocenianych grup. Źródło i poziom zastosowanych mikroelementów nie miał istotnego wpływu na wyniki oceny.

Wpływ zastosowania organicznych form mikroelementów na stopień mineralizacji kości czy też ich wytrzymałość mechaniczną był przedmiotem wielu badań (Favero i in., 2013; Kwiatkowska i in. 2016; Kwiecień i in, 2016; Torres i Korver, 2011). W doświadczeniu własnym dokonano oceny stopnia uszkodzenia główki kości udowej i piszczelowej. Wykazano korzystny wpływ formy chelatu na stan główki kości udowej, natomiast w przypadku główki kości piszczelowej stwierdzono podobny trend, jednak nie był on statystycznie istotny.

5. WNIOSKI

5.1. DOŚWIADCZENIE 1

1. W wyniku przeprowadzonych badań własnych nie stwierdzono wpływu zróżnicowanych form i poziomów Zn, Cu i Mn na wyniki odchowu kurcząt, co może być wynikiem braku presji środowiska.
2. Zastosowanie w żywieniu brojlerów Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny pozwala na zmniejszenie poziomu stosowanych mikroelementów w porównaniu do form nieorganicznych, bez ryzyka pogorszenia dynamiki wzrostu, wskaźnika wykorzystania pasz i przeżywalności kurcząt. Ograniczenie to pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne, poprzez mniejszą emisję tych pierwiastków.
3. Jakość mięsa oceniana na podstawie wybranych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych takich jak pH, barwa i wyciek była zbliżona we wszystkich ocenianych grupach.
4. Wprowadzenie form organicznych badanych pierwiastków śladowych spowodowało poprawę stanu łap, wyrażoną niższą wartością indeksu TP (odpowiednio 35,4 pkt. i 57,6 pkt. w porównaniu do formy nieorganicznej 84,2 pkt.), świadcząca o lepszym dobrostanie kurcząt.
5. Kurcząta otrzymujące cynk, miedź i mangan w formie nieorganicznej i chelatów na wyższym poziomie, wykazały się lepszą integralnością tkankową, ocenianą na podstawie wytrzymałości mechanicznej kości udowych i skóry w porównaniu do grupy otrzymującej chelaty na niższym poziomie, w przypadku jelita czczego najniższą siłą potrzebną do jego zerwania była potrzebna w grupie otrzymującej chelaty na niskim poziomie.

5.2. DOŚWIADCZENIE 2

1. Kurczęta żywione paszami zawierającymi organiczną formę mikroelementów charakteryzowała większa masa ciała o 2,1%, średni przyrost dzienny o 2,1% oraz niższy skorygowany wskaźnik wykorzystania paszy o 2,7%.
2. Wydajność rzeźna, wydajność mięśnia piersiowego, udział w tuszce nóg i skrzydeł były zbliżone we wszystkich grupach.
3. W warunkach wysokiej obsady ptaków oraz użycia mieszanek paszowych o wysokiej koncentracji składników pokarmowych, zastosowana forma i poziom mikroelementów nie wpływa na stan podszew stóp - FPD. Zmniejszenie obsady po sprzedaży około 40% kurcząt w 31. dniu spowodowało poprawę stanu podszew stóp podczas oceny w 51. dniu.
4. Forma, jak i poziom zastosowanych mikroelementów nie miały wpływu na wyniki oceny badanych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych oraz

częstotliwość występowania i stopień nasilenia defektów mięśni piersiowych takich jak WS, WB i PC.

5. Zastosowanie nieorganicznych form Zn, Cu i Mn na wysokim poziomie korzystnie wpłynęło na wytrzymałość mechaniczną skóry. Natomiast poziom kolagenu w skórze był zbliżony we wszystkich grupach, co wskazuje na brak wpływu formy i poziomu zastosowanych pierwiastków na tą cechę.
6. Forma organiczna miała korzystny wpływ na stopień uszkodzenia główki kości udowej i piszczelowej.

6. PIŚMIENICTWO

1. Abdallah G., El-Hussein, O.M., Abdel-Latif, K.O., 2009. Influence of some dietary organic mineral supplementations on broiler performance. *J. of Poul. Sci.*, 8: 291-298.
2. Adegbenjo A.A., Idowu O.M., Oso A.O., Adeyemi O.A., Sobayato R.A., Akinloye O.A., Jegede A.V., Osho S.O., Williams G.A., 2014. Effects of dietary supplementation with copper sulfate and copper proteinate on plasma trace minerals, copper residues in meat tissues, organs, excreta and tibia bone. *Slovak J. Anim. Sci.*, 47, 2: 164-171.
3. Agristat, 06.2016.
4. Aksu T., Aksu M.I., Yoruk M.A., Karaoglu M., 2011. Effect of organically-complexed minerals on meat quality in chickens. *Br. Poul. Sci.*, 52, 5: 558-563.
5. Allen C.D., Fletcher D.L., Northcutt J.K., Russell S.M., 1998. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poult. Sci.*, 77, 2: 361-366.
6. Alnahhas N., Berri C., Chaboult M., Chartrin P., Boulay M., Bourin M.C., Le Bihan-Duval E., 2016. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectorialis muscle. *BioMedCentral*, DOI:10.1186/s12863-016-0369-2.
7. Angell R., 2007. Metabolic Disorders: Limitations to Growth of and Mineral Deposition into the Broiler Skeleton after Hatch and Potential Implications for Leg Problems, *J. Appl. Poul. Res.* 16: 138–149.
8. Ao T., Preece J., 2013. The replacement of inorganic mineral salts with mineral proteinants in poultry diets. *World's Poul. Sci. J.* 69:5-16.
9. Ao T., Pierce J.L., Power R., Pescatore A.J., Cantor A.H., Dawson K.A., Ford M.J., 2009. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. *Poult. Sci.*, 88,10: 2171-5.
10. AOAC, 1990. Official Method of Analysis, Vol. 1, 15th Edition, AOAC, International, Arlington Virginia.

11. Baldi G., Soglia F., Mazzoni M., Sirri F., Canonico L., Babini E., Lahgi L., Cavani C., Petracci M., 2017. Implication of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, 1-10, doi:10.0107/S1751731117001069.
12. Bao Y.M., Choct M., Iji P.A. Bruerton K., 2010. Trace mineral interactions in broiler chicken diets. *Br. Poult. Sci.* 51,1: 109-117.
13. Barbut S. 2009. Pale, soft, and exudative poultry meat – Reviewing ways to manage at the processing plant. *Poult. Sci.* 88, 7: 1506-1512.
14. Bekker M.S., Paspisanu P., Arbe Ugalde X., Kuttappan V., Asad S., 2017. Effect of dietary organic minerals and antioxidant on broiler carcass quality at day 35. *Proceedings of the 21st ESPN*, p.284.
15. Budnik S., 2016. Efficiency of different forms of Zn, Cu and Mn for broilers in field condition. *Technical Report Summary*, Novus Europe SA/NV.
16. Burrell A.L., Dozier W.A. III, Davis A.J., Compton M.M., Freeman M.E., Vendrel P.F., Ward T.L., 2004. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in retention to environmental implications. *British Poult. Sci.*, 45: 225-263.
17. Buttin P., 2016. Mintrex improver production, hatchability and progeny quality in heavy breeders. *Technical Summary Report*, Novus Europe SA/NV.
18. Camacho-Fernandez D., Manangi M.K., Hampton T., Fisher P., Carter S., Richards J.D., Vasquez-Anon M., Christiansen K.D., Giesen A.F., 2013. Feeding lower levels of chelated minerals vs. industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance. *XVII Congress of the World Veterinary Poultry Association*.
19. Cavitt L.C., Meullenet J.F., Gandhapuneni R.K., Youm G.W., Owens C.M., 2005. Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and razor blade shear to measure texture. *Poult. Sci.*, 84,1: 113-118.
20. Council Directive 2007/43/EC.
21. Davies J., 2016. Poultry research offers clues to ‘wooden breast’ condition. *Poultry World*, Sep., 12.

22. Da Costa M.J., Oviedo-Randon E.O., Wineland M.J., Claasen K., Osborne J., 2016. Effects of incubation temperature and trace mineral sources on chicken live performance and footpad skin development. *Poult. Sci.*, 95: 749-759.
23. Dibner J.J., Richards J.D., 2005. Mineral metabolism and chelated minerals for hatchlings. In: recent Advances in Animal Nutrition, 1: 51-72.
24. Dibner J.J., 2005. Early nutrition of zinc and copper in chicks and poults: impact on growth and immune function. Proceedings of the 3rd Mid-Atlantic Nutrition Conference, 23-32.
25. Dibner J.J., 2006. Management beyond Performance: Role of Organic Trace Minerals Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference, Rogers, Arkansas.
26. Dibner J.J., Richards J.D., Kitchell M.L., Quiroz M.A., 2007. Metabolic challenges and early bone development. *J. Appl. Poult. Res.*, 16: 126-137.
27. El-Husseiny O.M., Hashish S.M., Ali R.A., Arafa S.A., Abd El-Samee L.D., Olemly A.A., 2013. Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics, bone quality and minerals content in bone, liver and extracta. *Int. J. of Poult. Sci.*, 11, 6: 368-377.
28. Elminowska-Wenda G., Bogucka J., Sobolewska A., Paruszevska-Achtel, 2014. Występowanie miopatii typu syndrom „białych włókien” w mięśni piersiowym brojlerów. XXVI Międzynarodowe Sympozjum Drobiarskie „Nauka praktyce drobiarskiej – praktyka drobiarska nauce”, 176.
29. Emmert J.L., Baker D.H., 1995. Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. *Poult. Sci.*, 74, 6: 1011-1021.
30. Ethrige K., Arguelles-Ramos M., Bray J., 2014. Effects of organic and inorganic zinc sources at varying inclusion rates in commercial broiler diets on performance, carcass yield, gut tensile strength and bone integrity. *IPSF, M20*.
31. EU COM 221, 2005.
32. Favero A., Vieira S.L., Angel C.R., Bos-Mikich A., Lothhammer N., Taschetto D., Cruz R.F., Ward T.L., 2013. Development of bone chick embryos from Cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino-complexed sources. *Poult. Sci.*, 92, 2: 402-11.

33. Ferreira T.Z., Casagrande R.A., Vieira S.L., Drimeier D., Kindlein L., 2014. An investigation of a reported case of white striping in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 23: 1-6.
34. FirmyMięsne.pl, 2017.
35. Gao J., Lv Z., Li C., Yue Y., Zhao X., Wang F., Guo Y., 2014. Maternal Zinc Supplementation Enhance Skeletal Muscle Development Through Increasing Protein Synthesis and Inhibiting Protein Degradation of Their Offspring. *Biol. Trace Elem. Res.*, 162: 309-316.
36. Gonzales-Esquerra R., Salmond G., Van Rensburg C.J. Bigetti R.A. 2015. Effect of feeding zinc, copper and manganese from Mintrex on broiler performance, carcass quality and skin traits. *International Poultry Scientific Forum*, January 26-27.
37. Gonzales-Esquerra R., Araujo R., Vieira S., Pontin C., Kindlein L., Lima C., Hayashi R., Santin E., 2016. Dose response of organic Zn chelated with 2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid (HMTBA) on the performance, carcass quality, gut health and immunology of male broilers. *International Poultry Scientific Forum, Abstracts*, 143: 43.
38. Grabowski T., Kijowski J., 2004. Mięso i przetwory drobiowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, s.80-89.
39. Grau R., Hamm R., 1952, Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirtschaft*, 4: 295-297.
40. Jakubowska M., Gardzielewska J., Kortz J., Karmucki T., Buryta B., Rybarczyk A., Otolińska A., Natalczyk-Szymkowska W., 2004. Kształtowanie się wybranych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych w zależności od wartości pH 15 minut po uboju u kurcząt broilerów. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 3, 1: 139-144.
41. Jeacock R.E., 1977. Continuous measurements of the pH of beef muscle in impact beef carcasses. *Journal of Feed Technology*, 123: 375-386.
42. Kijowski J., Konstanczak M., 2009. Deep pectoral myopathy in broiler chickens. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 53: 487-491.
43. Kijowski J., Kupińska E., 2013. Dylematy ograniczenia miopatii mięśni piersiowych typu dmp u kurcząt brojlerów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 91: 32-44.

44. Kolar K., 1990. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMKL collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73: 54–57.
45. Kontrola dobrostanu brojlerów w gospodarstwie na podstawie badania poubojowego. PIW.Z.ZZ.4200D/1/2015 z dnia 13 kwietnia 2015, Załącznik nr 1.
46. Kuttappan V.A., Brewer V.B., Apple J.K., Waldroup P.W., Owens C. M., 2012. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poult. Sci.*, 91, 10: 2677-2685.
47. Kuttappan V.A., Lee Y.S., Erf G.F., Meullenet J.F., McKee S.R., Owens C.M., 2012. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.*, 91, 5: 1240-1247.
48. Kuttappan V.A., Shivaprasad H.L., Shaw D.P., Valentine B.A., Hargis B.M., Clark F.D., McKee S.R. and Owens C.M. (2013). Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poult. Sci.*, 92,2: 331-338.
49. Kuttappan V.A., Hargis B.M., Owens C.M., 2016. White stripping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poult. Sci.* 95: 2724-2733.
50. Kwiatkowska K., Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Bąkowski M., 2016. Wpływ chelatu glicynowego miedzi na parametry fizykochemiczne, morfometryczne i wytrzymałościowe kości piszczelowych kurcząt. *Annales UMCS, Zootechnica*, 34,1: 1-14.
51. Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Milczarek A., Matras J., 2016. Effects of zinc glycine chelate on growth performance, carcass characteristics, bone quality, and mineral content in bone of broiler chicken. *Livestock Sci.*, 191: 41-50.
52. Le Bihan-Duval E, Millet N., Remignon H., 1999. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poult. Sci.*, 78, 6: 822-826.
53. Leeson S., Summers J.D., 2001. *Nutrition of the Chicken*, 4th edition: 386-397.

54. Leeson S., Caston L., 2008. Using minimal supplements of trace minerals as a method of reducing trace mineral content in poultry manure. *Animal Feed Science and Technology*, 142, 3-4: 339-347.
55. Leeson S., 2009. Cooper metabolism and dietary needs. *World's Poult. Sci. J.*, 65.
56. Li C., Guo S., Gao J., Guo Y., Du E., Lv Z., Zhang B., 2015. Maternal high-zinc diet attenuates intestinal inflammation by reducing DNA methylation and elevating H3K9 acetylation in the promoter of offspring chicks. *J. of Nutr. Biochem.*, 26: 173-183.
57. Maiorano G., 2014. Defects in the poultry meat: the main issues in the modern poultry industry – a mini review. XXVI International Poultry Symposium PB WPSA, 12-18.
58. Manangi M.K., Richter S., Richards J.D., Vazquez-Anon M., 2009. Performance effects of feeding broilers with diets containing low levels of supplemental Zn as Zn-(HMTBa)₂ or inorganic Zn vs. industry levels of inorganic Zn. No 46. Poultry Science Association 98th Annual Meeting July 20–23, Raleigh, North Carolina US.
59. Manangi M.K., Hampton T., Fisher P., Richards J.D., Vasquez-Anon M., Christensen K.D., 2010. Impact of feeding lower levels of chelated minerals vs. industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, foot pad and litter minerals concentration. International Poultry Scientific Forum, Georgia World Congress Center, Atlanta, Georgia.
60. Manangi M.K., Vasquez-Anon M., Richerds J.D., Carter S., Buresh R.E., Chietensen K.D., 2012. Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals vs. industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, foot pad health, and litter mineral concentration. *J. Appl. Poult. Res.*, 21: 881–890.
61. Manangi M.K., 2013. HMTBa chelates play role in trace mineral nutrition. *Feedstuffs*, December 16.
62. Martrenchar A., Boilletot E., Huonnic D., Pol F., 2002. Risk factors for foot-pad dermatitis in chicken and turkey broilers in France. *Prev. Vet. Med.*, 22: 52, 3-4: 213-226.
63. Mazzoni M, Petracci M, Meluzzi A, Cavani C, Clavenzani P, Sirri F. 2015. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poult. Sci.*, 94, 1: 123-130.

64. Mudalal S., Lorenzi M., Soglia F., Cavani C., Petracci M., 2015. Implication of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9,4: 728-734, doi: 10.1017/s175173111400295X.
65. Nollet L., van der Klis J.D., Lensing M., Spring P., 2007. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *J. Appl. Poult. Res.*, 16, 4: 592-597.
66. Nowak J., Połtowicz K., 2014. Miopatia mięśni piersiowych typu DPM u kurcząt brojlerów. *Wiadomości Zootechniczne*, 52, 4: 168-172.
67. Nuzback D., Bowman G.R., Vazquez-Anon M., Richards J.D., 2008. Organic trace minerals: Bioavailability and functional effects in animals. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, Jan 29-30.
68. Opsahl W., Zeronian H., Ellison M., Levis D., Bucker R.B., Riggins R.S., 1982. Role of copper cross-linking and its influence on selected mechanical properties of chick bone and tendon. *J. Nutr.*, 112: 708-716.
69. Owens C.M., 2013. White striping in broiler breast meat. 62nd Annual National Breeders Roundtable, St. Louis.
70. Owens C.M., 2014. White striping in broiler breast meat, WATTAgNet.com, May 2014.
71. Qiao M., Fletcher D.L., Smith D.P., Northcutt J.K., 2002. Effects of raw broiler breast meat color variation on marination and cooked meat quality. *Poult. Sci.*, 81, 2: 276-280.
72. Parker D., 2009. The use of organominerals in poultry production. *ESPN, Proceedings*, 207-8.
73. Peris S., Bourdonnais A., Senkoylu N., Renouf B., Bernard N., 2017. Effects of replacing inorganic by organic chelated minerals on performance parameters in broilers. *Proceedings of the 21st ESPN*, p.283
74. Petracci M., Baeza E., 2011. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. *World's Poult. Sci. J.*, 68: 137-153.
75. Petracci M., Cavani C., 2012. Muscle growth and poultry meat quality. *Nutrients*, 4: 1-12.

76. Petracci M., Mudalal S., Bonfiglio A., Cavani C., 2013. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 92, 6:1670-1675.
77. Petracci M., Mudalal S., Babini E., Cavani C., 2014. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Ital. J. Anim. Sci.*, 13: 3138.
78. Petracci M., Soglia F., Canomico L., Cavani C., 2016. Meat quality of fast-growing broilers: problems and solutions. 25th WPC, Beijing, Proceedings, 271-277.
79. Picard J.T., Spring P., 2013. Nutritional interventions can prevent pododermatitis. *World Poultry*, 29: 2.
80. Pirce J., Ao T., Charlton P., Tucker L.A., 2009. Organic minerals for broilers and laying hens: reviewing the status of research so far. *World's Poult. Sci. J.* 65, 3: 493-498.
81. *Poultry Trends*, 2016.
82. Ranade A.S., Joardar D., Agivale R.B., Desai D.N., 2009. Effect of HMTBa chelated organic trace minerals - zinc, manganese, copper and selenium yeast on broiler performance and immunity. *Poultry Science*, 88 Supp., 1: 1-232.
83. Richards J.D., Giesen A.F., Shirley R.B., 2007. Organic trace minerals – an essential component for modern nutrition. *Asian Poultry Magazine*, June, 24-27.
84. Richards J.D., Bowman G.R., Vasquez-Anon M., 2008. Organic trace minerals: bioavailability and functional effects in animals. *Intermountain Nutrition Conference*, Salt Lake City, Utah, s.15-22.
85. Richards J., 2010a. Understanding and measuring trace mineral bioavailability. 33rd Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba.
86. Richards J. Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J., 2010b. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23, 11: 1527 -1534.
87. Richards J.D., 2010c. Measuring trace mineral bioavailability key. *Feedstuffs*, January 18.
88. Richards J.D., Manangi M.K., Dibner J.J., Carter S., 2010d. Mineral chelates aid biological integrity. *Feedstuffs*, March 29.

89. Richards J.D., Fisher P., Wineman T.D., Atwell A.D., Wedekind J.K., 2010e. Estimation of the Zn bioavailability of a Zn chelate relative to Zn sulfate based on tibia Zn and small intestinal metallothionein expression. 2010 International Poultry Scientific Forum Georgia World Congress Center, Atlanta, Georgia.
90. Ross 308 Guide. Aviagen 2012.
91. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (EU) 2016/1095.
92. Sams A.R., Janky D.M., Woodward S.A., 1990. Comparison of two shearing methods for objective tenderness evaluation and two sampling times for physical-characteristic analyses of early-harvested broiler breast meat. *Poult. Sci.*, 69: 348-353.
93. Sanfelice C., Bilgili S.F., Hess J.B., Mendez A., 2015. Dietary supplementation with complexed zinc and manganese on breast meat quality and myopathies of broiler chickens. International Poultry Scientific Forum, January 26-27.
94. Schedle K., Haslinger M., Leitgeb R., Bauer F., Ertle T., Windisch W., 2006. Carcass and meat quality of broiler chickens at different starving periods before slaughter. *Veterinarija ir Zootechnika*, 35: 57.
95. Scheideler S., 2008. Trace mineral balance in poultry. www.zootechnicainternational.com.
96. Sihvo H.K., Immonen K., Puolanne E., 2014. Myodegradation with fibrosis and regeneration in the pectorialis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51, 3: 619-623.
97. Siemińska E., 2016. Prognozy dla rynku mięsa kurcząt na świecie 2016 r., Rynek drobiu i mięsa, FAMMU/FAPA.
98. Socha M.T., Tomlinson D.J., DeFrain J.M., Ward T.L., 2010. New Advance in Trace Minerals Nutrition, Conference and technical symposium. Zinpro Corporation. 26-27 May, Fresco CA.
99. Star L., van der Klis J.D., Rapp C., Ward T.L., 2012. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. *Poult. Sci.*, 91, 12: 3115-20.
100. Star L., 2015. Feed measures to reduce losses of zinc and copper. European Symposium on Poultry Nutrition, Novus Launch Symposium.

101. Sun Q., Guo Y., Ma S., Yuan J., An S., Li J., 2012a. Dietary Mineral Sources Altered Lipid and Antioxidant Profiles in Broiler Breeders and Posthatch Growth of Their Offspring's. *Biol. Trace Elem. Res.*, 145: 318–324.
102. Sun Q., Guo Y., Li J., Zhang T., Wen J., 2012b. Effects of Methionine Hydroxy Analog Chelated Cu/Mn/Zn on Laying Performance, Egg Quality, Enzyme Activity and Mineral Retention of Laying Hens. *J. Poult. Sci.*, 49: 20-25.
103. Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Józefiak D., 2014. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70, 3: 475-486.
104. Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Józefiak D., 2017. The nutrition of poultry as a factor effecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review. *J. of Anim. Physiology and Anim. Nut.* DOI: 10.1111/jpn.12630.
105. Trace minerals in poultry nutrition, 2002. Avitech Scientific Bulletin, May.
106. Torres C.A., Korver D.R., 2011. Maternal broiler breeder flock age and dietary Cu, Zn and Mn from affect embryonic bone development, *Poult. Sci. Ass.* – abstract 309.
107. Trocino A., Piccirillo A., Birolo M., Radaelli G., Bertotto D., Filiou E., Petracci M., Xiccato G., 2015. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 94:2996-3004.
108. Wang Z., Cerrate S., Coto C., Yan F., Waldroup P.W., 2007. Evaluation of Mintrex® Copper as a Source of Copper in Broiler Diets. *International Journal of Poultry Science*, 6, 5: 308-313.
109. Yan F., Waldroup P.W., 2006. Evaluation of Mintrex® Manganese as a Source of Manganese for Young Broilers. *International Journal of Poultry Science* 5, 8: 708-713.
110. Yi G.F., Atwell C.A., Hume J.A., Dibner J.J., Knight C.D., Richards J.D., 2007. Determining the methionine activity of Mintrex organic trace minerals in broiler chicks by using radiolabel tracing or growth assay. *Poult. Sci.*, 86, 5: 877-887.
111. Yuan J., Xu Z., Huanh C., Zhou S., Guo Y., 2011. Effect of dietary Mintrex Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 168: 72-79.

112. Zhao J., Shirley R.B., Vasquez-Amon M., Dibner J.J., Richards J.R., Fisher P., Hampton T., Christensen K.D., Allard J.P., Gisen F., 2010. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield and footpad health in commercial meat broilers. *J. Appl. Res.*, 19: 365-372.
113. Ziółcki J., Doruchowski W., 1989. Metoda oceny wartości rzeźnej drobiu. Wyd. COBRD Poznań, 1-22.

**TABELE OD 2 DO 11
(DOŚWIADCZENIE 1)**

Tabela 2. Zawartość pierwiastków w poszczególnych grupach doświadczalnych i okresach żywienia (doświadczenie 1)

| Grupa | Testowany produkt | Poziomy pierwiastków |
|-------|--|---|
| I | Nieorganiczne formy pierwiastków* – standard | <p>Starter: Zn 100 ppm, Cu 20 ppm, Mn 80 ppm</p> <p>Grower 1: Zn 95 ppm, Cu 20 ppm, Mn 70 ppm</p> <p>Grower 2: Zn 90 ppm, Cu 20 ppm, Mn 70 ppm</p> <p>Finiszer: Zn 50 ppm, Cu 20 ppm, Mn 70 ppm</p> |
| II | Chelaty hydroksy analogu metioniny – wysoki poziom | <p>Starter / Grower 1: Zn 60 ppm, Cu 15 ppm, Mn 60 ppm</p> <p>Grower 2 / Finiszer: Zn 50 ppm, Cu 12 ppm, Mn 50 ppm</p> |
| III | Chelaty hydroksy analogu metioniny – niski poziom | <p>Starter / Grower: Zn 40 ppm, Cu 10 ppm, Mn 40 ppm</p> <p>Grower 2 / Finiszer: Zn 33 ppm, Cu 8 ppm, Mn 33 ppm</p> |

*Cu –5-wodny siarczan miedzi 25%; Mn –tlenek manganu 60%; Zn –tlenek cynku 72%.

Tabela 3. Skład surowcowy mieszanek paszowych (doświadczenie 1)

| Składniki (%) | Okresy żywienia – dni odchowu | | | |
|---|-------------------------------|---------|---------|---------|
| | 0-10 d | 11-20 d | 21-34 d | 35-40 d |
| Pszenica | 44,38 | 44,78 | 4,65 | 46,72 |
| Kukurydza | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| Śruta sojowa | 28,82 | 19,06 | 18,10 | 15,30 |
| Śruta rzepakowa | - | 8,00 | 8,00 | 10,00 |
| Krwinki suszone rozpyłowo | 0,60 | 0,81 | - | - |
| Olej sojowy | 2,90 | 5,01 | 5,96 | 6,08 |
| Premiks witaminowo-mineralny ¹ | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Fosforan 2-Ca | 1,23 | 0,62 | 0,49 | 0,19 |
| Kreda | 0,68 | 0,56 | 0,52 | 0,55 |
| Sól (NaCl) | 0,15 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,18 | 0,13 | 0,17 | 0,15 |
| L-Lizyna HCl | 0,33 | 0,31 | 0,35 | 0,29 |
| Hydroksy analog metioniny: | | | | |
| Grupa I | 0,29 | 0,23 | 0,24 | 0,20 |
| Grupa II | 0,22 | 0,15 | 0,18 | 0,14 |
| Grupa III | 0,24 | 0,18 | 0,20 | 0,16 |
| L-Treonina | 0,14 | 0,02 | 0,05 | 0,05 |

Tabela 4. Kalkulowane zawartości składników pokarmowych w paszach (doświadczenie 1)

| Składniki | Jedn. | Okresy żywienia – dni odchowu | | | |
|------------------|---------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| | | 0-10 d | 11-20 d | 21-34 d | 35-40 d |
| Białko ogólne | % | 21,50 | 20,00 | 19,00 | 18,50 |
| Tłuszcz | % | 4,74 | 6,87 | 7,82 | 7,95 |
| Włókno | % | 2,54 | 3,16 | 3,14 | 3,30 |
| Lizyna | % | 1,31 | 1,18 | 1,12 | 1,04 |
| Metionina | % | 0,56 | 0,50 | 0,50 | 0,46 |
| Met + Cys | % | 0,92 | 0,86 | 0,85 | 0,82 |
| Treonina | % | 0,90 | 0,74 | 0,72 | 0,70 |
| P | % | 0,60 | 0,52 | 0,49 | 0,45 |
| P – przyswajalny | g/kg | 4,20 | 3,40 | 3,20 | 2,80 |
| Ca | % | 0,69 | 0,54 | 0,49 | 0,44 |
| Na | % | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,14 |
| K | % | 0,85 | 0,75 | 0,73 | 0,70 |
| AMEn | kcal/kg | 2980,00 | 3125,00 | 3190,00 | 3209,00 |

¹Zapewnia w 1 kg paszy: 11,000 IU witaminy A; 2,500 IU witaminy D₃ (w tym 833 IU 25-hydroxy cholocalcyferolu); 50 mg witaminy E; 2.5 mg witaminy K; 2 mg witaminy B₁; 7 mg witaminy B₂; 4 mg witaminy B₆; 0.02 mg witaminy B₁₂; 40 mg niacyny; 12.5 mg kwasu pantotenowego; 1 mg kwasu foliowego; 0.2 mg biotyny; 300 mg choliny; 45 mg żelaza; 0.6 mg jodu; 0.25 mg kobaltu; 0.35 mg selenu.

Tabela 5. Wartość średnia (x) i średni błąd standardowy (SEM) dla średniego przyrostu masy ciała w czasie odchowu kurcząt (doświadczenie 1)

| Grupa | | Dni odchowu | | | | | |
|-------|-----|--------------------------|---------|---------|---------|--------|------------|
| | | przyrosty masy ciała (g) | | | | | masa ciała |
| | | 1 – 10 | 11 – 20 | 21 – 34 | 35 – 40 | 1 – 40 | 40 |
| I | x | 222,2 | 670,5 | 1455,4 | 535,0 | 2883,1 | 2924,1 |
| n-10 | SEM | 4,6 | 9,3 | 15,7 | 7,4 | 29,2 | |
| II | x | 223,5 | 674,5 | 1490,5 | 514,6 | 2903,1 | 2944,1 |
| n-10 | SEM | 5,3 | 10,5 | 14,2 | 13,2 | 31,2 | |
| III | x | 224,9 | 676,3 | 1459,2 | 526,4 | 2886,9 | 2927,9 |
| n-10 | SEM | 5,6 | 8,3 | 22,9 | 10,2 | 29,0 | |

n-10 – liczba powtórzeń w każdej grupie

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 6. Średnie spożycie paszy przez 1 ptaka i wskaźnik zużycia na 1 kg masy ciała (x) i średni błąd standardowy (SEM) w czasie odchowu kurcząt (doświadczenie 1)

| Grupa | | Dni odchowu | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------------------------|---------|---------|---------|--------|--|---------|---------|---------|--------|
| | | spożycie paszy (g/szt.) | | | | | wskaźnik wykorzystania paszy - FCR (g/g) | | | | |
| | | 1 – 10 | 11 – 20 | 21 – 34 | 35 – 40 | 1 – 40 | 1 – 10 | 11 – 20 | 21 – 34 | 35 – 40 | 1 – 40 |
| I | x | 311,0 | 837,4 | 2254,8 | 987,4 | 4390,2 | 1,18 | 1,25 | 1,55 | 1,85 | 1,52 |
| n-10 | SEM | 2,2 | 4,9 | 8,9 | 7,3 | 18,6 | 0,01 | 0,002 | 0,005 | 0,013 | 0,003 |
| II | x | 308,0 | 853,7 | 2278,8 | 989,8 | 4433,4 | 1,17 | 1,27 | 1,53 | 1,93 | 1,53 |
| n-10 | SEM | 2,2 | 4,9 | 8,9 | 7,3 | 18,6 | 0,01 | 0,002 | 0,005 | 0,013 | 0,003 |
| III | x | 309,1 | 847,0 | 2272,9 | 1000,0 | 4429,2 | 1,17 | 1,26 | 1,56 | 1,90 | 1,53 |
| n-10 | SEM | 2,2 | 4,9 | 8,9 | 7,3 | 18,6 | 0,01 | 0,002 | 0,005 | 0,013 | 0,003 |

n-10 – liczba powtórzeń w każdej grupie

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 7. Wyrównanie stada kurcząt brojlerów w 21 i 40 dniu odchowu (doświadczenie 1)

| Grupa | Wiek (dni) | Liczebność (szt.) | Zmienność (v) |
|--------|------------|-------------------|---------------|
| I | 21 | 97 | 10,31 |
| II | | 99 | 10,31 |
| III | | 98 | 10,05 |
| Ogółem | 21 | 294 | 10,20 |
| I | 40 | 96 | 8,30 |
| II | | 96 | 8,22 |
| III | | 98 | 7,54 |
| Ogółem | 40 | 290 | 8,00 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 8. Przeżywalność kurcząt i europejski wskaźnik wydajności EWW (doświadczenie 1)

| Grupa | Liczebność | Przeżywalność | EWW | |
|--------|------------|---------------|-------|----------------|
| | szt. | % | pkt. | odchylenie std |
| I | 96 | 96,00 | 467,8 | 38,27 |
| II | 96 | 96,97 | 474,5 | 31,20 |
| III | 98 | 98,99 | 477,4 | 21,21 |
| Ogółem | 290 | 97,32 | 473,2 | 30,21 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 9. Wartości średnie (x) i odchylenie standardowe (SD) masy ciała i cech rzeźnych w 40 dniu odchowu kurcząt (doświadczenie 1)

| Grupa | | Cecha | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|------|-------------------|-----|-------------|------|---------|---------|-------|---------|
| | | masa (g) | | wydajność rzeźna (%) | masa i % udział w tuszce | | | | | | podroby | | | |
| | | ciała przed ubojem | tuszki patroszonej z szyją | | skrzydeł | | szyi bez skóry | | pozostałość | | żołądek | wątroba | serce | łącznie |
| | | | | | g | % | g | % | g | % | | | | |
| I | x | 2947,5 | 2101,4 | 71,3 | 218,5 | 10,4 | 71,6 | 3,4 | 571,0 | 27,1 | 41,2 | 61,9 | 13,2 | 116,3 |
| | SD | 199,2 | 146,2 | 1,2 | 26,6 | 1,1 | 8,2 | 0,4 | 78,0 | 2,6 | 6,2 | 3,9 | 1,8 | 0,4 |
| II | x | 2966,0 | 2146,1 | 72,4 | 214,5 | 10,0 | 64,8 | 3,0 | 604,8 | 28,2 | 42,2 | 60,4 | 12,5 | 115,0 |
| | SD | 85,5 | 51,4 | 1,5 | 34,0 | 1,4 | 8,5 | 0,4 | 54,4 | 2,4 | 8,3 | 6,1 | 0,9 | 0,4 |
| III | x | 2963,5 | 2116,5 | 71,4 | 209,8 | 9,9 | 70,0 | 3,3 | 590,0 | 27,9 | 43,8 | 63,3 | 12,8 | 119,9 |
| | SD | 65,7 | 74,2 | 1,2 | 10,2 | 0,5 | 7,2 | 0,4 | 54,4 | 2,1 | 5,9 | 5,2 | 1,3 | 0,4 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 10. Wartości średnie (x) i odchylenie standardowe (SD) masy i udziału mięśni oraz skóry z tłuszczem podskórnym i tłuszczu sadelkowego u kurcząt w 40 dniu odchowu (doświadczenie 1)

| Grupa | | Cechy | | | | | | | | | | | |
|-------|----|---|------|-------------|------|--------|------|------------------------------|-----|----------------------|-----|---------------------|-----|
| | | masa i procentowy udział w tuszce patroszonej z szyją | | | | | | | | | | | |
| | | mięśni piersiowych | | mięśnie nóg | | ogółem | | skóry z tłuszczem podskórnym | | tłuszczu sadelkowego | | ogółem otłuszczenie | |
| | | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| I | x | 565,9 | 27,0 | 445,5 | 21,2 | 1011,5 | 48,2 | 154,2 | 7,3 | 26,1 | 1,2 | 180,3 | 8,6 |
| | SD | 40,8 | 1,3 | 37,5 | 1,5 | 67,7 | 2,1 | 23,1 | 1,0 | 8,2 | 0,4 | 27,4 | 1,2 |
| II | x | 580,1 | 27,0 | 447,8 | 20,9 | 1027,8 | 47,9 | 156,4 | 7,3 | 28,2 | 1,3 | 184,6 | 8,6 |
| | SD | 24,1 | 1,1 | 31,4 | 1,4 | 36,9 | 1,6 | 13,9 | 0,6 | 10,9 | 0,5 | 16,0 | 0,7 |
| III | x | 574,2 | 27,1 | 432,6 | 20,4 | 1006,8 | 47,6 | 161,3 | 7,6 | 27,4 | 1,3 | 188,6 | 8,9 |
| | SD | 25,7 | 1,2 | 31,8 | 1,4 | 53,7 | 2,3 | 14,8 | 0,6 | 9,6 | 0,4 | 21,0 | 0,8 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 11. Wartości średnie (x) i odchylenie standardowe (SD) cech fizykochemicznych mięśni piersiowych kurcząt w 40 dniu odchowu (doświadczenie 1)

| Grupa | | Cecha | | | | | | |
|-------|----|-------|------|----------|-------|-------|-------|--------|
| | | pH | | | barwa | | | wyciek |
| | | 15 | 24 | zmiana % | L* | a* | b* | % |
| I | x | 5,87 | 5,30 | 9,71 | 57,99 | 13,12 | 11,08 | 35,15 |
| | SD | 0,10 | 0,10 | 2,26 | 3,18 | 1,13 | 1,74 | 4,09 |
| II | x | 6,08 | 5,42 | 10,86 | 58,73 | 12,52 | 11,01 | 39,45 |
| | SD | 0,14 | 0,33 | 6,08 | 2,36 | 1,26 | 1,69 | 5,09 |
| III | x | 6,00 | 5,57 | 7,17 | 58,03 | 13,19 | 10,84 | 35,60 |
| | SD | 0,31 | 0,20 | 4,82 | 1,94 | 1,20 | 1,41 | 5,42 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono (p≤0,05).

**RYCINY OD 1 DO 7
(DOŚWIADCZENIE 1)**



A

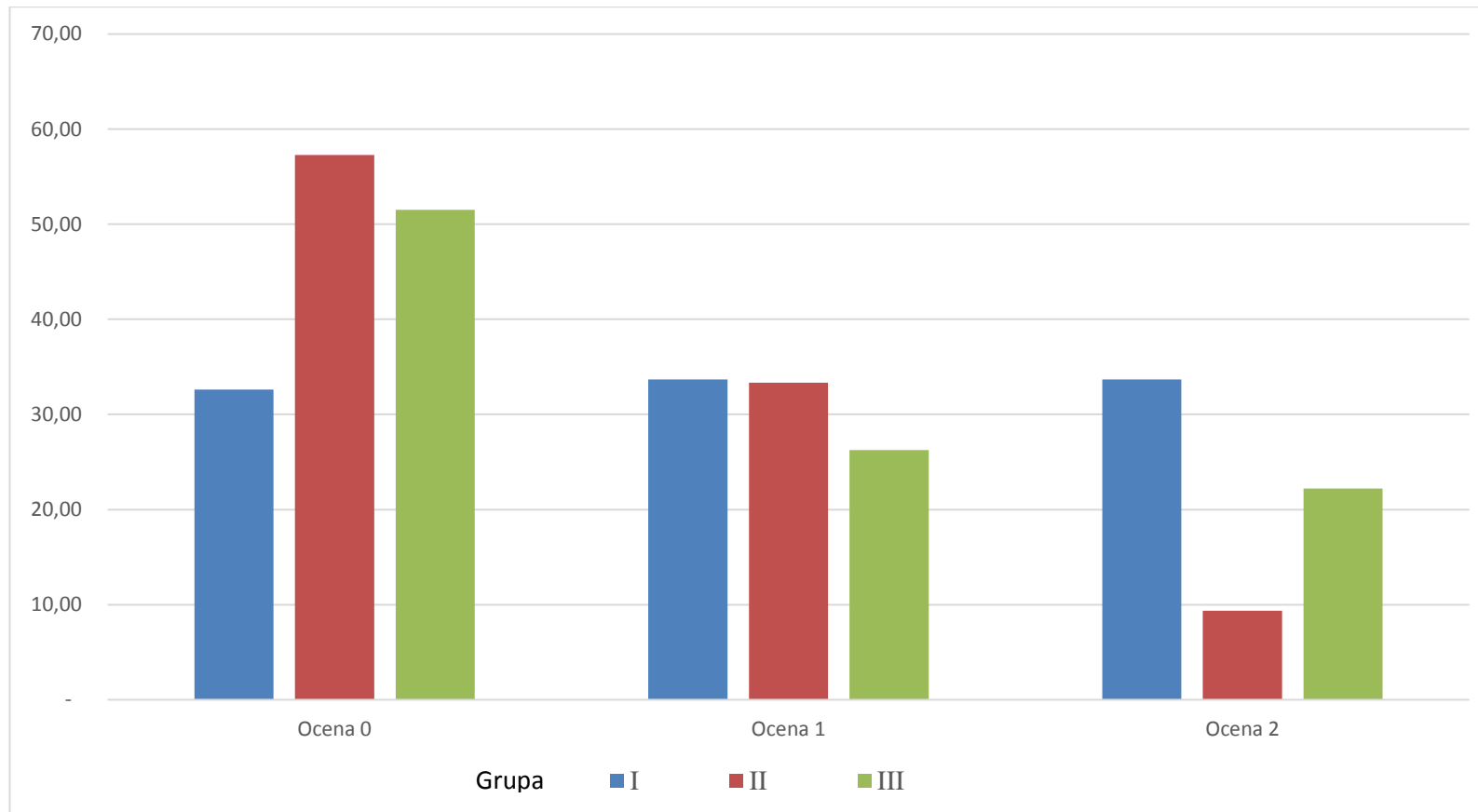


B

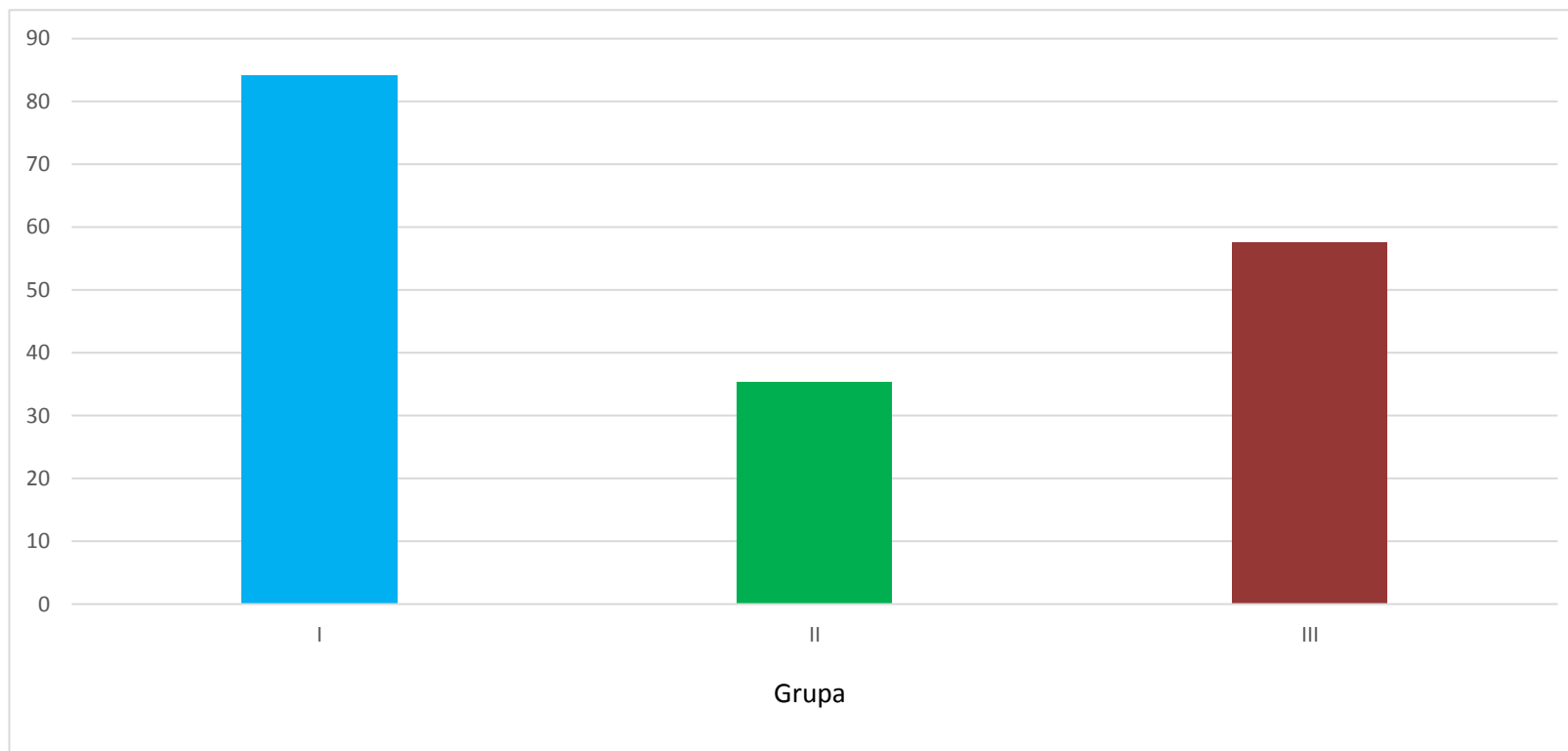


C

Rycina 1. Stopień uszkodzenia podeszew stóp: A – brak uszkodzeń (ocena 0), B – uszkodzenia powierzchowne (ocena 1), uszkodzenia poważne, głębokie (ocena 2).

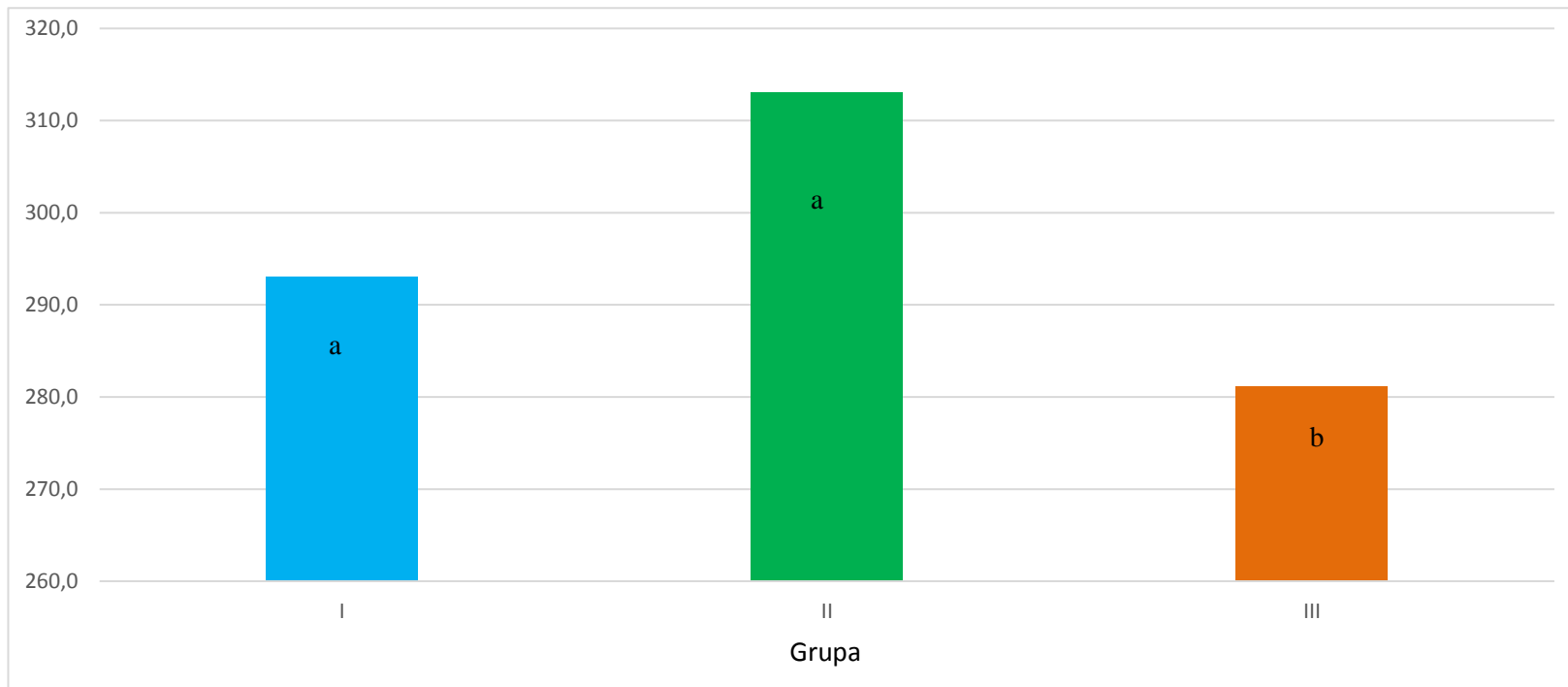


Rycina 2. Ocena stanu podszew stóp w (%) wystąpienia stopnia uszkodzenia.
 Skala ocen: 0 – brak zmian na podszewie, 1 – zmiany powierzchniowe, 2 – zmiany poważne, głębokie.



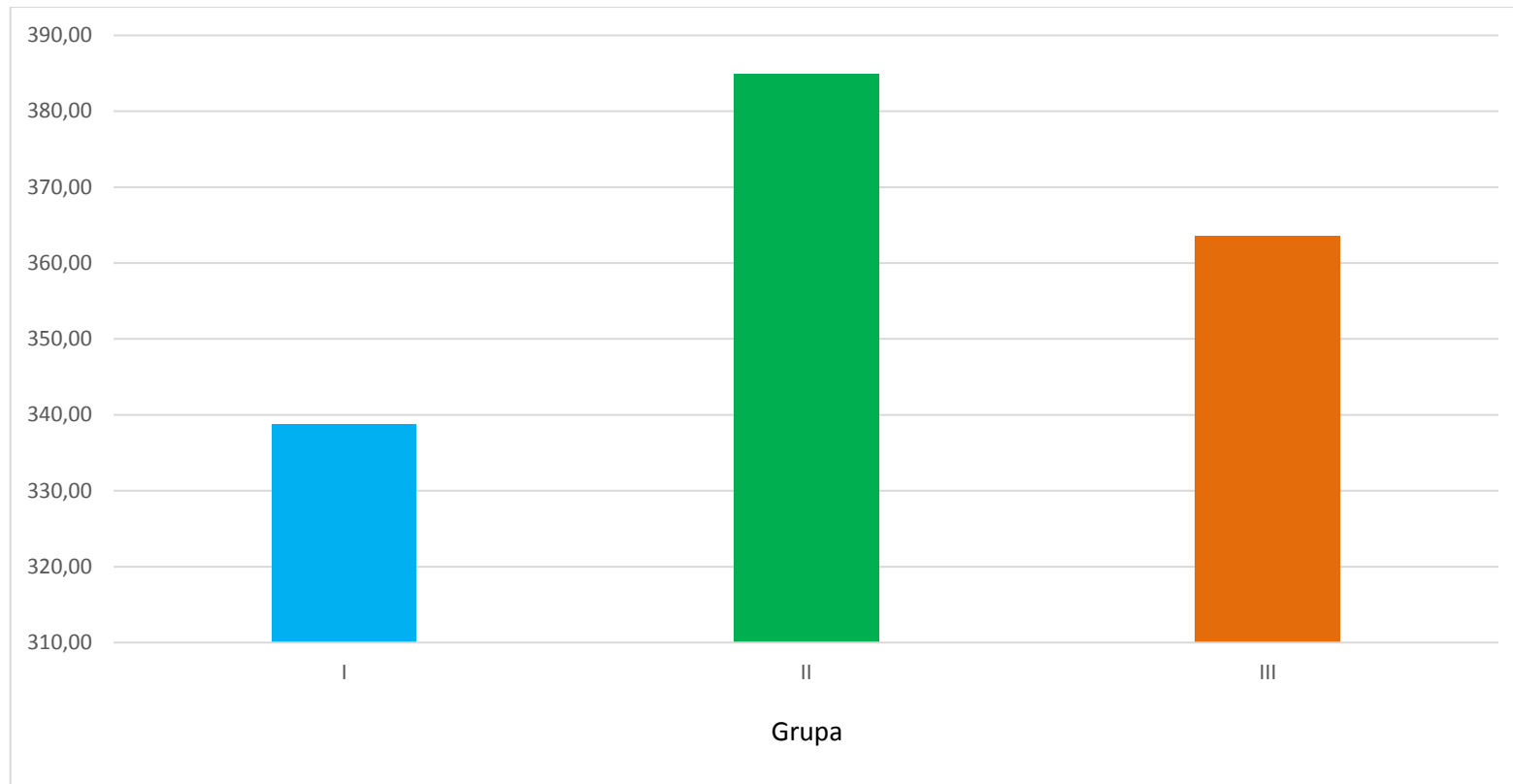
Rycina 3. Uzyskane wartości indeksu TP (punkty).

Obliczenie wartości indeksu TP uszkodzenia podeszew stóp: ocena 0 x 0 + ocena 1 x 0.5 + ocena 2 x 2.

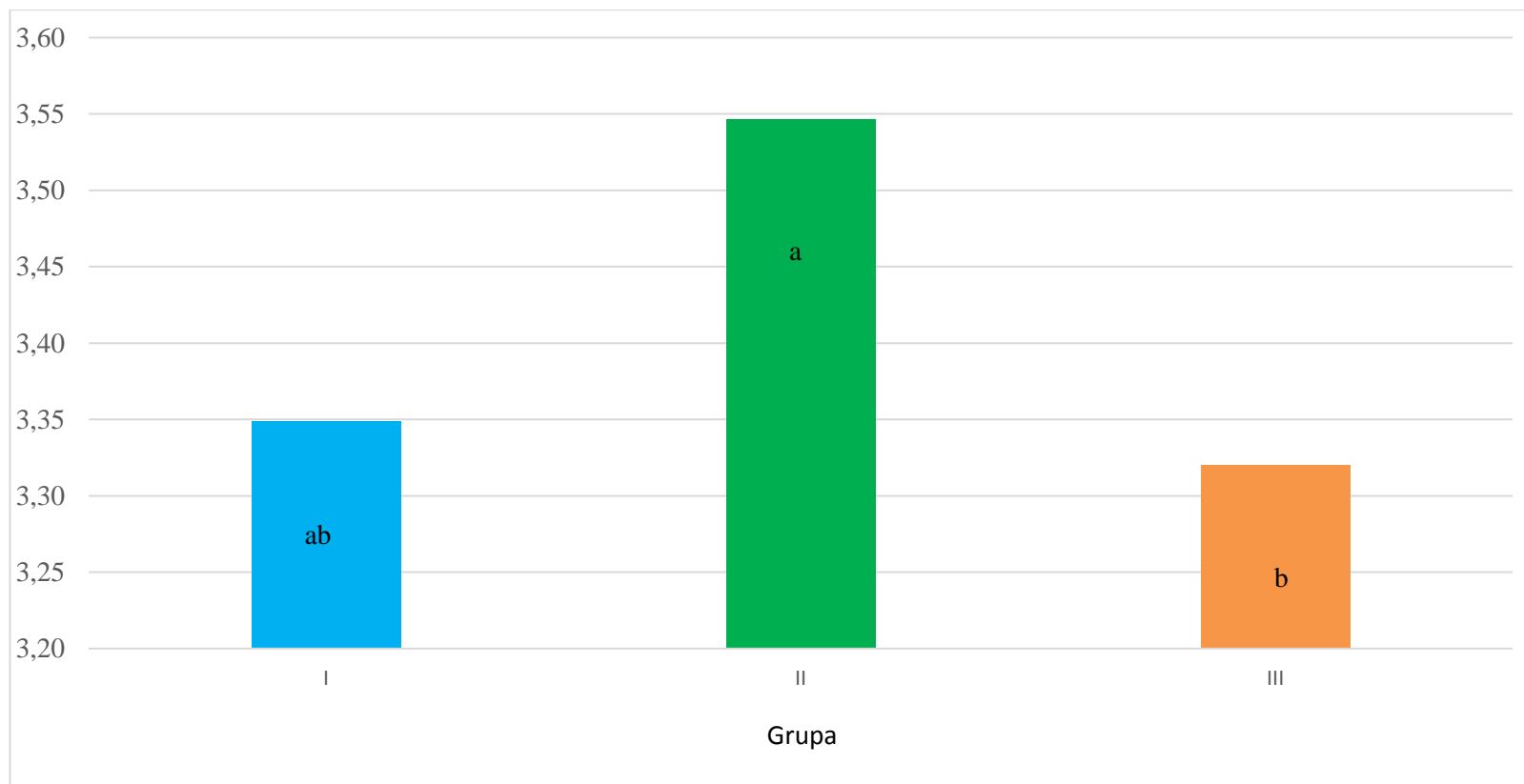


Rycina 4. Średnie maksymalne obciążenie przy pęknięciu kości udowej (N).

a, b – wartości średnie oznaczone na rycinie literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).

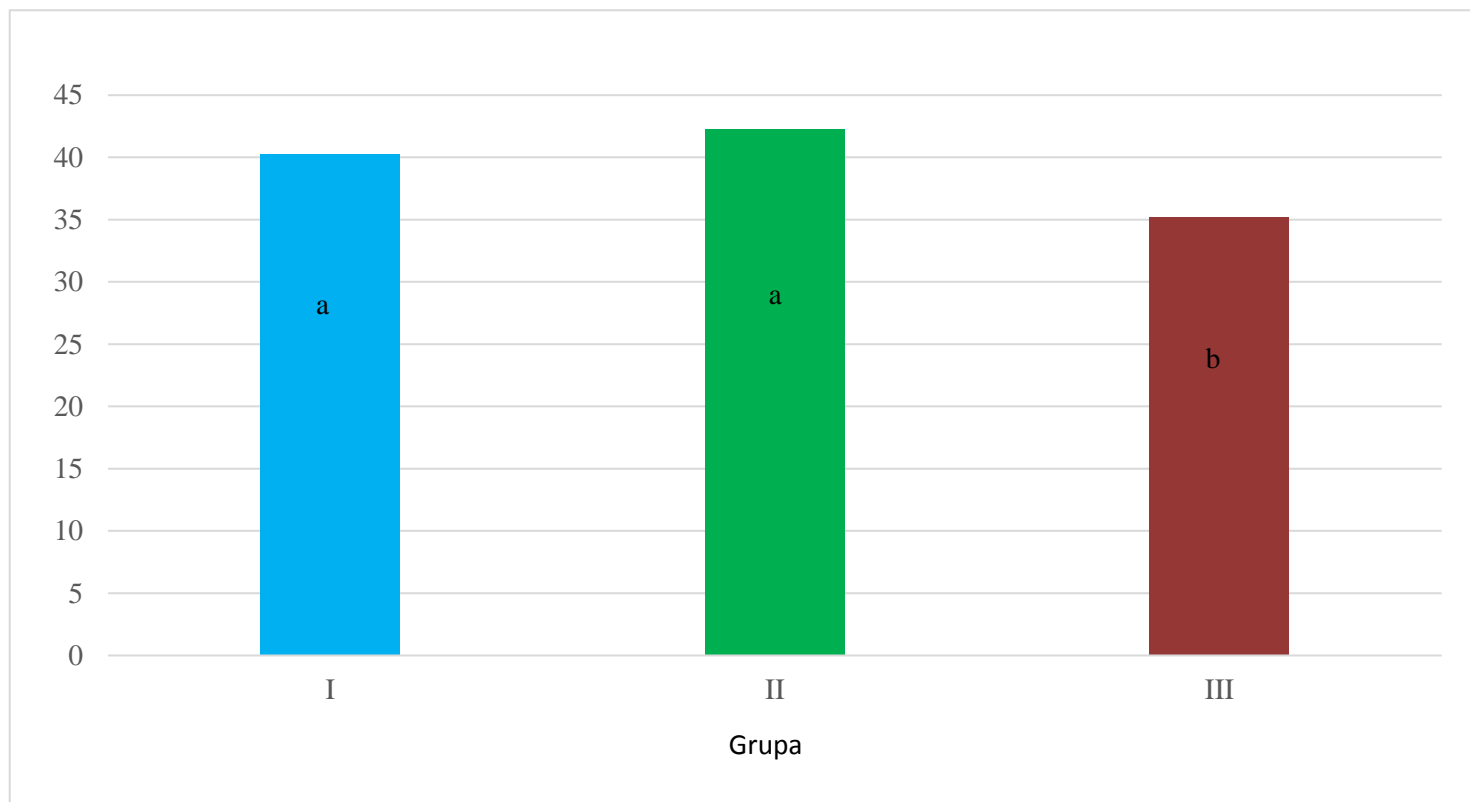


Rycina 5. Średnie maksymalne obciążenie przy pęknięciu kości piszczelowej (N).
*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).



Rycina 6. Maksymalna siła przy pęknięciu jelita czczego (N).

a, b – wartości średnie oznaczone na rycinie literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).



Rycina 7. Średnia maksymalna siła przy zerwaniu skóry z piersi (N).

a, b – wartości średnie oznaczone na rycinie literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).

**TABELE OD 12 DO 26
(DOŚWIADCZENIE 2)**

Tabela 12. Zawartość pierwiastków w poszczególnych grupach doświadczalnych i okresach żywienia (doświadczenie 2)

| Grupa | Forma pierwiastków | Poziom pierwiastków | Okres żywienia – dni odchowu | | |
|-------|--------------------|---------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| | | | 0 – 14 d. | 15 – 28 d. | 29 – 49 d. |
| I | chelat | wysoki | 60 – 15 – 60 | 50 – 12.5 – 50 | 50 – 12.5 – 50 |
| II | chelat | niski | 40 – 10 – 40 | 32 – 8 – 32 | 32 – 8 – 32 |
| III | nieorganiczna | wysoki | 60 – 15 – 60 | 50 – 12.5 – 50 | 50 – 12.5 – 50 |
| IV | nieorganiczna | niski | 40 – 10 – 40 | 32 – 8 – 32 | 32 – 8 – 32 |

Zawartość pierwiastków w ppm, odpowiednio: cynk – miedź – mangan.

Tabela 13. Skład surowcowy mieszanek paszowych (doświadczenie 2)

| Składniki (%) | Okresy żywienia – dni odchowu | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|
| | 0-14 | 15-28 | 29-49 |
| Pszenica | 10,00 | 44,78 | 45,65 |
| Kukurydza | 42,17 | 20,00 | 20,00 |
| Śruta sojowa | 23,11 | 19,06 | 18,10 |
| Sorgo | 0,00 | 0,00 | 5,00 |
| Biała kukurydza | 0,00 | 0,00 | 5,00 |
| Olej sojowy | 3,08 | 4,43 | 5,48 |
| Śruta sojowa pełnotłusta | 10,00 | 10,00 | 13,00 |
| Śruta słonecznikowa | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Gluten kukurydziany | 4,00 | 3,00 | 0,00 |
| Premiks witaminowo-mineralny ¹ | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Fosforan 2-Ca | 1,52 | 1,20 | 0,57 |
| Kreda | 0,91 | 0,65 | 0,52 |
| Sól (NaCl) | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,15 | 0,10 | 0,15 |
| L-Lizyna (siarczan) | 0,59 | 0,55 | 0,46 |
| DL-Metionina | 0,27 | 0,29 | 0,30 |
| L-Treonina | 0,15 | 0,14 | 0,14 |

Tabela 14. Kalkulowane zawartości składników pokarmowych w paszach
(doświadczenie 2)

| Składniki | Jedn. | Starter | Grower 1 | Grower 2 |
|------------------|---------|---------|----------|----------|
| Białko ogólne | % | 22,70 | 21,49 | 19,74 |
| Tłuszcz | % | 7,06 | 8,24 | 9,74 |
| Włókno | % | 3,08 | 3,04 | 3,07 |
| Lizyna | % | 1,38 | 1,29 | 1,27 |
| Metionina | % | 0,67 | 0,62 | 0,59 |
| Met + Cys | % | 1,03 | 0,97 | 0,91 |
| Treonina | % | 0,98 | 0,91 | 0,85 |
| P | % | 0,63 | 0,57 | 0,46 |
| P – przyswajalny | g/kg | 5,00 | 4,50 | 3,50 |
| Ca | % | 0,91 | 0,80 | 0,59 |
| Na | % | 0,16 | 0,14 | 0,15 |
| K | % | 0,85 | 0,75 | 0,73 |
| AMEn | kcal/kg | 3076,00 | 3168,00 | 3264,00 |

Tabela 15. Wartości średnie (x) i odchylenie standardowe (SD) masy ciała i średnich przyrostów dziennych w czasie odchowu kurcząt (doświadczenie 2)

| Grupa | | Dni odchowu | | | | | | |
|-------|----|----------------|---------|---------|---------|-------------------|-------------|-------------|
| | | masa ciała (g) | | | | przyrosty (g/dz.) | | |
| | | piskląt | 14 dnia | 31 dnia | 51 dnia | do 14 dnia | 1 – 31 dnia | 1 – 51 dnia |
| I | x | 39,96 | 372,12 | 1656,05 | 3932,8 | 23,72 | 50,53 | 77,11 |
| | SD | 0,36 | 14,42 | 62,24 | 130,1 | 1,028 | 2,015 | 2,551 |
| II | x | 39,9 | 370,0 | 1563,8 | 3938,3 | 23,6 | 50,5 | 77,1 |
| | SD | 0,3 | 17,2 | 50,2 | 53,4 | 1,1 | 1,6 | 1,5 |
| III | x | 40,3 | 368,3 | 1573,2 | 3886,8 | 23,4 | 50,8 | 76,2 |
| | SD | 0,3 | 16,6 | 38,9 | 78,4 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |
| IV | x | 40,3 | 362,2 | 1557,9 | 3857,1 | 23,0 | 50,3 | 75,6 |
| | SD | 0,3 | 12,9 | 24,9 | 92,2 | 0,9 | 0,8 | 1,8 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 16. Średnie spożycie paszy przez 1 ptaka i wskaźnik zużycia na 1 kg masy ciała (x) i odchylenie standardowe (SD) w czasie odchowu kurcząt (doświadczenie 2)

| Grupa | | Dni odchowu | | | | | | |
|-------|----|--------------------------|--------|--------|--|--------|----------|----------------------------|
| | | spożycie paszy (kg/szt.) | | | wskaźnik wykorzystania paszy - FCR (g/g) | | | średnie upadki kurcząt (%) |
| | | 1 – 14 | 1 – 31 | 1 – 51 | 1 – 14 | 1 – 31 | 1 – 51 | 1 – 51 |
| I | x | 0,560 | 2,459 | 6,716 | 1,687 | 1,616 | 1,726 a | 1,667 a |
| | SD | 0,012 | 0,065 | 0,173 | 0,050 | 0,027 | 0,035 | 1,000 |
| II | x | 0,553 | 2,473 | 6,740 | 1,680 | 1,624 | 1,732 a | 0,889 a |
| | SD | 0,013 | 0,050 | 0,105 | 0,071 | 0,034 | 0,020 | 1,054 |
| III | x | 0,556 | 2,461 | 6,715 | 1,700 | 1,609 | 1,741 ab | 1,889 ab |
| | SD | 0,017 | 0,043 | 0,113 | 0,039 | 0,018 | 0,021 | 1,453 |
| IV | x | 0,553 | 2,467 | 6,743 | 1,720 | 1,628 | 1,765 b | 3,222 b |
| | SD | 0,014 | 0,024 | 0,120 | 0,046 | 0,022 | 0,044 | 1,922 |

*a, b - wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).

Tabela 17. Wartości średnie (\bar{x}) i odchylenie standardowe (SD) masy ciała, średnie przyrosty pobrania paszy, wskaźnika wykorzystania paszy oraz upadków w czasie odchowu kurcząt wg źródła mikroelementów i dawki w okresie odchowu 0 – 51 dni (doświadczenie 2)

| Parametr | Źródło mikroelementów | | Dawka mikroelementów | |
|---|-----------------------|---------------|----------------------|-------|
| | chelat | nieorganiczna | Wysoka | Niska |
| Masa ciała (g) | 3,953 A | 3,872 B | 3,921 | 3,899 |
| Średni przyrost dzienny (g/d.) | 77,5 A | 75,9 B | 76,9 | 76,4 |
| Średnie dzienne pobranie paszy (/szt./d.) | 118,9 | 117,9 | 118,3 | 118,5 |
| Pobranie paszy (kg/szt.) | 6,756 | 6,729 | 6,734 | 6,750 |
| Wskaźnik wykorzystania paszy – FCR | 1,727 b | 1,753 a | 1,733 | 1,749 |
| Skorygowany wskaźnik wykorzystania paszy FCR – do masy ciała 3950 g | 1,726 B | 1,773 A | 1,740 | 1,762 |
| Upadki (%) | 1,45 | 2,68 | 1,88 | 2,18 |

*A, B - wartości średnie oznaczone w kolumnach literami różniły się statystycznie wysoce istotnie między grupami ($p \leq 0,01$)

*a, b - wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$)

Tabela 18. Wybrane parametry rzeźne kurcząt w 51 dniu odchowu (doświadczenie 2)

| Grupa | Wydajność rzeźna (%) | Uzysk mięśni piersiowych (%) | Uzysk nóg (%) | Uzysk skrzydeł (%) |
|---------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Liczba kurcząt szt. | 474 | 479 | 475 | 455 |
| I | 71,7 | 31,1 | 41,9 | 19,8 |
| II | 71,3 | 31,6 | 41,7 | 19,8 |
| III | 71,6 | 31,5 | 42,1 | 19,6 |
| IV | 71,4 | 31,3 | 42,3 | 19,7 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 19. Ocena FPD (Foot Pad Dermatitis) oraz stopnia odparzenia stawu skokowego w 31 dniu odchowu kurcząt – wg indeksu TP (doświadczenie 2)

| Grupa | Ilość kurcząt (szt.) | Ocena 0 | Ocena 1 | Ocena 2 | Index TP pkt. | Odparzenia stawu skokowego (%) |
|-------|----------------------|---------|---------|---------|---------------|--------------------------------|
| I | 346 | 5,8 | 79,5 | 14,7 | 69,2 | 31,8 |
| II | 348 | 4,4 | 80,9 | 14,6 | 69,8 | 27,1 |
| III | 345 | 3,9 | 81,1 | 14,9 | 70,4 | 27,6 |
| IV | 348 | 3,0 | 83,7 | 13,3 | 68,4 | 30,7 |

Odparzenia stawu skokowego wykonano wykorzystując skalę 3-stopniową, uzyskany wynik określa % udział stawów ocenionych na 1 i 2 w ogólnej liczbie ocenianych łap.

Tabela 20. Ocena FPD (Foot Pad Dermatitis) oraz stopnia odparzenia stawu skokowego w 51 dniu odchowu kurcząt – wg indeksu TP (doświadczenie 2)

| Grupa | Ilość kurcząt (szt.) | Ocena 0 | Ocena 1 | Ocena 2 | Index TP pkt. | Odparzenia stawu skokowego (%) |
|-------|-------------------------|---------|---------|---------|------------------|--------------------------------------|
| I | 474 | 20,8 | 67,2 | 12,0 | 57,6 | 48,1 |
| II | 479 | 24,1 | 65,4 | 10,5 | 53,7 | 46,3 |
| III | 475 | 28,1 | 63,4 | 8,4 | 48,6 | 43,3 |
| IV | 455 | 30,5 | 55,7 | 13,8 | 55,5 | 50,4 |

Odparzenia stawu skokowego wykonano wykorzystując skalę 3-stopniową, uzyskany wynik określa % udział stawów ocenionych na 1 i 2 w ogólnej liczbie ocenianych łap.

Tabela 21. Ocena jakości poduszki stóp – FPD – i odparzenia stawu skokowego wg źródła mikroelementów i dawki w wieku 51 dni (doświadczenie 2)

| Ocena | Chelat | Nieorganiczna |
|------------------------------|--------|---------------|
| FPD Ocena 0 (%) | 22,4 | 29,3 |
| FPD Ocena 1 (%) | 66,3 | 59,6 |
| FPD Ocena 2 (%) | 11,3 | 11,1 |
| TP-index (pkt.) | 55,6 | 52,0 |
| Odparzenia stawu skokowego % | 47,2 | 46,9 |

TP-index: $((\text{ocena } 0 \times 0) + (\text{ocena } 1 \times 0.5) + (\text{ocena } 2 \times 2)) / \text{ilość ocenianych łap} \times 100$.

Odparzenia stawu skokowego wykonano wykorzystując skalę 3-stopniową, uzyskany wynik określa % udział stawów ocenionych na 1 i 2 w ogólnej liczbie ocenianych łap.

Tabela 22. Przypadki wystąpienia miopatii mięśnia piersiowego (doświadczenie 2)

| Grupa | Białe włókna – WS (%) | | | Syndrom zdrewniałego mięśnia – WB (%) | | | Słaba spójność – PC (%) | | |
|-------|-----------------------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | ocena 0 | ocena 1 | ocena 2 | ocena 0 | ocena 1 | ocena 2 | ocena 0 | ocena 1 | ocena 2 |
| I | 36,7 | 22,6 | 40,7 | 86,5 | 1,5 | 12,1 | 53,8 | 37,7 | 8,5 |
| II | 42,5 | 22,5 | 35,0 | 90,8 | 0,0 | 9,1 | 52,5 | 37,5 | 10,0 |
| III | 41,0 | 23,0 | 36,0 | 87,4 | 1,0 | 11,6 | 61,0 | 35,0 | 4,0 |
| IV | 37,5 | 20,5 | 42,0 | 80,9 | 2,0 | 17,1 | 68,0 | 28,0 | 4,0 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 23. Ocena wybranych parametrów ilościowych i jakościowych tuszki wg źródła mikroelementów i poziomu w wieku 51 dni (doświadczenie 2)

| Cecha | Źródło mikroelementów | | Dawka mikroelementów | |
|--|-----------------------|---------------|----------------------|--------|
| | chelat | nieorganiczna | wysoka | Niska |
| Masa tuszki (g) | 2847,6 | 2858,6 | 2843,7 | 2861,6 |
| Masa mięsienia piersiowego powierzchniowego (g) | 308,6 | 294,8 | 300,8 | 301,9 |
| Udział mięsienia piersiowego powierzchniowego w tuszce (%) | 10,8 | 10,4 | 10,7 | 10,5 |
| Wytrzymałość mechaniczna skóry (kg) | 2,8 | 3,1 | 3,1 | 2,8 |
| Zawartość kolagenu w skórze (%) | 10,3 | 10,1 | 10,7 | 9,6 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 24. Wartości średnie (\bar{x}) i odchylenie standardowe (SD) cech fizykochemicznych mięśni piersiowych powierzchniowych kurcząt w 51 dniu odchowu (doświadczenie 2)

| Grupa | | Cecha | | | |
|-------|----|-------|--------|-------|-------|
| | | pH | barwa | | |
| | | | L* | a* | b* |
| I | x | 5,934 | 55,731 | 1,599 | 5,461 |
| | SD | 0,120 | 2,313 | 0,750 | 0,938 |
| II | x | 5,930 | 55,293 | 1,265 | 5,316 |
| | SD | 0,108 | 2,829 | 0,858 | 1,866 |
| III | x | 5,916 | 56,986 | 1,934 | 6,558 |
| | SD | 0,071 | 2,101 | 0,750 | 2,072 |
| IV | x | 5,938 | 55,412 | 2,194 | 5,461 |
| | SD | 0,081 | 3,402 | 1,339 | 1,256 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).

Tabela 25. Wartości średnie (x) i odchylenie standardowe (SD) cech fizykochemicznych mięsa kurcząt w 51 dniu odchowu (doświadczenie 2)

| Grupa | | Wyciek | Strata wody podczas gotowania | Siła cięcia mięsa surowego | Pobranie marynaty | Straty wody podczas gotowania mięsa marynowanego | Uzysk ogółem | Siła cięcia mięsa marynowanego | Siła napięcia skóry | Poziom kolagenu w skórze |
|-------|----|----------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|--|--------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|
| | | % | (%) | (kg/g) | (%) | (%) | (%) | (kg/g) | (kg) | (%) |
| I | x | 1,207 B | 22,623 | 2,897 | 10,83 | 17,02 | 91,95 | 1,699 | 2,901 a | 10,44 |
| | SD | 0,199 | 2,534 | 0,616 | 2,70 | 1,68 | 2,15 | 0,153 | 0,604 | 3,66 |
| II | x | 1,307 B | 24,633 | 2,755 | 11,71 | 18,33 | 91,23 | 1,628 | 2,669 a | 10,12 |
| | SD | 0,268 | 4,088 | 0,465 | 3,00 | 2,96 | 4,29 | 0,244 | 0,567 | 3,28 |
| III | x | 1,152 AB | 23,264 | 2,918 | 11,62 | 17,82 | 91,71 | 1,676 | 3,271 b | 10,99 |
| | SD | 0,389 | 1,976 | 0,517 | 2,91 | 1,37 | 2,48 | 0,261 | 0,790 | 2,71 |
| IV | x | 0,892 A | 22,047 | 2,632 | 11,21 | 17,83 | 91,37 | 1,629 | 2,956 a | 9,16 |
| | SD | 0,163 | 2,193 | 0,383 | 2,86 | 1,35 | 2,78 | 0,269 | 0,767 | 1,59 |

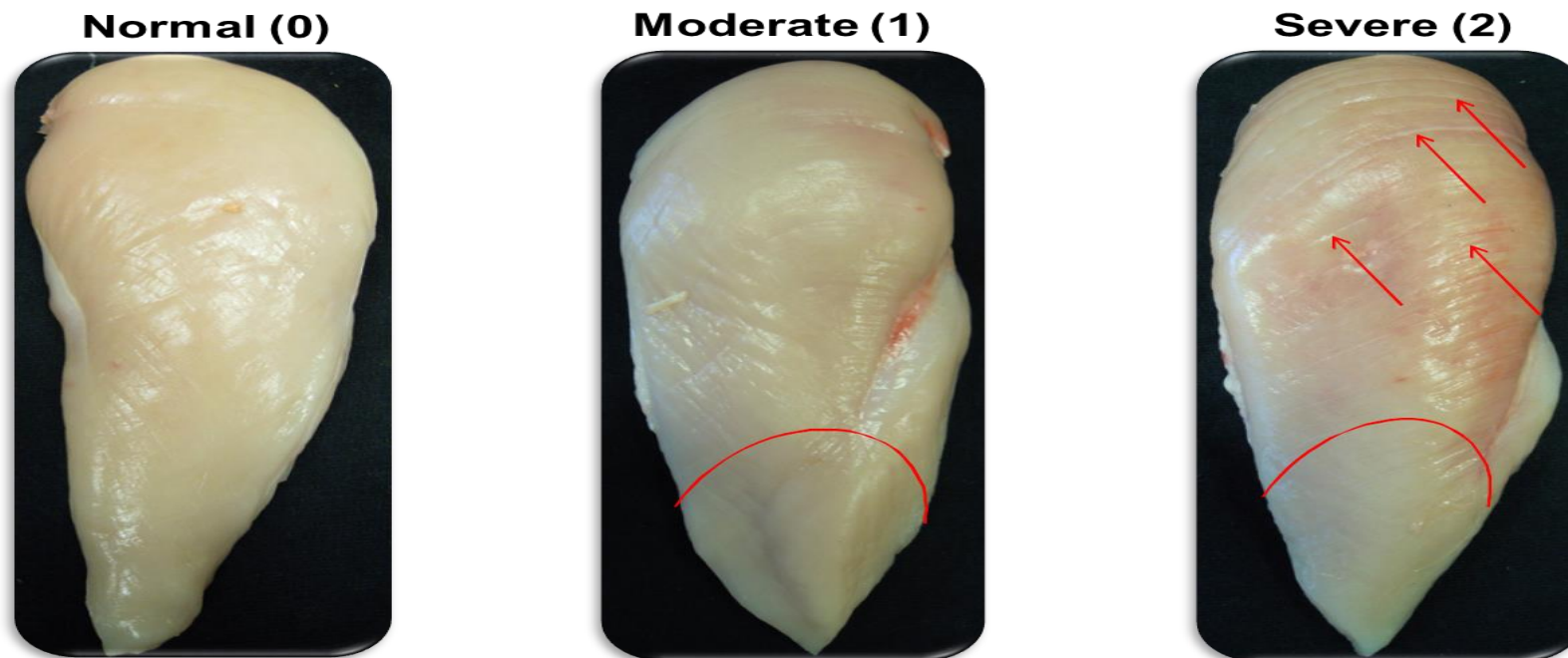
a, b - wartości średnie oznaczone w kolumnach literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).

Tabela 26. Poziom wody, białka, tłuszczu i popiołu w mięśni piersiowych powierzchownych oraz kolagenu w skórze z piersi uzyskane od kurcząt w wieku 51 dniu (doświadczenie 2)

| Grupa | | Skład chemiczny mięśni piersiowych | | | |
|-------|----|------------------------------------|------------|-------------|------------|
| | | woda (%) | białko (%) | tłuszcz (%) | popiół (%) |
| I | x | 75,50 | 21,69 | 2,05 | 1,23 |
| | SD | 1,53 | 1,46 | 0,77 | 0,26 |
| II | x | 75,81 | 21,71 | 1,99 | 1,20 |
| | SD | 1,41 | 1,87 | 0,53 | 0,14 |
| III | x | 75,38 | 21,71 | 1,96 | 1,19 |
| | SD | 1,55 | 1,50 | 0,37 | 0,09 |
| IV | x | 75,16 | 22,29 | 2,00 | 1,23 |
| | SD | 1,28 | 1,20 | 0,49 | 0,16 |

*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$)

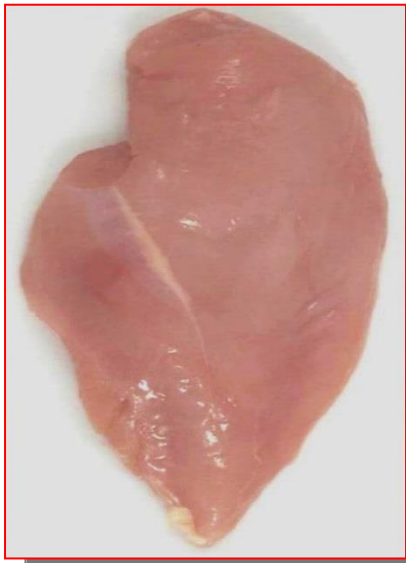
**RYCINY OD 8 DO 14
(DOŚWIADCZENIE 2)**



Rycina 8. Sposób oceny zdrewniałego mięśnia – wooden breast (WB): ocena 0 – mięsień piersiowy bez zmian, ocena 1 – średnie nasilenie zmian, ocena 2 – poważne nasilenie zmian.



Rycina 9. Porównanie właściwości fizycznym mięśnia piersiowego z poważną wadą typu WB – zdrewniały mięsień (A) z normalnym mięśniem piersiowym, bez tej wady (B). Kuttappan i in. (2016).



Normalny, bez białych
włókien

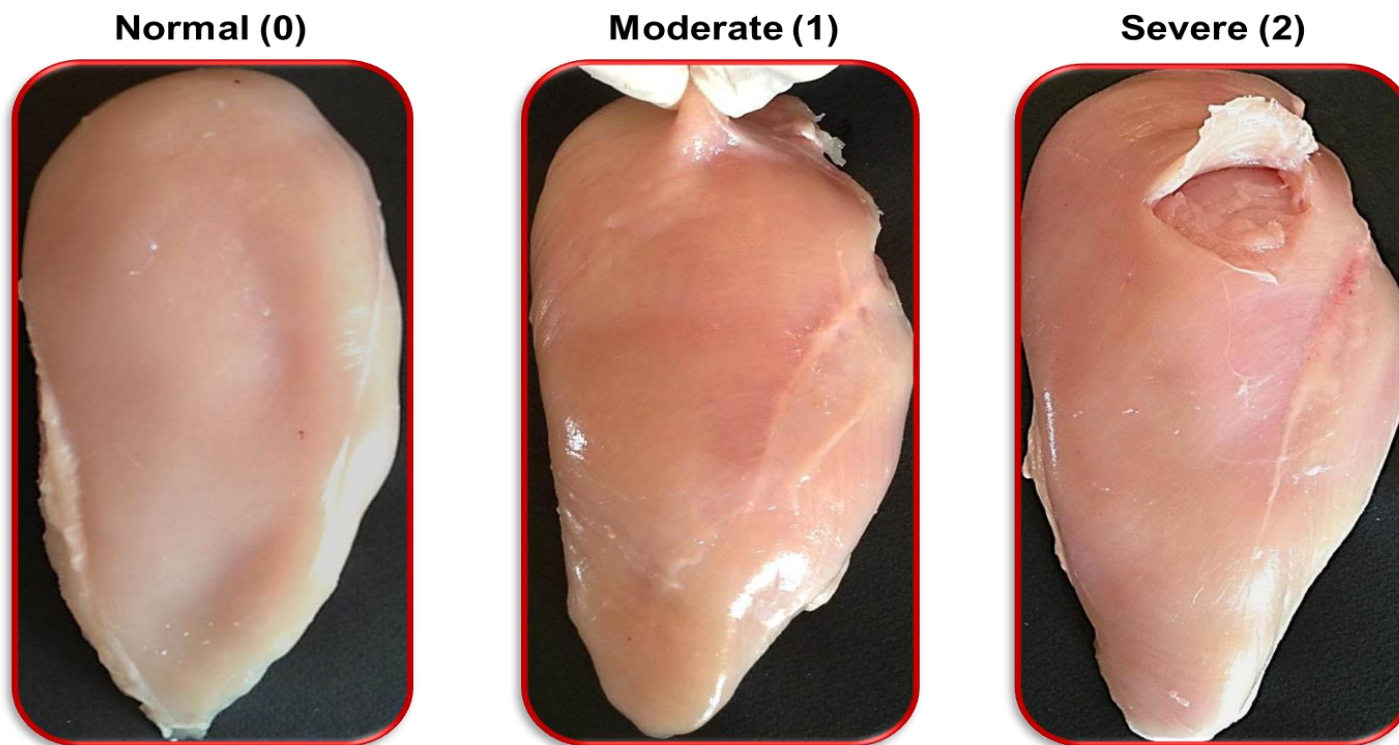


Średni poziom wady – białe
włókna <1 mm

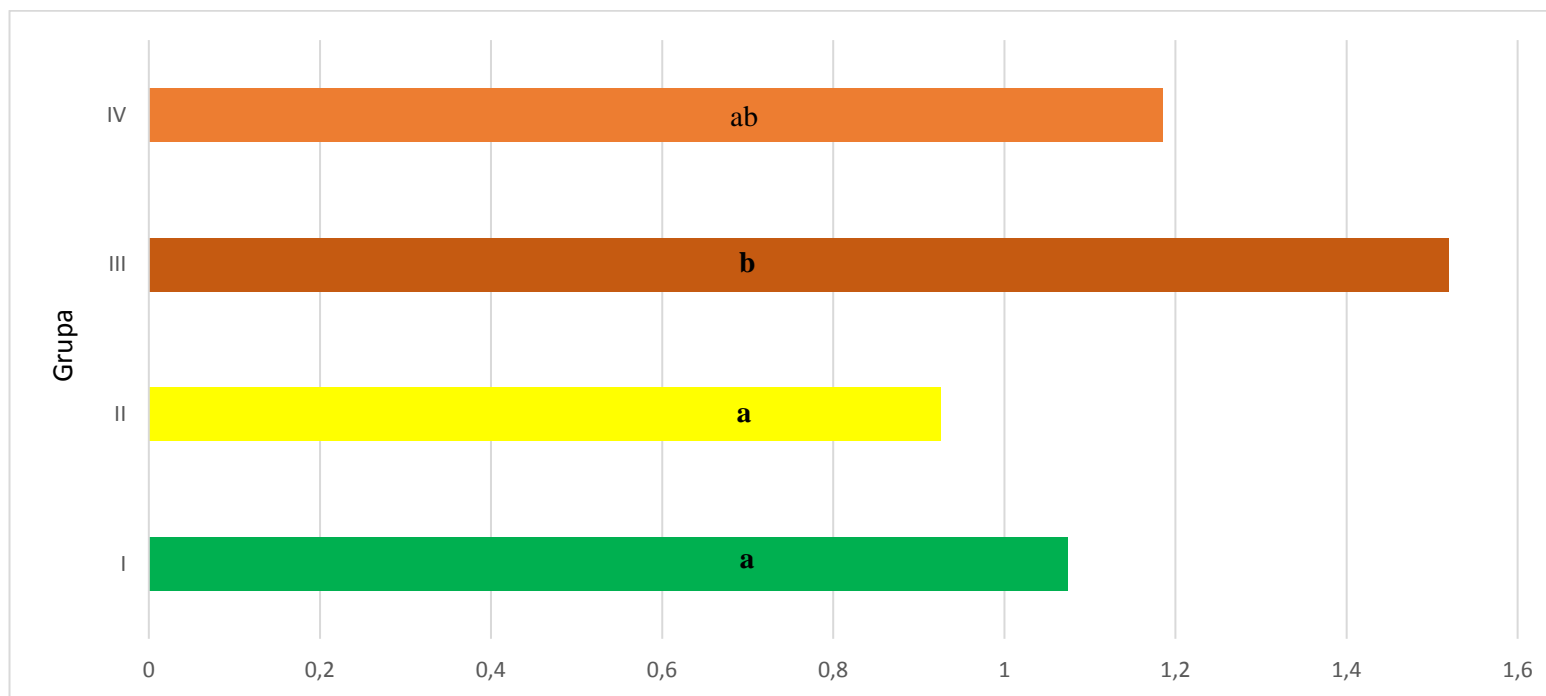


Poważny poziom wady – białe
włókna >1 mm

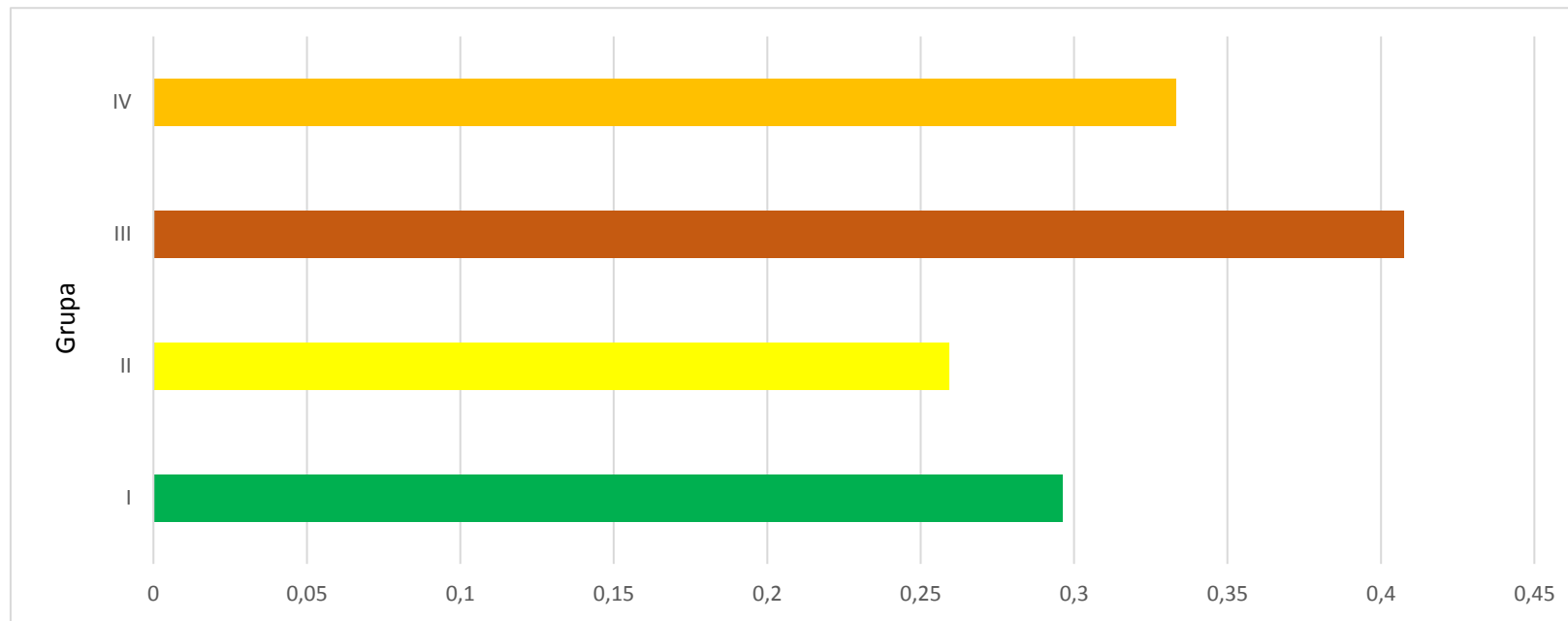
Rycina 10. Metoda oceny stopnia wystąpienia wady białych włókien – white stripping (WS).



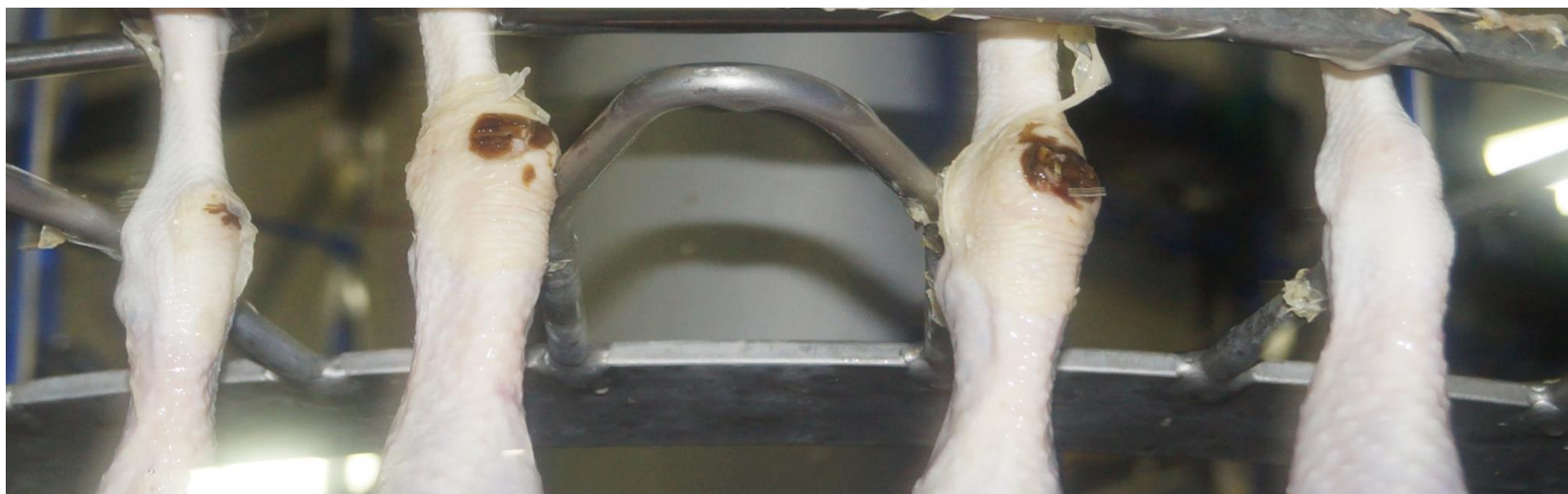
Rycina 11. Metoda oceny spójności mięśnia piersiowego – poor cohesion (PC): ocena 0 – mięsień piersiowy o normalnej strukturze, ocena 1 – średnie nasilenie zmian, ocena 2 – poważna nasilenie zmian.



Rycina 12. Stopień uszkodzenia główki kości udowej. Skala ocen: 0 – normalna główka kości udowej, 1 – oddzielona główka kości udowej, 2 – zwyrodnienie przejściowe główki kości udowej, 3 – nekroza główki kości udowej.
 a, b - wartości średnie oznaczone różnymi literami różniły się statystycznie istotnie między grupami ($p \leq 0,05$).



Rycina 13. Stopień uszkodzenia główki kości piszczelowej. Skala ocen: 0 – normalna, 1 – nekroza główki kości piszczelowej, 2 – poważna nekroza główki kości piszczelowej, 3 – serowaciejąca i poważna nekroza główki kości piszczelowej.
*statystycznie istotnych różnic nie stwierdzono ($p \leq 0,05$).



B

C

C

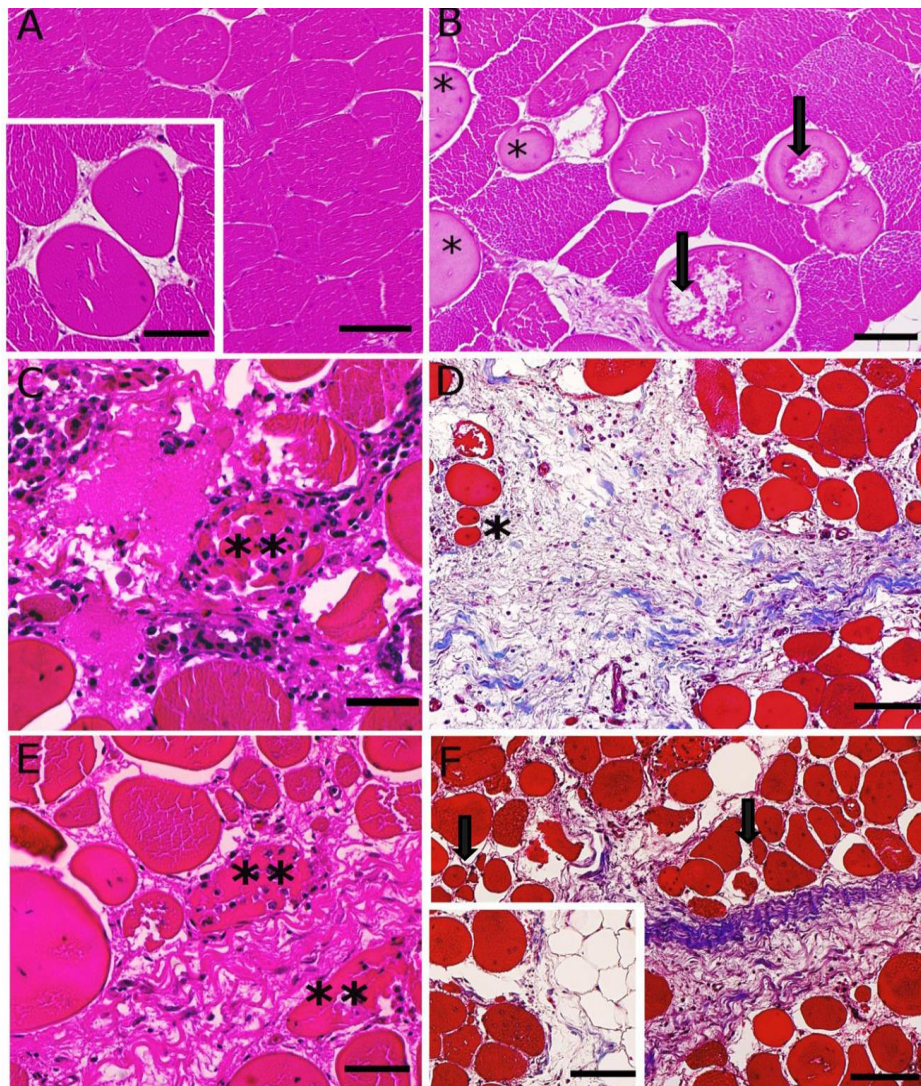
A



Rycina 14. Ocena stopnia odparzenia stawu skokowego: A – brak odparzenia (ocena 0), B – umiarkowane odparzenia (ocena 1), C – poważne odparzenia (ocena 2).

ZAŁĄCZNIKI 1-2

Załącznik 1. Ocena histologiczna włókien mięśniowych w mięśni piersiowym wg Trociono i in. 2015.



Ocena histologiczna włókien mięśniowych w normalnej próbce (A); próbka z umiarkowanym poziomem wady białych włókien (B); próbka z poważnym defektem typu białe włókna (C); próbka z jednoczesną obecnością wady białych włókien i zdrewniałego mięśnia piersiowego (D); próbki z poważnym stopniem wady zdrewniałej piersi (E, F). Panele (A-C) i (E) są barwione hematoksyliną i eozyną, podczas gdy panele (D) i (F) są zabarwione barwikiem Trichrome firmy Masson.

A) W normalnych próbkach – mięsień piersiowy bez wad, każde włókno mięśniowe składa się z komórki wielonukleinowej ze szczecinką. Wzór, odzwierciedlający regularne rozmieszczenie sarkomerów wewnątrz każdej komórki. Jądra są rozmieszczone obwodowa; czasami niektóre włókna mięśniowe wykazują hiperozynofilowy aspekt z utratą poprzecznych prążków i internalizacji jądra. B) włókna hiperozynofilowe (gwiazdki), a także włókna z degeneracją typu wakuolar (strzałki) są wykrywalne i rozproszone wśród zwykłych włókien. C) Fragmentowane włókno mięśniowe, które przechodzi w fagocytozę (gwiazdki), przerwanie śródmiąższowe przez limfocyty i makrofagi. D) ciężka zwyrodnieniowa miopatia, w których włókna mięśniowe są zastępowane zwłóknieniem. Włókna kolagenowe barwione są na niebiesko, wykrywane są liczne komórki zapalne. Zmienność wielkości włókien wskazuje na odbywający się proces regeneracji (gwiazdka). E) Nekrotyczne włókna (gwiazdki) zanurzone w obfitej tkance łącznej. F) scharakteryzowany proces degeneracji przez obfite zwłóknienie i włókna o zmiennym rozmiarze (strzałki). Zdjęcie F wskazuje na wymianę tkanki mięśniowej na tkankę tłuszczową.

Załącznik 2. Wyniki oceny chemicznej mięśni piersiowych z/bez wad wg Baldi i in (2017).

| Parametr | Jedn. | Pomiar | Grupa* | | | |
|------------|-------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Normalny | WS | SM | WS/SM |
| Wilgotność | % | powierzchnowy | 75,00 ^{bc} | 75,20 ^b | 76,30 ^a | 76,10 ^a |
| | % | wgłębny | 74,70 ^c | 74,40 ^c | 75,20 ^a | 75,10 ^{bc} |
| Białko | % | powierzchnowy | 23,60 ^{ab} | 22,50 ^{cd} | 21,90 ^d | 21,90 ^d |
| | % | wgłębny | 24,30 ^a | 23,50 ^b | 23,50 ^b | 23,40 ^{bc} |
| Tłuszcz | % | powierzchnowy | 1,53 ^d | 2,47 ^a | 1,82a ^{cd} | 2,40 ^a |
| | % | wgłębny | 1,58 ^{cd} | 2,05 ^{ab} | 1,59 ^{cd} | 1,93 ^{bc} |
| Popiół | % | powierzchnowy | 1,20 ^a | 1,15 ^{ab} | 1,10 ^b | 1,10 ^b |
| | % | wgłębny | 1,21 ^a | 1,16 ^{ab} | 1,16 ^{ab} | 1,19 ^a |
| Kolagen | % | powierzchnowy | 0,86 ^{ab} | 0,92 ^a | 0,94 ^a | 0,92 ^a |
| | % | wgłębny | 0,82 ^b | 0,84 ^b | 0,83 ^b | 0,84 ^b |

*n = 24 / grupę

**abcd - wartości średnie oznaczone w tabeli literami różniły się statystycznie istotnie między grupami (p≤0,05).

STRESZCZENIE

WPLYW CHELATÓW ZN, CU I MN HYDROKSY ANALOGU METIONINY NA WYNIKI PRODUKCYJNE I JAKOŚĆ MIĘSA KURCZĄT BROJLERÓW

Obserwowany ciągły wzrost zapotrzebowania światowego na mięso drobiowe spowodowane jest jego wysoką wartością odżywczą, konkurencyjnością pod kątem kosztów wytworzenia oraz brakiem ograniczeń spożycia ze względów religijnych. Jednakże coraz wyższa dynamika wzrostu kurcząt i coraz wyższa masa ubijanych ptaków, wiąże się z różnorodnymi konsekwencjami ubocznymi, takimi jak szereg problemów metabolicznych, wpływem na jakość produktu gotowego – mięsa, czy też poprzez wzrost presji sektora produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne, w formie emitowanych zanieczyszczeń.

Celem badań było porównanie wpływu zmniejszonych poziomów Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny oraz standardowych poziomów tych pierwiastków w formie nieorganicznej na wyniki produkcyjne uzyskane przez kurczęta brojlery: końcowa masa ciała, pobranie paszy, wskaźnik wykorzystania paszy i śmiertelność, a także na wybrane cechy jakościowe i ilościowe tuszek kurcząt: wydajność rzeźna i udział mięśni piersiowych, mięśni nóg, poziomu otłuszczenia, udziału skrzydeł, szyi, stopnia uszkodzenia główek kości udowych piszczelowych, składu chemicznego mięśni piersiowych oraz uszkodzenia podszew stóp – FPD i oparzeń stawów skokowych.

Na potrzeby niniejszej pracy przeprowadzone zostały 2 doświadczenia. W doświadczeniu 1, badano wpływ obniżonych poziomów Zn, Cu i Mn w formie chelatów w porównaniu do form nieorganicznych, w doświadczeniu 2 użyto tych samych pierwiastków na dwóch poziomach: wysokim i niskim w formach chelatu i nieorganicznej. W obu przypadkach wykorzystano kurczęta Ross 308.

Doświadczenie 1:

1. W wyniku przeprowadzonych badań własnych nie stwierdzono wpływu zróżnicowanych form i poziomów Zn, Cu i Mn na wyniki odchowu kurcząt, co może być wynikiem braku presji środowiska.
2. Zastosowanie w żywieniu brojlerów Zn, Cu i Mn w formie chelatów hydroksy analogu metioniny pozwala na zmniejszenie poziomu stosowanych mikroelementów w porównaniu do form nieorganicznych, bez ryzyka pogorszenia dynamiki wzrostu, wskaźnika wykorzystania pasz i przeżywalności kurcząt. Ograniczenie to pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu

produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne, poprzez mniejszą emisję tych pierwiastków.

3. Jakość mięsa oceniana na podstawie wybranych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych takich jak pH, barwa i wyciek była zbliżona we wszystkich ocenianych grupach.
4. Wprowadzenie form organicznych badanych pierwiastków śladowych spowodowało poprawę stanu łap, wyrażoną niższą wartością indeksu TP (odpowiednio 35,4 pkt. i 57,6 pkt. w porównaniu do formy nieorganicznej 84,2 pkt.), świadcząca o lepszym dobrostanie kurcząt.
5. Kurczęta otrzymujące cynk, miedź i mangan w formie nieorganicznej i chelatów na wyższym poziomie, wykazały się lepszą integralnością tkankową, ocenianą na podstawie wytrzymałości mechanicznej kości udowych i skóry w porównaniu do grupy otrzymującej chelaty na niższym poziomie, w przypadku jelita czczego najniższą siłą potrzebną do jego zerwania była potrzebna w grupie otrzymującej chelaty na niskim poziomie.

Doświadczenie 2

1. Kurczęta żywione paszami zawierającymi organiczną formę mikroelementów charakteryzowała większa masa ciała o 2,1%, średni przyrost dzienny o 2,1% oraz niższy skorygowany wskaźnik wykorzystania paszy o 2,7%.
2. Wydajność rzeźna, wydajność mięśnia piersiowego, udział w tuszce nóg i skrzydeł był zbliżony we wszystkich grupach.
3. W warunkach wysokiej obsady ptaków oraz użycia mieszanek paszowych o wysokiej koncentracji składników pokarmowych, zastosowana forma i poziom mikroelementów nie miały wpływu na stan podszew stóp - FPD. Zmniejszenie obsady po sprzedaży około 40% kurcząt w 31. dniu spowodowało poprawę stanu podszew stóp podczas oceny w 51. dniu.
4. Forma, jak i poziom zastosowanych mikroelementów nie miały wpływu na wyniki oceny badanych cech fizykochemicznych mięśni piersiowych oraz częstotliwość występowania i stopień nasilenia defektów mięśni piersiowych takich jak WS, WB i PC.
5. Zastosowanie nieorganicznych form Zn, Cu i Mn na wysokim poziomie korzystnie wpłynęło na wytrzymałość mechaniczną skóry. Natomiast poziom kolagenu w skórze był zbliżony we wszystkich grupach, co wskazuje na brak wpływu formy i poziomu zastosowanych pierwiastków na tą cechę.
6. Forma organiczna miała korzystny wpływ na stopień uszkodzenia główki kości udowej i piszczelowej.

SUMMARY

THE EFFECT OF ZN, CU AND MN CHELATES OF HYDROXY ANALOGUE OF METHIONINE ON PERFORMANCE AND MEAT QUALITY OF BROILER CHICKEN

The constant increase in world demand for poultry meat is due to its high nutritional value, cost competitiveness and lack of religious restrictions. However, the ever-increasing growth rate of chickens and the increase weight of slaughtered birds are associated with a variety of side effects such as metabolic problems, the impact on the quality of the finished product meat, or the increase of the pressure of the animal production sector on the environment in the form of emitted pollutants.

The aim of the study was to compare the effects of reduced levels of Zn, Cu and Mn as chelates of hydroxy analogue of methionine against standard levels of these elements in inorganic form on: performance of broiler chickens - final body weight, feed intake, feed conversion rate and mortality-; selected qualitative and quantitative characteristics of chick carcasses -carcass and breast meat yield, leg muscles, level of fat, share of wings, neck, level of tibia damage, chemical composition of breast meat-; and foot pad dermatitis -FPD and hock burns.

Two experiments were carried out for this study. In Experiment 1, the effect of reduced levels of Zn, Cu and Mn as chelate compared to inorganic forms was investigated. Experiment 2 used the same elements comparing two levels: high and low in chelate and inorganic forms. In both trials Ross 308 chickens were used.

Conclusions of Experiment 1:

1. The influence of varied forms and levels of Zn, Cu and Mn on chicks performance were not observed, which may be due to the lack of environmental pressures.
2. The use of Zn, Cu and Mn chelates with hydroxy analogue of methionine allows to reduce the level of supplemented micronutrients compared to inorganic forms without the risks of decreasing growth dynamics and bird's liveability, or increasing feed conversion rate. This reduction in dose allows to reduce the negative impact of animal production on the environment by reducing the emission of these elements.

3. The quality of the meat evaluated on the basis of selected physico-chemical properties of breast muscles such as pH, color and drip loss, was similar in all treatments.
4. The introduction of organic forms of trace elements has resulted in improved foot pad status, expressed by a lower value of the TP index (respectively 35,4 points and 57,6 points compared to the inorganic form 84,2 points), indicating better welfare of chickens.
5. Chickens receiving zinc, copper and manganese in inorganic and chelate form at higher levels showed better tissue integrity, evaluated on the basis of mechanical strength of the femur and skin compared to the lower level of chelate group, for the lower intestine, the lowest strength required to break it was needed in the chelate group at a low level.

Experiment 2:

1. Chickens fed with organic trace minerals in feed gained higher body weight (+2,1%), average daily gain (+2,1%) and lower feed conversion rate (-2,7%).
2. Carcass yield, breast meat yield, share of legs and wings in carcass was similar in all groups.
3. Under high stocking density conditions, together with the use of compound feeds with high concentration of nutrients, the form and level of trace minerals did not influence the foot pad score - FPD. Reduction of the stock density after thinning -about 40% of chickens on 31st day- resulted in improvement of the FPD, during the scoring on the 51st day.
4. The form and level of applied trace minerals had no influence on the physicochemical properties of breast muscles and breast meat defects such as WS, WB and PC.
5. The use of inorganic forms of Zn, Cu and Mn at a high level showed beneficial effects on the mechanical strength of the skin. On the other hand, the level of collagen in the skin was similar in all groups, indicating no influence of form and level of applied elements on this feature.
6. Organic forms showed a beneficial effect on the degree of damage of femoral and tibial heads.