
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. XXII, 49

SECTIO EE

2004

Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt
Akademii Rolniczej w Lublinie

WIESŁAW PODGÓRSKI, JERZY TRUCHLIŃSKI

*Bioenergetyczna sprawność przetwarzania energii
metabolicznej przez brojlery kurze*

Bioenergetical Efficiency of Processing Metabolizable Energy by Broilers

Określanie wydajności energetycznej procesów odchowu brojlerów kurzych zajmowali się Broadbent i wsp. (1), Pinchasov i Jensen (3), Washburn i wsp. (10), Podgórski (2). Badania tego typu nie są licznie prezentowane w fachowym piśmiennictwie. Wynika to przypuszczalnie z umownie przyjętych sposobów określania efektu chowu zwierząt za pomocą współczynników konwersji paszy. Ten sposób przedstawiania efektywności wykorzystania paszy w odchowcie zwierząt przyjęto ze względu na trudności ilościowego określenia transferu energii w czasie odchowu zwierząt. Ilościowe określenie tego transferu wymaga oprócz znajomości zużytej energii paszy określenia energii zdeponowanej w strukturach tkankowych. Określenie ilości energii deponowanej w strukturach tkankowych w czasie odchowu brojlerów kurzych może być dokonywane przez badanie bilansu energetycznego, polegającego na porównaniu ilości energii pobranej przez ptaki z paszą i ilości wytworzonego przez nie ciepła. Tą metodą analityczno-doświadczalną określał energię retencji Podgórski (2). Bardziej precyzyjna wydaje się metoda pełnego bilansu, którą przeprowadzili Van der Hel i wsp. (9), polegająca na empirycznych pomiarach wartości wszystkich parametrów równania bilansowego. Wymaga to jednak dysponowania rozbudowanym laboratorium, które spełniałoby funkcje precyzyjnego kalorymetru dla zwierząt oraz umożliwiałoby analizę zmian energii swobodnej w przetwarzanej przez nie paszy. Ponadto laboratorium takie powinno umożliwiać określenie składu podstawowego ciał zwierzęcych. Metoda ta, jakkolwiek dokładna, nie jest nieodzowna w określaniu energii retencji. Nagromadzone znaczne ilości danych empirycznych pozwalają na analityczne określenie tej energii. Celem pracy jest

podanie sposobu określania zmian energii retencji w procesie odchowu. Określanie tych zmian potrzebne jest do ustalenia technologii odchowu kurcząt brojlerów, gdyż pozwala na precyzyjniejsze określenie efektów ekonomicznych odchowu. Ponadto określanie tempa zmian energii retencji może być ważne w testowaniu efektywności odchowu kurcząt.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w laboratorium Katedry Higieny Zwierząt i Środowiska Akademii Rolniczej w Lublinie na kurczętach brojlerach linii white rock × cornish, vedetta, starbro, zakupionych z wylęgarni komercyjnej. Kurczęta po zakupieniu poddano seksowaniu i umieszczono w klatkach o wymiarach $0,5 \times 0,8 \times 0,5$ m, po 24 szt. w klatce. Klatki ulokowano w pomieszczeniu o temperaturze 30°C , wymaganej dla piskląt jednodniowych. Temperaturę w pomieszczeniu obniżano o 3°C , w każdym kolejnym tygodniu odchowu. W trzecim tygodniu życia piskląt temperatura pomieszczenia była utrzymywana na poziomie 21°C . Pisklęta miały zapewniony ciągły dostęp do paszy i wody. Starterową dietą była mieszanka sojowo-kukurydziana, którą karmiono ptaki do 21 dnia życia, charakteryzowała się ona zawartością 13,6 MJ/kg ME i 21% białka. Od 21 dnia życia ptaki karmiono mieszanką finiszersową sojowo-kukurydzianą, która zawierała 12,8 MJ/kg ME i 19,5% białka. Mieszanki paszowe wykonano według receptury Centralnego Laboratorium Przemysłu Paszowego. Po ukończeniu 21 dnia życia umieszczano po 6 kurcząt w klatce o wymiarach wcześniej podanych. Każde z doświadczeń przeprowadzono na stawce ponad 200 ptaków. Codziennie w trakcie trwania doświadczenia indywidualnie dla każdej klatki rejestrowano zużycie paszy i wody oraz w tygodniowych przedziałach czasu ptaki ważono. Ptaki odchowywano do 56 dnia życia.

Celem uogólnienia zebranych z tych doświadczeń wyników poddano je konfrontacji z danymi odchowu kurcząt kur niosek oraz statystycznej analizie umożliwiającej matematyczne przedstawienie tempa wzrostu i zużycia paszy. Wykorzystano własny program symulacji komputerowej, przy którego pomocy możliwe było dokonanie ocen wartości parametrów występujących w równaniach, opisujących tempo wzrostu i zużycie paszy. Najlepiej te wymogi spełniało równanie podwójnie wykładnicze wielu zmiennych, opisane (2):

$$W = W_0 \cdot a^{b(1 - a^{-K \cdot t})}$$

gdzie: W – masa ciała w kg, W_0 – początkowa masa ciała w kg, a – podstawa logarytmu przyjętego dla symulacji komputerowych w przedziale wartości 2,00–3,00, b – wartość asymptoty równania przyjętego dla symulacji komputerowych w przedziale wartości 2,50–4,50, K – stała szybkości procesu przyjęta dla symulacji komputerowych w przedziale wartości 0,002–0,050, t – czas w dobach.

Dopasowania parametrów równania podwójnie wykładniczego dokonano na następującej liczbie obserwacji: 68 ptaków × 8 ważeń = 480 obserwacji. Najmniejszy błąd średnio kwadratowy poszczególnych symulacji wynosił dla linii: white rock × cornish (C) 4×10^{-5} , starbro (A) 2×10^{-5} , vedetta (C) 3×10^{-5} , kury nioski (D) $2,7 \times 10^{-5}$. W tabelach literą A określono grupę kogutków linii starbro, literą B – grupę kogutków linii vedetta, literą C – grupę kogutków linii white rock × cornish, a literą D – grupę kurcząt kur niosek.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Praca stanowi opracowanie eksperymentalno-analityczne, ograniczone ze względu na przejrzystość wyników do przedstawienia danych dotyczących trzech grup kogutków brojlerów oraz jako wartości odniesienia kurcząt wolno rosnących kur niosek, dla których dane wyjściowe do obliczeń wzięto z norm żywienia zwierząt.

Tab. 1. Masy ciała w zależności od wieku wybranych linii kurcząt (kg)
Body weight according to the age of chosen chicken lines in kg

Wiek w dniach	Linie kurcząt			
	A	B	C	D
7	0,137	0,154	0,117	0,057
14	0,308	0,365	0,233	0,093
21	0,582	0,701	0,405	0,142
28	0,959	1,145	0,630	0,204
35	1,420	1,656	0,895	0,278
42	1,932	2,188	1,184	0,362
49	2,461	2,699	1,479	0,453
56	2,976	3,160	1,767	0,550
63	3,454	3,560	2,036	0,648
70	3,884	3,893	2,279	0,747

Tab. 2. Zużycie paszy w zależności od wieku i linii kurcząt (kg/d)
Feed consumption according to the age and chicken line (kg/day)

Wiek w dniach	Linie kurcząt			
	A	B	C	D
7	0,030	0,031	0,018	0,008
14	0,051	0,057	0,033	0,013
21	0,076	0,088	0,051	0,020
28	0,103	0,121	0,070	0,027
35	0,132	0,151	0,087	0,035
42	0,159	0,177	0,101	0,043
49	0,184	0,198	0,112	0,050
56	0,207	0,215	0,121	0,058
63	0,226	0,228	0,127	0,064
70	0,242	0,237	0,132	0,070

Tab. 3. Współczynniki zużycia paszy
Feed conversion coefficients

Wiek w dniach	Grupy doświadczalne			
	A	B	C	D
7	1,786	1,497	1,415	1,990
14	1,667	1,512	1,648	2,262
21	1,658	1,597	1,833	2,533
28	1,734	1,755	2,002	2,809
35	1,888	1,997	2,182	3,094
42	2,122	2,340	2,397	3,404
49	2,448	2,811	2,666	3,741
56	2,881	3,446	3,007	4,122
63	3,445	4,296	3,441	4,556
70	4,175	5,427	3,991	5,054

Tab. 4. Przyrosty masy ciała w zależności od wieku wybranych linii kurcząt (kg/d)
Weight gain according to the age of chosen chicken lines (kg/day)

Wiek w dniach	Linie kurcząt			
	A	B	C	D
7	0,017	0,021	0,012	0,004
14	0,030	0,038	0,020	0,006
21	0,046	0,055	0,028	0,008
28	0,060	0,069	0,035	0,010
35	0,070	0,075	0,040	0,011
42	0,075	0,075	0,042	0,013
49	0,075	0,070	0,042	0,013
56	0,072	0,062	0,040	0,014
63	0,066	0,053	0,037	0,014
70	0,058	0,044	0,033	0,014

Najbardziej prawdopodobne wartości obrazujące krzywe wzrostu kurcząt uzyskane z przeprowadzonej symulacji komputerowej przy użyciu opracowanego modelu matematycznego przedstawiono w tabeli 1. Najintensywniejszym wzrostem cechowały się kurczęta wyselekcjonowane przez firmy komercyjne w latach dziewięćdziesiątych, to jest linii starbro i vedetta, dużo wolniejszym cechowały się kurczęta brojlerowe wyselekcjonowane w latach osiemdziesiątych white rock × cornish. Przyrosty masy ciała kurcząt są pochodnymi równań, wyrażającymi tempo wzrostu. Obliczono je metodami numerycznymi. Wartości

przyrostów masy ciała bardzo szybko wzrastają u kurcząt szybko rosnących, osiągając maksimum wartości od 37 do 49 dnia życia, po czym gwałtownie się obniżają. Natomiast u kurcząt wolno rosnących wzrost przyrostów dokonuje się powoli i osiągają one wartości maksymalne w znacznie późniejszym czasie, około 70 dnia życia.

Tab. 5. Przyrosty masy ciała kurcząt wyrażone w kJ/d i % pobranej z paszy energii metabolicznej
Increases of body weight of chickens in kJ/d and % of metabolizable energy intake from feed

Wiek w dniach	Grupy doświadczalne							
	A		B		C		D	
	kJ	%	kJ	%	kJ	%	kJ	%
7	145,5	34,7	177,5	41,4	106,2	43,8	36,0	31,2
14	272,8	38,9	338,1	42,9	179,3	39,4	53,3	28,7
21	427,4	40,9	517,0	42,5	261,8	37,0	73,0	26,8
28	581,7	40,8	669,9	40,3	340,3	35,3	93,7	25,2
35	708,6	39,0	765,8	36,8	403,4	33,7	114,0	23,8
42	791,2	36,0	796,5	32,7	443,9	31,9	132,2	22,5
49	824,6	32,4	771,1	28,2	460,4	29,8	147,4	21,2
56	814,1	28,5	707,2	23,9	455,4	27,3	158,6	19,9
63	757,2	24,3	612,0	19,5	426,5	24,3	162,9	18,4
70	681,3	20,4	513,8	15,7	387,8	21,3	163,2	16,8

W doświadczeniach wartości energii metabolicznej pobranej przez kurczęta wyliczane były z wartości metabolicznej komponentów i z ilości pobieranej przez ptaki paszy. Ilości pobieranej paszy korelują z masą ciała, dlatego można je było opisywać tymi samymi podwójnie wykładniczymi równaniami matematycznymi, którymi opisywano tempo wzrostu, jednakże cechującymi się innymi wartościami parametrów. Wynika to z różnic wielkości masy ciała i wielkości zużycia paszy. Wartości te różnią się bowiem o jeden rząd wielkości. Uśrednione symulacją komputerową ilości pobieranej przez ptaki paszy przedstawiono w tabeli 2. Wynika z niej, że tempo pobierania pokarmu przez ptaki wolno rosnące jest trzykrotnie niższe niż u ptaków szybko rosnących. Mniejsze nieco różnice występują w wykorzystaniu pobranej w paszy energii, co wynika z wartości współczynników konwersji energetycznej, przedstawionych w tabeli 3.

Ilościowe określenie transferu energii paszy w energię retencji wymaga znajomości wartości energii pobranej z paszy, co jest możliwe do wyliczenia z danych tabelarycznych wartości pokarmowej komponentów paszy. Wartość energii retencji określana była przez przyjęcie – za Broadbent i wsp. (1), Pinchasov i Jensen (3), Sibbald i Wolynetz (4), Simon (5), Siregar i Farrell (6), Siregar

i Farrell (7), Van der Hel i wsp. (9), Washburn i wsp. (10), – że ciała kurcząt składają się w pierwszym okresie życia z 67,8% wody, 17,5% białka, 11,6% tłuszczu i 3,1% popiołu. Natomiast u ptaków w 56 dniu życia proporcje składników ciała kształtują się w 63,8% z wody, 17,5% z białka, 18,0 % z tłuszczu i 3,6% z popiołu. Następnie przyjęto, że odłożony 1g białka deponuje 23,9 kJ energii, a 1g tłuszczu 39,8 kJ. Założenia te pozwalają na wyliczenie energii retencji. Ilość tej energii oraz jej procentowy udział w ilości pobranej przez ptaki z paszy przedstawiono w tabeli 5. Najwyższą sprawnością odkładania energii w pierwszym okresie życia charakteryzowały się kurczęta lini brojlerowych white rock × cornish (C), vedetta (B), starbro (A), a najniższą kurczęta kur niosek (D). Sprawność ta z wiekiem malała, ale najszybciej u kurcząt intensywnych ras mięsnych, natomiast u kurcząt kur niosek w 14 tygodniu życia wynosiła jeszcze ponad 10%. Zjawisko to można tłumaczyć dłuższym okresem wzrostu u tych kurcząt, bowiem w 14 tygodniu życia osiągają one około 60% masy ciała osobników dorosłych. Słabszy wzrost tych ptaków warunkuje mniejszą efektywność odkładania energii, gdyż większa ilość energii wówczas zużywana jest na potrzeby bytowe. Energia bytowa zależna jest od masy ciała i dlatego im większa wartość stosunku przyrostów masy ciała do masy ciała, tym większa wydajność energetyczna przyrostów. Fakt ten tłumaczy wyższą sprawność przemian energetycznych u kurcząt ras intensywnych szybko rosnących. Interesujące jest zagadnienie rozkładu energii przyrostów na energię przyrostów masy białkowej i masy tłuszczowej.

Tab. 6. Przyrosty białkowej masy ciała kurcząt, wyrażone w kJ/d i % pobranej z paszy energii metabolicznej

Increases of protein body weight of chickens in kJ/d and % of metabolizable energy intake from feed

Wiek w dniach	Grupy doświadczalne							
	A		B		C		D	
	kJ	%	kJ	%	kJ	%	kJ	%
7	71	17,0	87	20,2	52	21,4	18	15,2
14	127	18,2	158	20,0	84	18,4	25	13,4
21	191	18,3	231	19,0	117	16,5	33	12,0
28	249	17,5	287	17,3	146	15,1	40	10,8
35	292	16,1	315	15,2	166	13,9	47	9,8
42	314	14,3	316	13,0	176	12,6	52	8,9
49	315	12,4	295	10,8	176	11,4	56	8,1
56	300	10,5	261	8,8	168	10,1	58	7,4
63	274	8,8	222	7,1	155	8,8	59	6,7
70	243	7,3	183	5,6	138	7,6	58	6,0

Tab. 7. Przyrosty tłuszczowej masy ciała kurcząt, wyrażone w kJ/d i % pobranej z paszy energii metabolicznej

Increases of fatty body weight in kJ/d and % of metabolizable energy intake from feed

Wiek w dniach	Grupy doświadczalne							
	A		B		C		D	
	kJ	%	kJ	%	kJ	%	kJ	%
7	74,4	17,8	90,8	21,2	54,3	22,4	18,4	15,9
14	145,4	20,8	180,2	22,9	95,6	21,0	28,4	15,3
21	236,3	22,6	285,9	23,5	144,8	20,4	40,4	14,8
28	332,3	23,3	382,7	23,0	194,4	20,2	53,5	14,4
35	416,7	22,9	450,3	21,7	237,2	19,8	67,0	14,0
42	477,5	21,7	480,7	19,7	267,9	19,2	79,8	13,6
49	509,6	20,0	476,5	17,4	284,5	18,4	91,1	13,1
56	514,0	18,0	446,5	15,1	287,6	17,3	100,2	12,6
63	482,9	15,5	390,3	12,4	272,0	15,5	103,9	11,7
70	438,7	13,1	330,8	10,1	249,7	13,7	105,1	10,8

Badania efektywności transferu energii paszy na energię struktur białkowych dały rezultaty, które liczbowo przedstawiono w tabeli 6. Opracowano je na podstawie własnych wyników eksperymentalnych zgodnie z interpretacją rozkładu materii w strukturach tkankowych organizmu, podaną przez wcześniej cytowanych autorów.

Natomiast efekt przemian energii paszy na energię struktur tłuszczu organizmu wszystkich form ujęto w liczby przedstawione w tabeli 7. Są one również zgodne z interpretacją przemian energii paszy na energię odłożoną w strukturach tkankowych organizmu, która została zbadana przez Sibbald, Wolynetz (4), Simon (5).

Wyniki eksperymentalne pozwoliły na stwierdzenie, że w pierwszym tygodniu życia kurcząt w strukturach tkankowych deponowane było od 31% do 44% energii metabolicznej pobieranej w paszy. Natomiast symulacja komputerowa pozwoliła na stwierdzenie, że w 70 dniu życia energii tej kurczęta odkładałyby od 15% do 21%.

WNIOSKI

1. Ilość energii metabolicznej odkładanej w strukturach tkankowych jest pochodną funkcji wzrostu.
2. Spadek ilości odkładanej energii metabolicznej w strukturach tkankowych jest wynikiem wzrostu zapotrzebowania na energię bytową
3. Proporcje odkładania energii w strukturach białkowych i tłuszczowych zmieniają się z wiekiem.

PIŚMIENICTWO

1. Broadbent L. A., Wilson B. J., Fisher C.: The Composition of the Broiler Chicken at 56 Days of Age: Output, Components and Chemical Composition. *Brit. Poultry. Sci.* 22, 385, 1981.
2. Podgórski W.: Oddziaływanie termiczne środowiska na przemianę materii i bilans energetyczny brojlerów kurzych. Rozprawy naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie (224), Wyd. AR w Lublinie, 1999.
3. Pinchasov Y., Jensen S.: Effect of Force-Feeding at an Early Age on Body Growth and Composition of Chicks. *Poultry. Sci.*, 68, 1727, 1989.
4. Sibbald I. R., Wolynetz.: Measurement of lipids in chicken carcass dry matter. *Poultry Sci.*, 65, 2299, 1986.
5. Simon J.: Apparent Independence of Glucose Tolerance and Body Fat Content in 8-week Old Broilers. *Brit. Poultry. Sci.*, 21, 309, 1980.
6. Siregar A., P, Farrell D. J.: A Comparison of the Energy and Nitrogen Metabolism of fed Ducklings and Chickens. *Brit. Poultry. Sci.*, 21, 313, 1980.
7. Siregar A., P, Farrell D., J.: A Comparison of the Energy and Nitrogen Metabolism of Starved Ducklings and Chickens. *Brit. Poultry. Sci.*, 21, 303, 1980.
8. Vander Hel W., Verstegen M. W. A., Pijls I., Van Kampen M.: Effect of Two-day Temperature Exposure of Neonatal Broiler Chicks on Growth Performance and Body Composition During two Weeks at Normal Conditions. *Poultry. Sci.*, 71, 2014, 1992.
9. Vander Hel W., Verstegen M. W. A., Pijls I., Van Kampen M.: Effect of Two- Day Temperature Exposure of Neonatal Broiler Chicks on Growth Performance and Body Composition During Two Weeks at Normal Conditions *Poultry Sci.*, 71, 2014, 1992.
10. Washburn K. W., Guill R. A., Edwards H. M.: Influence of Genetic Differences in Feed Efficiency on Carcass Composition of Young Chickens. *J. Nutr.*, 105, 1311, 1975.

SUMMARY

The qualification changes in energy retention in rearing may have some technological importance because it allows to qualify the economical effect of animal rearing more precisely. Our experimental and analytical work is limited to the introduction of data relating to three groups of broiler cockerels and a control group of slowly growing layers chickens, which is caused by clarity of the results. Chicken weight gain values increase very quickly and achieves maximum from 37 to 49 days of life, and then decrease rapidly, whereas slowly growing chickens, weight increases gain slowly and achieve maximum about 70 day of life. The results the on the effectiveness of feed energy transfer to protein structures energy are expressed in table 6. They are in agreement with the interpretation of conversion feed energy into energy accumulated in tissues structures of organism. On the other hand, results of feed energy conversion into energy of fat structures of organism are formulated in numbers in table 7. The total amount of energy accumulated in tissue structures is from 31% to 44% in the first week of life and from 15.7% to 21.3% in computer interpolated values on 70 day of life.