

D. G. ARMSTRONG

The Hannah Dairy Research Institute, Kirkhill, Ayr, Szkocja

BADANIA NAD PRZEMIANĄ ENERGII PROWADZONE W HANNAH DAIRY RESEARCH INSTITUTE

Instytut Hannah jest położony na fermie Kirkhill w odległości około 3 mil (5 km) od Ayr, w południowo-zachodniej Szkocji. Założony w roku 1928, jest obecnie niemal całkowicie finansowany przez skarb państwa i pozostaje pod ogólnym nadzorem Rady Badań Rolniczych (Agricultural Research Council). Instytut, którego dyrektorem jest dr J. A. B. Smith, zatrudnia obecnie 24 pracowników naukowych, pracujących w 7 działach: Hodowli Bydła Mlecznego i Gospodarki Pastwiskowej (Grass and Dairy Husbandry), Chemii Technicznej, Biochemii, Fizjologii, Patologii Weterynaryjnej, Bakteriologii oraz Żywienia.

Dr K. L. Blaxter, kierownik Działu Żywienia, zainicjował przed około 8 czy 9 laty badania nad różnymi aspektami przemiany energii u zwierząt gospodarskich. W latach następnych badania te rozszerzano coraz bardziej, tak że w chwili obecnej stanowią główny problem badawczy działu. W początkowych stadiach praca z konieczności ograniczała się do skonstruowania aparatury i opracowania metod. Plonem jej był prosty aparat respiracyjny, o obiegu zamkniętym, przeznaczony do badań na bydło i owcach. Aparat ten pozwala na mierzenie bilansu węgla i azotu oraz na obliczanie produkcji ciepła na podstawie zużycia tlenu i wartości ilorazu oddechowego. Regulacja temperatury i wilgotności wewnątrz aparatu jest dokładna i może być zmieniana w bardzo szerokich granicach. Wyniki większości tych badań zostały podsumowane w publikacjach 1—5.

Badania eksperymentalne wykonane przy pomocy tych urządzeń były w pierwszych latach niemal całkowicie poświęcone ustaleniu warunków, w jakich można by dokonywać oznaczania wartości skrobiowej (energii netto) pasz i zapotrzebowania energii u zwierząt. W przedstawionej poniżej pracy jako zwierząt doświadczalnych użyto dorosłych skopów, żywionych w większości wypadków sianem średniej jakości.

Badano zależność odkładania energii od poziomu żywienia (6) i stwierdzono, że najlepiej można ją określić jako funkcję wykładniczą (rys. 1). Straty energii w kale, moczu i w postaci ciepła wykazały tendencję do

Tabela 1

Sredni przebieg strat energii u trzech owiec, z których każda otrzymywała siano w trzech różnych postaciach. Dawka dzienna wynosiła 1500 g

Poziom żywienia	Energia	Sposób przygotowania siana		
		w postaci szezki (Kal. na 100	średnio zmielone i kostkowane Kal.	drobno zmielone i kostkowane energii brutto)
Wysoki (1500 g/24 godz.)	Straty w kale	26,8	34,8	37,9
	Straty w moczu	5,2	4,9	4,8
	Straty w postaci metanu	7,6	5,9	4,6
	Straty w postaci ciepła	28,8	21,2	21,9
	Energia netto	31,6	33,2	31,3

Tabela 2

Srednie (dla dwóch owiec w grupie) współczynniki strawności suchej masy oraz średni czas przebywania paszy w przewodzie pokarmowym

Rodzaj paszy	Ilość skarmiana g	Współczynniki strawności	Średni czas przebywania paszy w przewodzie pokarmowym godz.
Siano nierozdrobnione	600	80,3	103
	1 200	79,1	72
	1 500	79,4	68
Siano średnio zmielone i kostkowane	600	76,9	74
	1 200	71,5	53
	1 500	69,9	42
Siano drobno zmielone i kostkowane	600	75,9	53
	1 200	68,8	39
	1 500	65,4	34

podkreślenie zasługuje tu jednak fakt, że fizyczna postać paszy może mieć wpływ na charakter strat energii. Stąd jest rzeczą zrozumiałą, że te systemy wartościowania pasz, które, jak np. system Total Digestible Nutrients, uwzględniają tylko jedną drogę strat energii, mogą stać się przyczyną błędnych wyników.

W doświadczeniu nad wpływem ilości odpasów w ciągu dnia na wykorzystanie energii (9) taką samą ilość siana w ciągu doby skarmiano w czasie jednego, dwóch lub czterech odpasów. Jak widać z wyników

przedstawionych w tabeli 3, nie miało to istotnego wpływu na straty energii w kale ani na wytwarzanie ciepła. Należy jednak pamiętać, że wyniki te dotyczą wypadku skarmiania jednej tylko paszy. Wydaje się prawdopodobne, że przy skarmianiu dawki zawierającej pasze treściwe

Tabela 3

Srednie straty energii i energia netto wyrażone w procentach energii brutto

Składnik	Ilość odpasów w ciągu dnia			Średni błąd
	1	2	3	
Energia w kale	26,4	28,1	28,2	0,7 NS
Energia w moczu	3,7	3,9	4,1	0,2 NS
Energia w metanie	6,7	7,4	7,4	0,3**
Heat increment	22,9	23,2	21,8	1,0 NS
Energia netto	40,3	37,4	38,5	1,4 NS

NS = różnica nieistotna przy $P \leq 0.05$

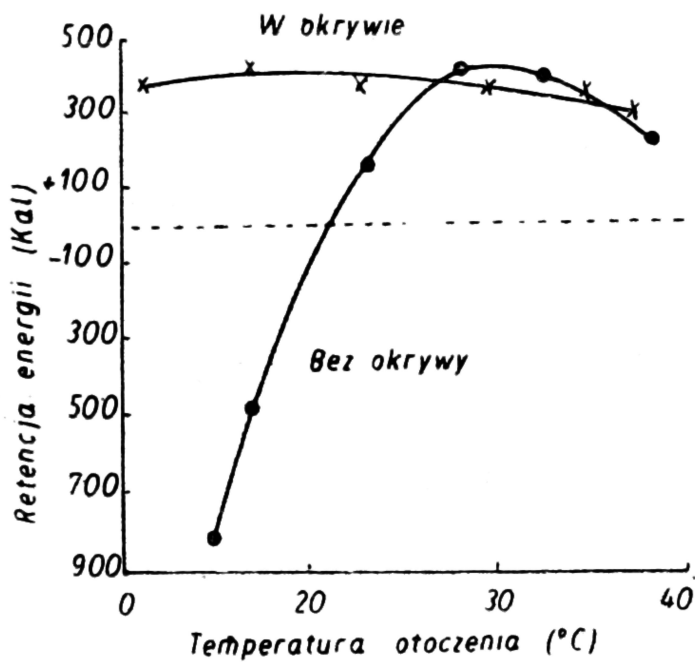
** = różnica istotna przy $P \leq 0.001$

i objętościowe częstość odpasów a jeszcze bardziej sposób skarmiania może mieć poważny wpływ na drogi, którymi przebiegać będą straty energii.

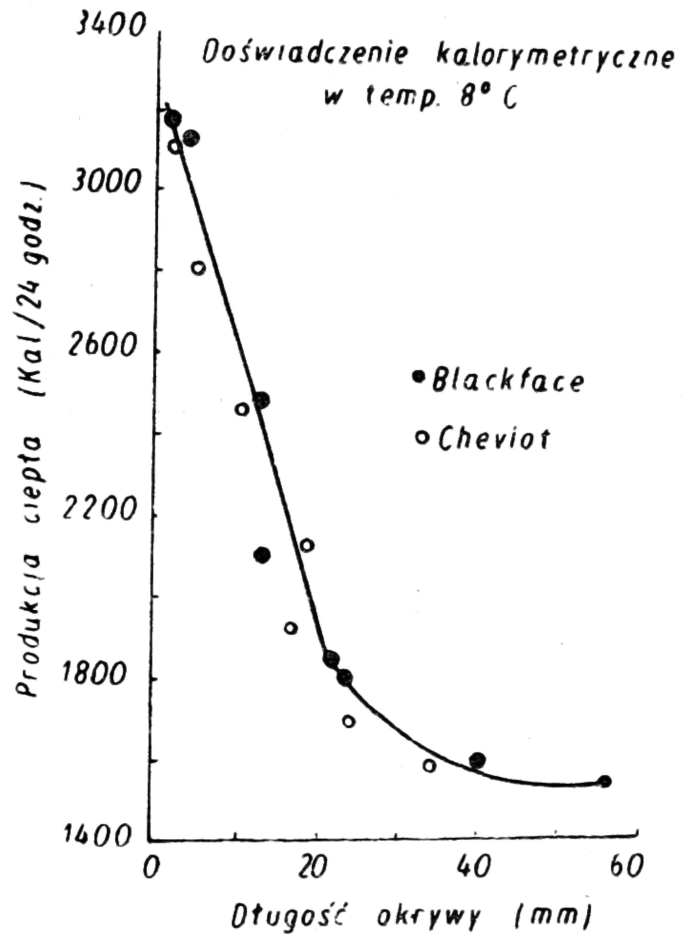
Przeprowadzono również doświadczenia kalorymetryczne na owcach celem zbadania wpływu temperatury środowiska na wydatek energii i wykorzystanie paszy. Na rys. 2 przedstawiono retencję energii przy jednakowym pobraniu paszy u owcy ostrzyżonej i z okrywą długości 10 cm, przy rozmaitej temperaturze środowiska. U zwierzęcia krótko ostrzyżonego (okrywa długości 1—2 mm) minimalną produkcję ciepła i maksymalną retencję energii stwierdzono przy temperaturze środowiska około 30°C. W temperaturze 15°C produkcja ciepła była wyższa o przeszło 50%. Mniejszy wzrost produkcji ciepła stwierdzono w granicach temperatury od 30 do 38°C. To samo zwierzę na tej samej dawce, z okrywą długości 10 cm, nie wykazywało zwiększonej produkcji ciepła w temperaturze 12°C w stosunku do produkcji ciepła w 22°C.

Znaczenie długości okrywy przy oznaczaniu produkcji ciepła zostało potwierdzone w serii doświadczeń z owcami Cheviot i Blackface, otrzymującymi stałą dawkę paszy (10). Owce ostrzyżono krótko na początku doświadczenia, po czym mierzono u nich produkcję ciepła w pewnych odstępach czasu, w miarę wzrostu okrywy. Wyniki otrzymane w temperaturze otoczenia równej 8°C przedstawiono na rys. 3. Wskazują one że minimalna produkcja ciepła występowała dopiero przy okrywie długości około 4,5 cm.

Wpływ temperatury otoczenia na straty ciepła u owcy otrzymującej 3 różne ilości paszy przedstawiono na rys. 4. Zwierzę było strzyżone

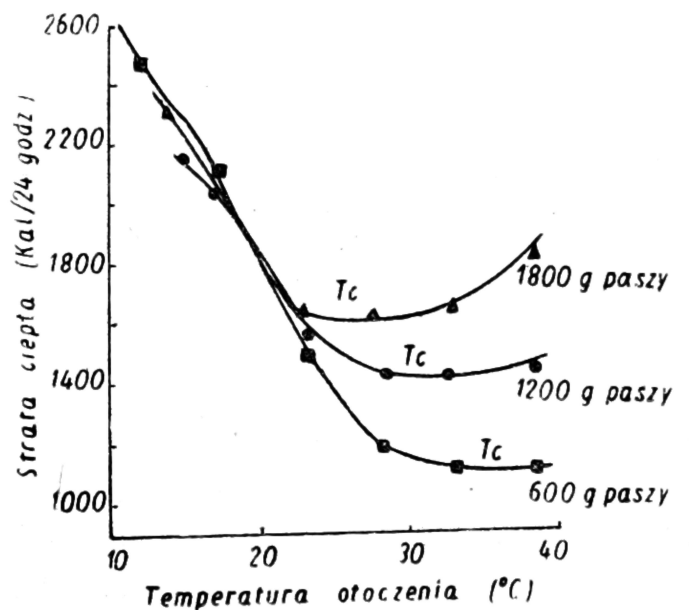


Rys. 2. Retencja energii u owcy nr 3 w okrywie i po ostrzyżeniu przy dawce 1200 g tej samej paszy



Rys. 3. Produkcja ciepła u owiec Cheviot i Blackface przy stałej dawce paszy, oznaczana w czasie wzrostu okrywy

w odstępach tygodniowych w ciągu całego doświadczenia, aby utrzymać stałą długość okrywy (11). Przy najniższym poziomie żywienia minimalnej produkcji ciepła odpowiadała temperatura otoczenia równa 38—39°C; przy średnim poziomie żywienia temperatura 32—33°C; przy najwyższym poziomie żywienia temperatura 24—27°C. W temperaturach niższych od temperatury odpowiadającej minimalnej produkcji ciepła straty ciepła wzrastały w stałym stosunku, niezależnie od poziomu żywienia. W temperaturach wyższych od temperatury odpowiadającej minimalnej produkcji ciepła produkcja ciepła u zwierzęcia wzrastała w stosunku wykładniczym do temperatury mierzonej w jelicie prostym.



Rys. 4. Wpływ temperatury na produkcję ciepła na 1 m² powierzchni ciała u owcy nr 3 przy trzech różnych poziomach pobrania paszy

Temperatury otoczenia, w których produkcja ciepła znajduje się w minimum, nazywamy temperaturami krytycznymi (T_c). Jak widać z rys. 4, w tym szczególnym wypadku zwiększenie pobrania paszy z 600 g do 1800 g/24 godz. obniżyło T_c z 38—39°C do 24—27°C. W miarę wzrostu okrywy T_c dla danego poziomu żywienia obniża się, jak to dobrze ilustruje tabela 4, w której zestawiono temperatury krytyczne u owiec

Tabela 4

Temperatury krytyczne dla owiec Down-Cross przy różnej długości okrywy, otrzymujących dawkę 1200 g siana dziennie

Owca nr	Długość okrywy cm	Temperatura krytyczna °C	Szybkość utraty ciepła poniżej temperatury krytycznej (Kal./m ² na 24 godz. na 1°C)
3	0,1	27	80
23	0,1	28	84
23	2,5	13	43
22	4,0	11	41
23	4,5	8	36
3	10,0	5	31
3	12,0	0	27

Down-Cross przy różnej długości okrywy, otrzymujących 1200 g paszy dziennie. Z danych w ostatniej kolumnie tej tabeli wynika, że dłuższa okrywa nie tylko obniża T_c , lecz także zmniejsza straty ciepła w temperaturach środowiska leżących poniżej T_c .

Innym aspektem przemiany energii, którym zajmowano się w ciągu ostatnich czterech lat, było wykorzystanie końcowych produktów trawienia żwaczowego. Jak dotąd, w badaniach zajmowano się wyłącznie wykorzystaniem końcowych produktów rozkładu węglowodanów, mianowicie lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego i glikozy. Opracowano przy tym technikę ciągłego wlewania tych kwasów do żwacza owiec umieszczonych w komorze respiracyjnej.

W pierwszych doświadczeniach (12) głodującym owcom podawano osobno kwas octowy, propionowy i n-masłowy. W tabeli 5 uwidoczniono wartości „heat increment”, towarzyszące przemianie tych kwasów, wyrażone w Kal. ciepła wytworzonego na 100 Kal wchłoniętego i zmetabolizowanego kwasu. Jak widać, kwas octowy był bardzo słabo wykorzystywany, gdyż na każde 100 Kal zmetabolizowanego kwasu 41 Kal. było wydalone w postaci ciepła. Inaczej kwas propionowy, którego „heat increment” wynosił tylko 13 do 15 Kal. na 100 Kal. zmetabolizowanych. Dla kwasu n-masłowego wartości T_c , otrzymane w czasie ostatnich 36 godz. 48-godzinnego podawania, wskazywały na „heat increment” równy

16%. Późniejsze, nie opublikowane jeszcze badania wykazały jednak, że „heat increment” tego kwasu, przy podawaniu go przez dłuższy okres czasu, może być znacznie wyższy.

Tabela 5

„Heat increment” towarzyszący przemianie poszczególnych lotnych kwasów tłuszczowych i glikozy u głodujących owiec. Wartość wyrażono w Kal. ciepła wytworzonego na 100 Kal. wchłoniętego i zmetabolizowanego związku

Związek	Liczba doświadczeń	„Heat increment” (Kal. na 100 Kal.)
Kwas octowy	3	40,9 ± 4,1
Kwas propionowy	3	13,5 ± 4,7
Kwas n-masłowy	3	15,9 ± 5,4
Glikoza	1	6,4

Celem upewnienia się czy wysoki „heat increment” stwierdzony dla kwasu octowego nie był wynikiem wyraźnej kwasicy, jaka wywiązywała się w wyniku podawania tego kwasu, przeprowadzono dalsze doświadczenia z kwasem octowym częściowo zobojętnionym wodorotlenkiem sodu (13). Otrzymane w ten sposób „heat increments” zestawiono w ta-

Tabela 6

„Heat increment” towarzyszący przemianie kwasu octowego oraz kwasu octowego częściowo zobojętnionego wodorotlenkiem sodu u głodującej owcy

Heat increment (Kal. na 100 Kal. zmetabolizowanego kwasu)

	Kwas octowy	Kwas octowy częściowo zobojętniony
Owca P	41,1	43,9
Owca T	35,2; 42,8	42,3
Owca S	46,1; 39,5	47,5
Średnio	40,9 ± 2,3	44,6 ± 1,6

beli 6. Wykazują one, że złe wykorzystanie energii kwasu octowego nie ma związku z kwasicą powstającą w wyniku podawania czystego kwasu.

W warunkach naturalnych w żwaczu nieprzerwanie powstaje i jest wchłaniana mieszanina lotnych kwasów tłuszczowych. Zagadnienie, czy w zależności od fermentacji różnych węglowodanów paszy wzajemny stosunek wytworzonych kwasów zmienia się, czy też nie, pozostaje jeszcze niezbadane. Na podstawie danych uzyskanych z analiz płynu żwaczowego (tabela 7) oraz z literatury dotyczącej składu cząsteczkowego lotnych kwasów tłuszczowych w żwaczu (14) wydaje się jednak,

Tabela 7

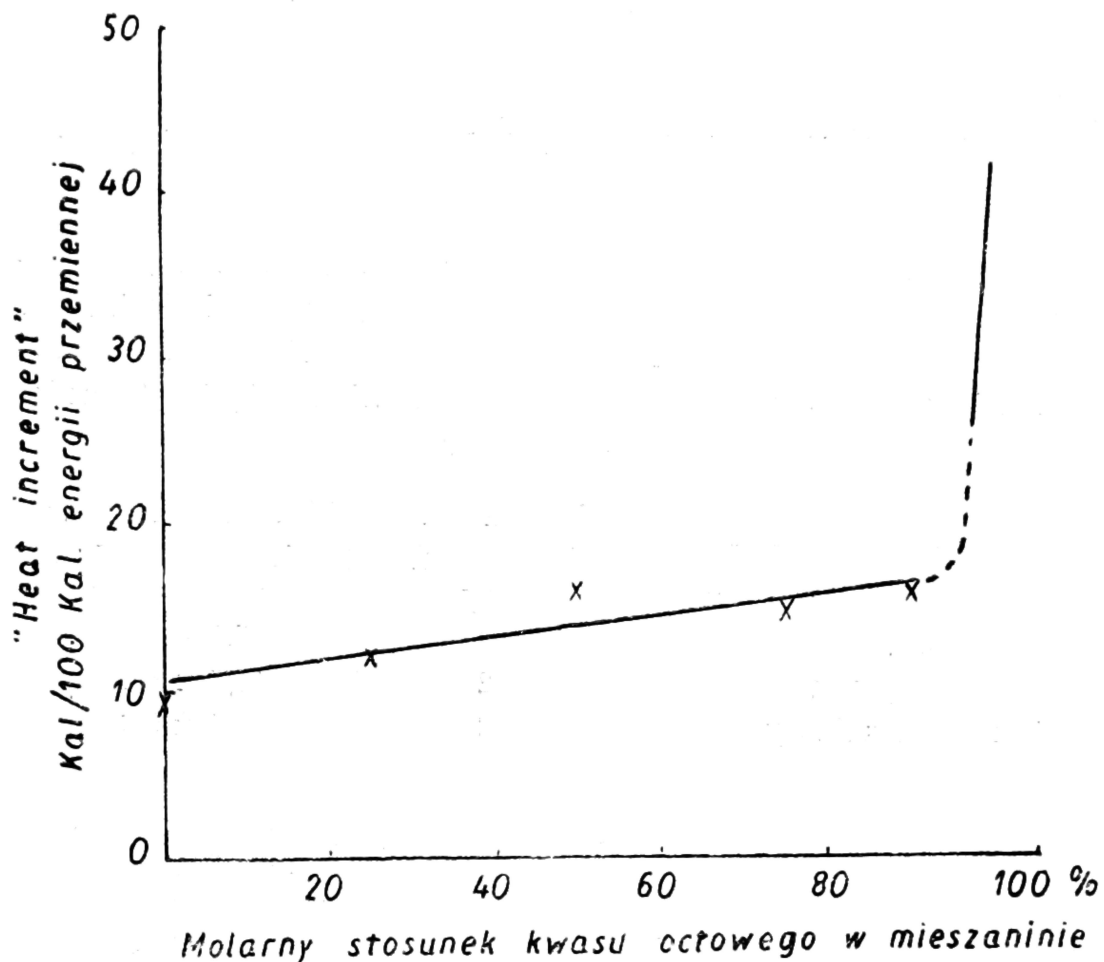
Skład płynu żwaczowego w 1 godzinę po karmieniu u owcy żywionej dwiema różnymi dawkami

	Rodzaj dawki	
	siano złej jakości	3 części płatków kukurydzianych + 1 część paszy białkowej
pH	6,23	5,21
Ogólna ilość lotnych kwasów tłuszczowych (mili-równ./100 ml)	9,76	7,74
Molarny stosunek kwasów tłuszczowych:		
Octowy	68,9	44,4
Propionowy	24,4	49,7
n-Masłowy	7,7	5,8
Kwas mlekowy (mili-równ./100 ml)	0,01	1,18

że przy skarmianiu pasz objętościowych powstaje mieszanina kwasów o wyższej zawartości kwasu octowego, a mniejszej kwasu propionowego niż w wypadku skarmiania pasz treściwych.

W następnych z kolei doświadczeniach głodującym owcom wlewano do żwacza mieszaniny lotnych kwasów tłuszczowych (14). We wszystkich mieszaninach stosunek molarny kwasu propionowego do n-masłowego był zawsze jak 3 : 2, podczas gdy molarny stosunek kwasu octowego zmieniał się w granicach od 0 do 90%. Wyniki przedstawione na rys. 5 wykazują, że w wypadku mieszaniny kwasów tłuszczowych o składzie pozostającym w granicach takich, w jakich przypuszczalnie występują w żwaczu, „heat increment” zmieniał się bardzo nieznacznie i nie był związany z względną zawartością kwasu octowego.

Z żył jarzmowych zwierząt, którym podawano mieszaninę kwasów, pobierano próbki krwi i badano na zawartość cukru, lotnych kwasów tłuszczowych, ciał ketonowych oraz na zdolność plazmy do wiązania CO₂. W tabeli 8 podano średnie zawartości glikozy i lotnych kwasów tłuszczowych we krwi (powyżej poziomu głodowego). Jeśli chodzi o mieszaninę zawierającą 90% kwasu octowego, wydaje się, że obecność nawet niewielkich ilości kwasu propionowego utrzymała poziom glikozy we krwi i zapobiegła wyjątkowo silnemu wzrostowi zawartości kwasów tłuszczowych we krwi, który występuje przy podawaniu samego kwasu octowego. Ten daleko idący wpływ kwasu propionowego na przemianę kwasu octowego jest zupełnie zrozumiałą i zgodny z naszymi wiadomościami o przemianie pośredniej i o cyklu Krebsa. Na podkreślenie zasługuje przy tym ważny fakt, że przeżuwacze mogą wykorzystywać



Rys. 5. „Heat increments” towarzyszące przemianie mieszanin lotnych kwasów tłuszczowych zawierających różne ilości kwasu octowego

bardzo szeroki zakres mieszanin kwasów tłuszczowych dla oszczędzenia własnych tkanek i to z wydajnością sięgającą 85%; kwas octowy jest wykorzystywany nieekonomicznie tylko wówczas, gdy stanowi jedyne źródło energii.

Tabela 8

Srednie zmiany ilości glikozy i lotnych kwasów tłuszczowych w krwi głodujących owiec otrzymujących dozwaczowo wlewy mieszanin tych kwasów

Molarny stosunek kwasu octowego w mieszaninie	Zmiana zawartości glikozy we krwi (mg/100 ml)	Zmiana zawartości lotnych kwasów tłuszczowych we krwi (mili-równ. na 100 ml)
100	- 9,6	+ 1,256
90	+ 0,8	+ 0,173
75	+ 15,3	+ 0,050
50	+ 11,2	+ 0,036
25	+ 9,3	+ 0,009
0	+ 16,1	+ 0,004

Przechodząc z kolei do stopnia wykorzystania tych kwasów przy żywieniu powyżej zapotrzebowania bytowego, gdy zachodzi już odkładanie tłuszczu, zastosowano tę samą technikę wlewania kwasów, którą

posługiwano się w doświadczeniach z głodującymi owcami, podając osobno poszczególne kwasy w ilości 400 Kal/24 godz. ponad zapotrzebowanie bytowe (15). „Heat increments” zebrane w tabeli 9 wskazują, że wyko-

Tabela 9

„Heat increment” towarzyszący podawaniu owcom poszczególnych lotnych kwasów tłuszczowych, jako dodatku do dawki bytowej. Wartość wyrażono w Kal. ciepła wytworzonego na 100 Kal. kwasu podanego. Wchłonięcie kwasów było zupełne

Rodzaj kwasu	Liczba doświadczeń	„Heat increment” (Kal. na 100 Kal.)
Kwas octowy	3	67,1 ± 2,6
Kwas propionowy	2	43,7 ± 3,2
Kwas n-masłowy	3	38,1 ± 2,6

rzystanie tych kwasów w wypadku użycia ich do syntezy tłuszczu było znacznie mniej ekonomiczne niż w wypadku całkowitego ich utleniania przez głodujące zwierzęta. Na każde 100 Kal. kwasu octowego dostarczonych powyżej zapotrzebowania bytowego 67 Kal. było wydalane w postaci ciepła. Odpowiednie wartości dla kwasu propionowego i n-masłowego wynosiły 44 i 38 Kal. Wyniki te sugerują, że poszczególne kwasy tłuszczowe są wykorzystywane do syntezy tłuszczu znacznie mniej ekonomicznie niż przez głodujące zwierzęta i że stopień wykorzystania poszczególnych kwasów jest różny.

W końcu, celem stwierdzenia czy różne mieszaniny lotnych kwasów są równie dobrze wykorzystywane przez zwierzęta w okresie tuczu, 4 owcom podawano 2 mieszaniny: jedną o dużej zawartości kwasu octowego (75 m-równoważników na 100 m-równoważników całkowitej ilości lotnych kwasów), drugą o niższej (25 m-równoważników na 100 m-równoważników całkowitej ilości kwasów). Doświadczenie (16) trwało 18 tygodni i obejmowało 28 czterodniowych okresów kalorymetrycznych. Średnie „heat increments” dla tych dwóch mieszanin zestawione w tabeli 10 wykazują, że owce w okresie tuczu wykorzystują różne mieszaniny lotnych kwasów tłuszczowych mniej ekonomicznie.

W tabeli 11 podano „heat increments” otrzymane dla tych mieszanin zarówno u głodujących, jak i u opasanych owiec. Z porównania „heat increment” danej mieszaniny lotnych kwasów tłuszczowych podawanej poniżej zapotrzebowania bytowego z „heat increment” tej samej mieszaniny podawanej powyżej zapotrzebowania bytowego wynika jasno, że kwasy te są lepiej wykorzystywane przy utlenianiu ich na potrzeby bytowe niż przy użyciu ich do syntezy tłuszczu. Co więcej, przy syntezie

Tabela 10

„Heat increment” mieszanin kwasów: octowego, propionowego i masłowego podawanych owcom jako dodatek do paszy bytowej (w Kal. na 100 Kal. podanych)

Stosunek molarny kwasów w mieszaninie w procentach			Liczba doświadczeń	„Heat increment” (Kal. na 100 Kal.)
octowy	propionowy	n-masłowy		
75	15	10	4	68,2 ± 1,8
25	45	30	8	41,9 ± 1,2

Tabela 11

„Heat increment” tej samej mieszaniny podawanej poniżej zapotrzebowania bytowego. (w Kal. na 100 Kal. zmetabolizowanego kwasu)

	Poniżej	Powyżej	Różnica
	zapotrzebowania bytowego		
Wysoka zawartość kwasu octowego	14,4 ± 1,8	68,2 ± 1,8	Wysoce istotna
Niska zawartość kwasu octowego	12,8 ± 1,8	41,9 ± 1,2	Wysoce istotna
Różnica	Nieistotna	Wysoce istotna	

tłuszczu, przeciwnie niż w wypadku oszczędzania tkanek ciała, wyraźny wpływ na stopień wykorzystania wywiera skład mieszaniny lotnych kwasów tłuszczowych wchłanianych ze żywca, a tym samym stojących do dyspozycji organizmu. Tego rodzaju wyniki powinny okazać się bardzo pomocne przy zrozumieniu różnic w wartości odżywczej pasz skarmianych dla pokrycia potrzeb bytowych lub produkcyjnych. Prócz tego, jeżeli znamy wzajemny stosunek poszczególnych kwasów tłuszczowych wchłoniętych ze żywca w czasie fermentacji danej paszy, to dane te mogą nam wyjaśnić względne różnice pomiędzy dwiema paszami zużywanymi na potrzeby bytowe lub produkcyjne.

Tłumaczył A. Ziotecki

LITERATURA

1. Blaxter K.L., Graham N. Mc.C., Rook J. A. F.: 1954. Apparatus for the Determination of the Energy Exchange of Calves and of Sheep. J. Agric. Sci., 45, 10.
2. Blaxter K. L.: 1958. Closed-circuit Respiration Apparatus for the Cow and Steer. Developments in the Design of Closed-circuit Respiration Apparatus for Animals Weighing up to 70 kg. Staff of Nutrition Department, Hannah Dairy Research Institute. Papers 8 and 9, European Association for Animal Production, 1st Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals, Copenhagen.

3. Blaxter K. L., Rook J. A. F.: 1952. The Heat of Combustions of the Tissues of Cattle in Relation to their Chemical Composition. *Brit. J. Nutr.*, 7, 83.
4. Blaxter K. L., Rook J. A. F.: 1956. The Indirect Determination of Energy Retention in Farm Animals. I. The Development of Method. *J. Agric. Sci.*, 48, 194.
5. Blaxter K. L., Rook J. A. F.: 1956. The Indirect Determination of Energy Retention in Farm Animals. II. Studies on the Validity of the Method. *J. Agric. Sci.*, 48, 210.
6. Blaxter K. L., Graham N. McC.: 1955. Plane of Nutrition and Starch Equivalents. *J. Agric. Sci.*, 46, 292.
7. Blaxter K. L., Graham N. McC.: 1956. The Effect of the Grinding and Cubing Process on the Utilisation of the Energy of Dried Grass. *J. Agric. Sci.*, 47, 207.
8. Blaxter K. L., Graham N. McC., Wainman F. W.: 1956. Some Observations on the Digestibility of Food by Sheep, and on Related Problems. *Brit. J. Nutr.*, 10, 69.
9. Blaxter K. L., Graham N. McC., Wainman F. W.: 1956. Frequency of Feeding and Energy Utilisation by Sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, 15, 11.
10. Armstrong D. G., Blaxter K. L., Graham N. McC., Wainman F. W.: 1959. The Effect of Environmental Conditions on Food Utilisation by Sheep. *Brit. Soc. Animal Prod.*, 1, 1.
11. Graham N. McC., Wainman F. W., Blaxter K. L., Armstrong D. G.: 1959. Environmental Temperature, Energy Metabolism and Heat Regulation in Sheep. I. Energy Metabolism in Closely Clipped Sheep. *J. Agric. Sci.*, 52, 13.
12. Armstrong D. G., Blaxter K. L.: 1957. The Heat Increment of Steam-volatile Fatty Acids in Fasting Sheep. *Brit. J. Nutr.*, 11, 247.
13. Armstrong D. G., Blaxter K. L., Graham N. McC.: 1958. The Heat Increment of Acetic Acid Partially Neutralised with Sodium Hydroxide, in Fasting Sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, 17, XXXII.
14. Armstrong D. G., Blaxter K. L., Graham N. McC.: 1957. The Heat Increments of Mixtures of Steam-volatile Fatty Acids in Fasting Sheep. *Brit. J. Nutr.*, 11, 392.
15. Armstrong D. G., Blaxter K. L.: 1957. The Utilisation of Acetic, Propionic and Butyric Acids by Fattening Sheep. *Brit. J. Nutr.*, 11, 413.
16. Armstrong D. G., Blaxter K. L., Graham N. McC., Wainman F. W.: 1958. The Utilisation of the Energy of Two Mixtures of Steam-volatile Fatty Acids by Fattening Sheep. *Brit. J. Nutr.*, 12, 177.