

# Wpływ sezonu i wielkości dawki pasz treściwych na przebieg fermentacji żwaczowej u krów mlecznych

WITOLD CHABUZ

Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Chabuz W.

## Effect of season and size of the concentrate dose on rumen fermentation in dairy cows

### Summary

The aim of this study was to assess the effect of the feeding season and the quantity of concentrates served on the course of rumen fermentation in dairy cows. The research included 42 cows (21 heads in summer and 21 heads in winter) of the black-and-white variety of the Polish Holstein-Friesian breed, aged from 2 to 5 years (lactations I-III) with an average milk yield per lactation of approximately 7,000 kg. The animals were kept in a tether barn. Rumen content was collected four times, i.e. at the beginning of lactation and in the second half of lactation, both in the period of winter and summer feeding. A total of 84 samples of the rumen fluid were collected (42 samples in winter and 42 samples in summer). The samples were collected no later than 2 hours after the morning feeding by means of a stomach tube fitted with a Sorensen vacuum pump. During the winter feeding, the content of butyric acid in the pool of volatile fatty acids increased by 27%, and the production of volatile fatty acids was higher by 8%. Furthermore, an increased efficiency of microbial growth was noted without any significant change in fermentation performance. The application of a dose with a high share of concentrates significantly ( $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ ) influenced the course of rumen fermentation, resulting in increased volatile fatty acid production, a higher rumen fermentation yield, and a greater efficiency of microbial growth, in both winter and summer. A large dose of concentrates also led to significant changes in the direction of fermentation by reducing the NGGR rate by 13-19% and narrowing the ratio of acetic acid to propionic acid ( $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ ). In conclusion, it should be stated that the quantity of concentrates served was the most important factor affecting the course of rumen fermentation in dairy cows.

**Keywords:** dairy cows, rumen fermentation, volatile fatty acids

Zaburzenia metaboliczne, które często występują u krów wysokomlecznych, stały się czynnikiem ograniczającym produktywność i efektywność chowu bydła mlecznego (14, 20). Zdaniem Giesecke (9), metaboliczna wydajność krów mlecznych ograniczona jest, z jednej strony, pobraniem składników pokarmowych, a z drugiej – przez tzw. czynniki fermentacji (octan/propionian, obciążenie metabolitami problematycznymi – maślan i  $\text{NH}_4$ ) i zdolności buforowe żwacza. W wielu krajach stwierdza się zwiększenie liczby występujących zaburzeń metabolicznych, co wiąże się z niedostosowaniem nowych technologii chowu i żywienia do fizjologicznych i produkcyjnych potrzeb krów (4, 11). Do najczęstszych chorób metabolicznych zalicza się ketozę i kwasicę (7, 21). Profilaktyka chorób metabolicznych generalnie polega na poprawie zdolności pobrania paszy przez krowę w pierwszym okresie laktacji. Wielkość pobrania paszy zależy od szybkości jej wypływu ze żwacza (22). Sterując zatem

procesami zachodzącymi w przedżołądkach możemy wpływać na wielkość pobrania paszy, zmniejszenie deficytu energetycznego i poprawę mleczności krów.

Według Zawadzkiego (28), sterowanie procesami trawiennymi u przeżuwaczy można przeprowadzić za pomocą zmiany kierunku lub natężenia fermentacji. Główne produkty fermentacji to krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, które są podstawowym źródłem energii dla przeżuwacza. Od kierunku fermentacji zależy stopień wykorzystania tych produktów oraz bardzo często stan zdrowia zwierząt (1, 28, 29). Na przebieg fermentacji żwaczowej oddziałuje wiele czynników środowiskowych, takich jak: rodzaj skarmianej paszy, ilość i rodzaj włókna w dawce, stosunek pasz treściwych do objętościowych i wreszcie częstotliwość zadawania pasz treściwych (3, 22, 24, 28).

Celem badań było określenie wpływu sezonu żywienia i ilości podawanych pasz treściwych na przebieg fermentacji żwaczowej u krów mlecznych.

Tab. 1. Wartość pokarmowa pasz stosowanych w żywieniu badanych krów

Pasza	SM (%)	Zawartość składników pokarmowych w kg suchej masy							
		JPM	BTJN (g)	BTJE (g)	JWK	MO (g)	SMO (%)	BO (g)	WS (g)
Pastwisko	16,6	0,97	108	95	0,98	889	77	172	244
Sianokiszonka	45,9	0,81	87	81	0,74	897	63	142	309
Kiszonka z kukurydzy	28,0	0,91	48	73	1,21	946	67	79	171
Siano łąkowe	86,3	0,65	80	76	1,21	906	53	127	292
Wysłodki buraczane kisz.	9,2	1,01	79	106	1,05	953	82	130	217
Śruta zbożowa	86,2	1,19	86	110	-	973	89	125	27
Młóto browarniane	18,0	0,92	218	189	-	950	64	280	150
Koncentrat białkowy	90,0	0,96	438	325	-	917	88	400	84

### Materiał i metody

Badaniami objęto 42 krowy (21 latem i 21 zimą) rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, odmiany czarno-białej, w wieku od 2 do 5 lat (I-III laktacja), o średniej wydajności za laktacją około 7000 kg mleka, utrzymywanych w oborze uwięziowej.

Zwierzęta żywiono według norm INRA (12). Żywnienie zimowe oparte było na kiszonce z kukurydzy (20 kg) i sianokiszonce z TUZ (10 kg), wysłodkach buraczanych (15 kg) oraz młócie browarnianym (10 kg). W żywieniu letnim podstawę stanowiło pastwisko (30 kg) i sianokiszonka (10 kg) oraz siano (4 kg). Pasze treściwe pochodziły głównie z własnego gospodarstwa (śruta zbożowa 2-8 kg). Krowom o wydajności mlecznej powyżej 30 kg/dzień podawany był 40% koncentrat białkowy (0,5-2 kg). Przy wydajności powyżej 15-17 kg mleka stosowano dodatek paszy treściwej w ilości 1 kg na 2 litry mleka (tab. 1). Ilość paszy treściwej korygowano przy próbnym udoju. Pasze objętościowe podawano w żywieniu grupowym, natomiast pasze treściwe indywidualnie. Zwierzęta miały stały dostęp do wody.

Treść żwacza pobierano czterokrotnie (według podanego schematu – tab. 2) na początku laktacji oraz w drugiej połowie laktacji zarówno w okresie żywienia zimowego, jak i letniego, łącznie pobrano 84 próbki treści żwacza (42 zimą i 42 latem). Na 7 dni przed pobieraniem treści żwacza wszystkim krowom podawano jednakową dawkę paszy treściwej (tab. 2). Probki pobierano do 2 godzin po rannym karmieniu za pomocą sondy przełykowej typu Sorensena zaopatrzonej w pompę próżniową.

W pobranej treści żwacza oznaczono potencjometrycznie odczyn za pomocą pehametru CP-411 Waterproof. Rozdział poszczególnych LKT przeprowadzono za pomocą chromatografu gazowego 601 GC (unicam) na kolumnie kapilarnej DB FFAP (J&W Scientific) o długości 30 m i średnicy wewnętrznej 0,25 mm.

Na podstawie oznaczonej ilości poszczególnych kwasów określono według wzorów podanych przez

Tab. 2. Schemat pobierania treści żwacza do analizy

Parametry	Żywnienie			
	zimowe		letnie	
Miesiąc laktacji	2.-3.	5.-6.	2.-3.	5.-6.
Średnia dzienna wydajność mleka w badanym okresie (kg)	27,75	23,57	26,74	21,71
Dodatek paszy treściwej (kg)	8	2	8	2

Ørskova (18) i Zawadzkiego (28), następujące parametry fermentacji:

- wydajność fermentacji LKT (FE) (%)

$$\frac{0,62 \text{ kw.o.} + 1,09 \text{ kw.p.} + 0,78 \text{ kw.m.} \times 100}{\text{kw.o.} + \text{kw.p.}}$$

- współczynnik nieglikogennych : glikogennych LKT (NGGR)

(wskaźnik utylizacji)

$$\frac{\text{kw.o.} + 2 \text{ kw.m.} + \text{kw.w.}}{\text{kw.p.} + \text{kw.w.}}$$

- wydajność wzrostu mikroorganizmów (mg)

$$(\text{kw.o.} + \text{kw.p.} + \text{kw.m.} + \text{kw.w.}) \times 30$$

gdzie: kw.o. – kwas octowy, kw.p. – kwas propionowy, kw.m. – kwas masłowy, kw.w. – kwas walerianowy.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie programem Microsoft Excel 2003 i Statistica PL 9.0, podając średnie ( $\bar{x}$ ) i odchylenie standardowe (SD). Ocenę istotności różnic badanych parametrów (na poziomie  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ ) przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej i dwuczynnikowej analizy wariancji z wykorzystaniem testu rozstępu Duncana.

### Wyniki i omówienie

W gospodarstwie żywienie zimowe oparte było na dużej ilości pasz zawierających węglowodany łatwo i szybko rozkładane w żwaczu, w związku z tym obserwowano kwasowość niższą o 0,17 ( $p \leq 0,05$ ) (tab. 3). Zarówno latem, jak i zimą średnie wartości pH dla sezonu były właściwe i optymalne (25). Młoda

Tab. 3. Parametry fermentacji żwaczowej u krów w zależności od sezonu żywienia i wielkości dawki paszy treściwej ( $\bar{x} \pm SD$ )

Parametry	Sezon zimowy			Sezon letni		
	Dawka paszy treściwej			Dawka paszy treściwej		
	2 kg	8 kg	średnio	2 kg	8 kg	średnio
	Liczba próbek			Liczba próbek		
	21	21	42	21	21	42
pH	6,82 <sup>A</sup>	6,17 <sup>B</sup>	6,50*	6,94 <sup>A</sup>	6,40 <sup>B</sup>	6,67*
	0,30	0,28	0,43	0,30	0,26	0,39
Kwas octowy (mmol/100 ml)	6,92 <sup>A</sup>	7,69 <sup>B</sup>	7,92	6,65	7,23	7,46
	7,87	9,20	1,47	7,56	8,40	1,20
Kwas propionowy (mmol/100 ml)	2,86 <sup>A</sup>	3,80 <sup>B</sup>	3,33	2,64 <sup>A</sup>	3,50 <sup>B</sup>	3,07
	0,65	0,73	0,83	0,51	0,55	0,68
Kwas masłowy (mmol/100 ml)	0,45 <sup>A</sup>	0,62 <sup>B</sup>	0,53**	0,34	0,41	0,37**
	0,19	0,14	0,19	0,13	0,15	0,14
Kwas izo-masłowy (mmol/100 ml)	0,06 <sup>A</sup>	0,08 <sup>B</sup>	0,07*	0,05 <sup>A</sup>	0,07 <sup>B</sup>	0,06*
	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
Kwas walerianowy (mmol/100 ml)	0,05 <sup>A</sup>	0,10 <sup>B</sup>	0,08	0,06	0,07	0,06
	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Kwas kapronowy (mmol/100 ml)	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
LKT suma (mmol/100 ml)	10,88 <sup>A</sup>	13,10 <sup>B</sup>	11,99*	10,25 <sup>A</sup>	11,93 <sup>B</sup>	11,09*
	1,62	2,36	2,29	1,19	1,61	1,63
Kwas octowy (% molarny)	69,26 <sup>A</sup>	65,58 <sup>B</sup>	67,42	70,37 <sup>A</sup>	66,49 <sup>B</sup>	68,43
	3,99	2,61	3,82	4,07	4,20	4,54
Kwas propionowy (% molarny)	26,64 <sup>A</sup>	29,52 <sup>B</sup>	28,08	26,23 <sup>A</sup>	30,00 <sup>B</sup>	28,12
	3,85	2,57	3,54	4,22	3,84	4,42
Kwas masłowy (% molarny)	4,59 <sup>a</sup>	5,53 <sup>b</sup>	5,06**	3,90	4,07	3,99**
	1,45	1,35	1,46	1,35	1,31	1,32
Kwo/kwp (C <sub>2</sub> /C <sub>3</sub> )	2,68 <sup>a</sup>	2,25 <sup>b</sup>	2,46	2,77 <sup>A</sup>	2,28 <sup>B</sup>	2,53
	0,59	0,29	0,51	0,61	0,55	0,62
Wydajność fermentacji (%)	78,41 <sup>A</sup>	80,63 <sup>B</sup>	79,52*	77,51 <sup>A</sup>	79,47 <sup>B</sup>	78,49*
	2,25	1,65	2,25	2,11	2,41	2,44
Współczynnik NGGR	3,07	2,71	2,89	3,12 <sup>A</sup>	2,60 <sup>B</sup>	2,86
	0,62	0,35	0,53	0,68	0,61	0,69
Wydajność wzrostu mikroorganizmów (mg)	322,73 <sup>A</sup>	388,70 <sup>B</sup>	355,71*	304,14 <sup>A</sup>	353,80 <sup>B</sup>	328,97*
	48,18	69,83	68,01	35,34	47,68	48,47

Objaśnienia: a, b, c, A, B, C – istotności różnic w sezonie oznaczono różnymi literami: małymi przy  $p \leq 0,05$ , dużymi przy  $p \leq 0,01$ , różnice pomiędzy dla sezonów oznaczono: \* przy  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$

zielonka pastwiskowa ze względu na niską zawartość włókna może powodować obniżenie kwasowości treści żwacza (17, 23), jednak w badaniach w żywieniu letnim oprócz pastwiska (20-30%) z pasz objętościowych stosowano także sianokiszonkę (20-30%) i siano (15-20%).

Zawartość kwasu octowego i propionowego oraz ich wzajemny stosunek były podobne w obu sezonach,

aczkolwiek zimą obserwowano nieco zwiększoną ilość tych kwasów. Na zawartość octanu i propionianu oraz ich wzajemny stosunek w żwaczu wpływa głównie poziom paszy treściwej oraz zawartość włókna (17, 19, 28). Fermentacja octanowa jest korzystna dla produkcji tłuszczu w mleku, ale towarzyszy jej z reguły nasilona metanogeneza obniżająca efektywność wykorzystania paszy, a metan uważany jest za antagonistę kwasu propionowego w żwaczu (2). Kwas propionowy jest głównym źródłem glukozy dla przeżuwaczy, dlatego zwiększenie propionianu w puli kwasów jest korzystne dla zwierząt wysokoprodukcyjnych (1, 28).

Wysłodki buraczane i odpady z przemysłu rolno-spożywczego to pasze powodujące z reguły wzrost udziału kwasu masłowego w fermentacji żwaczowej (1, 5), dlatego w żywieniu zimowym zarówno zawartość, jak i udział tego kwasu w sumie LKT był statystycznie wyższy niż w żywieniu letnim ( $p \leq 0,01$ ). Kwas masłowy nazywany jest również kwasem ketogennym ze względu na jego przemianę w nabłonku przedłożadków w związki ketonowe, a podwyższona zawartość maślanu i mleczanu może być przyczyną kwasicy i ketozy (1, 8, 13). W prawidłowych warunkach kwas masłowy spełnia jednak pożyteczną rolę, jako bardzo ważne źródło energii.

W żywieniu zimowym odnotowano 1% wzrost wydajności fermentacji w wyniku czego nastąpiło zwiększenie produkcji LKT o 8,15%, a stosunek C<sub>2</sub>/C<sub>3</sub> uległ zawężeniu. Zwiększenie fermentacji propionowej powoduje szybszy rozwój drobnoustrojów żwaczowych (27) i prawdopodobnie jest to przyczyną większej wydajności wzrostu mikroorganizmów w żywieniu zimowym ( $p \leq 0,05$ ). Wzrost udziału maślanu w sumie kwasów nie spowodował jednak negatywnego ukierunkowania fermentacji. Wielkość współczynnika NGGR była podobna zarówno

no latem (2,86), jak i zimą (2,89). Zdaniem Ørskova (18) i Zawadzkiego (28), wskaźnik ten powinien utrzymywać się w granicach od 2,25 do 3,0. Pasze stosowane w żywieniu zimowym wpłynęły istotnie na przebieg fermentacji żwaczowej w badanym stadzie krów mlecznych. Zarówno jej intensywność, jak i kierunek były bardziej korzystne dla krów mlecznych w okresie żywienia zimowego.

Dodatek paszy treściwej wpływa na intensywność i kierunek fermentacji (1, 5, 15, 28). W badaniach własnych zarówno w okresie żywienia letniego, jak i zimowego dodatek paszy treściwej powodował obniżenie kwasowości żwacza (tab. 3) oraz był najistotniejszym czynnikiem wpływającym na przebieg fermentacji żwaczowej (tab. 4). Zimą przy dużej dawce pasz treściwych, kwasowość treści żwacza obniżyła się do niebezpiecznej granicy pH 6 (10). Przyczyną tak znacznego obniżenia kwasowości w żwaczu był 20% wzrost produkcji LKT ( $p \leq 0,01$ ). Zdaniem Sun i Gibbs (23), najważniejsze czynniki kształtujące pH żwacza to intensywność fermentacji i rodzaj wytworzonych kwasów. W żywieniu letnim wzrost produkcji kwasów tłuszczowych był o 4% niższy niż zimą, a kwasowość treści żwacza zarówno przy dużej, jak i małej dawce pasz treściwych była na optymalnym poziomie. W obu sezonach odnotowano także statystycznie istotne zawężenie stosunku  $C_2/C_3$  ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ), co jest oczywiste przy zwiększeniu koncentracji energii w dawce, a obniżeniu zawartości włókna (1, 5, 6, 28). W żywieniu zimowym odnotowano statystycznie istotny ( $p \leq 0,01$ ) wzrost wszystkich kwasów tłuszczowych (z wyjątkiem kapronowego). Latem zawartość maślanu i walerianu nie ulegała większym zmianom. W związku z tym stosunek nieglikogennych do glikogennych LKT w żywieniu zimowym, w grupie krów otrzymujących większy dodatek pasz treściwych był wyższy niż latem. Natomiast współczynnik NGGR przy niskim udziale pasz treściwych w dawce zarówno latem, jak i zimą nieznacznie przekraczał 3. Wynikiem większej produkcji LKT w żwaczu oraz zawężenia stosunku octanu do propionianu była większa wydajność zarówno fermentacji, jak i wzrostu mikroorganizmów ( $p \leq 0,01$ ).

Podawanie krowom pasz o dużej zawartości łatwo fermentujących węglowodanów (wysłodki buraczane, młóto, kiszanka z kukurydzy) spowodowało istotne zmiany w przebiegu fermentacji żwaczowej ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ). W żywieniu zimowym odnotowano 27% wzrost zawartości kwasu masłowego w puli LKT, 8% wzrost produkcji lotnych kwasów tłuszczowych i wydajności wzrostu mikroorganizmów, przy zbliżonej wydajności fermentacji. Żywienie krów dawką pokarmową z dużym udziałem pasz treściwych wpłynęło istotnie na przebieg fermentacji żwaczowej, powodując zarówno zimą, jak i latem wzrost produkcji lotnych kwasów tłuszczowych w żwaczu, większą wydajność fermentacji i wzrostu mikroorganizmów ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ). Duża dawka pasz treściwych spowodowała także istotne zmiany w kierunku fermentacji poprzez obniżenie współczynnika NGGR

Tab. 4. Wpływ badanych czynników na przebieg fermentacji żwaczowej u krów

Parametry	Wpływ czynnika		
	Sezon żywienia	Dawka paszy treściwej	Interakcja
pH	**	***	ni
Kwas octowy (mmol/100 ml)	ni	**	ni
Kwas propionowy (mmol/100 ml)	*	***	ni
Kwas masłowy (mmol/100 ml)	***	***	ni
Kwas izo-masłowy (mmol/100 ml)	*	***	ni
Kwas walerianowy (mmol/100 ml)	*	***	*
Kwas kapronowy (mmol/100 ml)	ni	ni	ni
LKT suma (mmol/100 ml)	*	***	ni
Kwas octowy (% molarny)	ni	***	ni
Kwas propionowy (% molarny)	ni	***	ni
Kwas masłowy (% molarny)	***	ni	ni
Kwo/kwp ( $C_2/C_3$ )	ni	***	ni
Wydajność fermentacji (%)	*	***	ni
Współczynnik NGGR	ni	***	ni
Wydajność wzrostu mikroorganizmów (mg)	*	***	ni

Objaśnienie: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,00$ ; ni – nie istotne

o 13-19% i zawężenie stosunku kwasu octowego do propionowego ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ).

Reasumując, w świetle przeprowadzonych badań, ilość podawanych pasz treściwych była decydującym czynnikiem wpływającym na przebieg fermentacji żwaczowej u krów mlecznych.

## Piśmiennictwo

1. Barej W.: Metabolizm energetyczny u wysokomlecznych krów. Przegł. Hod. 1990, 9-10, 12-15.
2. Beauchemin K. A., McGinn S. M., Benchaar C., Holtshausen L.: Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. J. Dairy Sci. 2009, 92, 2118-2127.
3. Bujňák L., Maskaľová I., Vajda V.: Determination of buffering capacity of selected fermented feedstuffs and the effect of dietary acid-base status on ruminal fluid pH. Acta Vet. Brno 2011, 80, 269-273.
4. Colard B. L., Botcher P. J., Dekkers J. C. M., Petitclerc D., Shaeffer L. R.: Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. J. Dairy Sci. 2000, 83, 2683-2690.
5. Conea J. W., Becker P. M.: Fermentation kinetics and production of volatile fatty acids and microbial protein by starch feedstuffs. Anim. Feed Sci. Technol. 2012, 172, 34-41.
6. Dymnicka M., Łozicki A.: Wpływ systemu żywienia oraz wysokości produkcji mleka na poziom wybranych wskaźników biochemicznych we krwi krów. Roczn. Nauk. Zoot. (Supl.), 2004, z. 19, 51-54.
7. Enemark J. M. D.: The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review. Vet. J. 2008, 176, 32-43.
8. Filar J.: Schorzenia przemiany węglowodanowo-tłuszczowej u przeżuwaczy. Wydawnictwo AR, Lublin 2001, 1-55.
9. Giesecke D.: Metabolische Leistungsgencen bei Kühen. Vet. Med. 1991, 46, 531-535.
10. Gozho G. N., Krause D. O., Plaizier J. C.: Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. J. Dairy Sci. 2007, 90, 856-866.
11. Hansen L. B.: Consequences of selection for milk yield from a geneticist's view point. J. Dairy Sci. 2000, 83, 1145-1150.
12. Jarrige R.: Żywienie przeżuwaczy. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz. Wyd. PAN, Jabłonna, Omnitech Press 1993, s. 405.

13. Jonkisz P., Nicpoń J.: Wpływ ketozy krów cielnych na stan zdrowia i poziom ciał ketonowych we krwi u cieląt. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst. Vet.* 1996, 23, 19-24.
14. Kleen J. L., Hooijer G. A., Rehage J., Noordhuizen J. P. T. M.: Subacute ruminal acidosis in Dutch dairy herds. *Vet. Rec.* 2009, 164, 681-684.
15. Kokkonen T., Tuori L., Syrjälä-Qvist L.: Effect of silage dry mater content and rapeseed meal supplementation on dairy cows. 2. Rumen fermentation and digesta passage rate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2000, 84, 229-242.
16. Kowalski Z. M., Kamiński J.: Niektóre aspekty żywienia krów wysoko wydajnych. *Post. Nauk Rol.* 2000, 4, 77-98.
17. McEvoy M., Delaby L., Murphy J. P., Boland T. M., O'Donovan M.: Effect of herbage mass and allowance on sward characteristics, milk production, intake and rumen volatile fatty acid concentration. *Grass Forage Sci.* 2010, 65, 335-347.
18. Ørskov E. R.: Manipulation of the rumen fermentation for maximum food utilization. *Wrld. Rev. Nutr. Diet.* 1973, 22, 152-182.
19. Owens D., McGee M., Boland T., O'Kiely P.: Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. *J. Anim. Sci.* 2009, 87, 658-668.
20. Saun R. J. Van: Metabolic profiling, [w:] Anderson D. E., Rings D. M. (wyd.): *Current Veterinary Therapy Food Animal Practice*. WB Saunders Company, Philadelphia 2009, 153-164.
21. Seifi H. A., Leblanc S. J., Leslie K. E., Duffield T. F.: Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *Vet. J.* 2011, 188, 216-220.
22. Steen R. W. J., Gordon F. J., Dawson L. E. R., Park R. S., Mayne C. S., Agnew R. E., Kilpatrick D. J., Porter M. G.: Factors affecting the intake by cattle and prediction of silage intake of silage. *Anim. Sci.* 1998, 66, 115-127.
23. Sun X. Q., Gibbs S. J.: Diurnal variation in fatty acid profiles in rumen digesta from dairy cows grazing high-quality pasture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2012, 177, 152-160.
24. Trochowska E.: Wpływ wybranych dodatków mineralnych na przebieg fermentacji żwaczowej u owiec w badaniach in vitro. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Wet.* 2000, 60, 101-138.
25. Winnicka A.: Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008.
26. Winnicki S., Kołodziejczyk T., Karbowy T.: Efektywność żywienia krów o wysokiej wydajności mlecznej. *Probl. Inż. Rol.* 2010, 2, 83-89.
27. Wojciechowicz M.: Enzymy drobnoustrojów żwaczowych katalizujące rozkład wielocząsteczkowych składników pokarmowych paszy w żwaczu. Część I. Celuloza. *Post. Nauk Rol.* 1994, 2, 65-83.
28. Zawadzki W.: Wpływ wybranych niekonwencjonalnych dodatków do paszy na przebieg procesów fermentacyjnych w żwaczu owiec. *Praca hab. AR, Wrocław* 1993, 1-75.
29. Zawadzki W., Trochowska E.: Wpływ różnych ilości dolomitu dodawanych do płynu żwaczowego pobranego od owiec na wybrane parametry fermentacji in vitro. *Zesz. Nauk. AR Wrocław Wet.* 1998, 58, 89-95.

**Adres autora: dr Witold Chabuz, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail [witold.chabuz@up.lublin.pl](mailto:witold.chabuz@up.lublin.pl)**