

Evaluation of the energy-protein balance of feed rations for Montbéliarde cows on the basis of protein and urea content in their milk

Ocena energetyczno-białkowego zbilansowania dawek pokarmowych stosowanych w żywieniu krów rasy montbeliarde na podstawie zawartości białka i mocznika w mleku

Ewa JANUŚ* and Piotr STANEK

University of Life Sciences in Lublin, Department of Breeding and Conservation of Cattle Genetic Resources, Akademicka 13, 20-950 Lublin, Poland, *correspondence: ewa.janus@up.lublin.pl

Abstract

The aim of the study was to evaluate the energy-protein balance of feed rations for Montbéliarde cows on the basis of protein and urea content in their milk. In 2016 the herd numbered 319 cows, with mean yield 9,374 kg of milk. The cows were housed in a free-stall barn on deep litter and fed Total Mixed Rations (TMR), the composition of which was balanced according to Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) norms. The data used in the study were obtained from milk performance evaluations. It was found that only 22.9% of milk samples indicated that the cows were appropriately supplied with protein and energy. Excess protein (>3.6%) was observed in 41.4% of cases of optimum urea content, which suggests an energy surplus in the feed rations. In 3.9% of samples optimal urea content was accompanied by an insufficient protein level (<3.2%), which may be indicative of an energy deficit. An excessive urea level was noted in as many as 22.9% of samples, including 9.3% with a protein level indicating an excessive supply of energy and 2.6% with a protein level indicating an energy deficit. Samples indicating a correct energy-protein balance in the feed rations were noted least often in feeding group 5 (4.5%) and in the cows with the lowest daily yield (4.3%). In each feeding group the protein level in the milk indicated an excessive supply of energy more often than a deficiency, and in groups 4 and 5 the percentage of samples in which the protein level exceeded 3.6% was very high (84.7% and 92.4%, respectively). In the case of lower daily yield (≤ 15 and 15.1-25 kg), a protein deficiency in the feed rations was noted more often (30.1% and 17.7% of samples) than an excessive level (4.3% and 11.6%). In the case of higher yield (>25 kg) the tendencies were reversed, i.e. a higher percentage of samples were indicative of excessive protein (21.5-34.1%) and fewer suggested a deficit (1.6-6.7%). In the case of optimal protein and urea levels in the milk (group 5), the daily yield of the cows was 37 kg of milk. It contained 3.7% fat, 3.43% protein, 4.87% lactose and 12.6% dry matter. The cows producing milk with

protein and energy levels indicating a deficiency of energy and an excess of protein in the feed rations were much more productive (group 3). Daily yield of cows whose milk had an insufficient level of urea (groups 1, 4 and 7) was much lower than in the case of the cows whose milk had too much urea (groups 3, 6 and 9). The lowest daily yield (19.5 kg), accompanied by the highest content of protein (4.02%) and dry matter (13.5%) and one of the highest levels of fat (4.16%), was noted in the group in which the protein and urea levels in the milk suggested a protein deficiency and an excess of energy in the feed. It can be concluded from the analysis that the results of milk performance evaluations regarding protein and urea levels in the milk should be given greater consideration in composing TMR feeds for various feeding groups.

Keywords: feed ration, milk, Montbéliarde cows, protein content, urea

Abstrakt

Celem pracy była ocena energetyczno-białkowego zbilansowania dawek pokarmowych stosowanych w żywieniu krów rasy montbeliarde na podstawie zawartości białka i mocznika w mleku. W 2016 r. stado liczyło 319 krów, a ich przeciętna wydajność wynosiła 9374 kg mleka. Krowy utrzymywano w oborze wolnostanowiskowej na głębokiej ściółce i żywiono dawkami Total Mixed Ration (TMR), których skład bilansowano według norm Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG). Dane będące podstawą opracowania uzyskano z raportów wynikowych oceny użytkowości mlecznej krów. Stwierdzono, że o prawidłowym zaopatrzeniu krów w białko i energię świadczyło zaledwie 22,9% prób mleka. Aż w 41,4% przypadków przy optymalnej zawartości mocznika obserwowano nadmiar białka (>3,6%), co sugeruje nadwyżkę energii w dawkach. W 3,9% prób optymalnej zawartości mocznika towarzyszył zbyt niski poziom białka (<3,2%), co mogło być z kolei świadectwem deficytu energii. Nadmiarem mocznika charakteryzowało się aż 22,9% prób, przy czym w 9,3% poziom białka wskazywał jednocześnie na nadmierną podaż energii, a w 2,6% na jej deficyt. Próby mleka wskazujące na właściwe zbilansowanie energetyczno-białkowe dawek pokarmowych najrzadziej stwierdzano w 5 grupie żywieniowej (4,5%) oraz u krów o najniższej dobowej wydajności (4,3%). W każdej z grup żywieniowych poziom białka w mleku częściej wskazywał na nadmierną podaż energii niż na jej deficyt, przy czym w 4 i 5 grupie udział prób, w których poziom białka przekraczał 3,6% był bardzo wysoki (odpowiednio aż 84,7 i 92,4%). Przy niższych poziomach dobowej wydajności (≤ 15 i 15,1-25 kg) częściej stwierdzano niedobór białka w dawkach pokarmowych (odpowiednio 30,1 i 17,7% prób) niż nadmierną jego podaż (4,3 i 11,6%). W przypadku wyższych wydajności (>25 kg) tendencje były odwrotne, tzn. wyższy odsetek prób świadczył o nadmiarze białka (21,5-34,1%), a mniejszy o jego deficycie (1,6-6,7%). Przy optymalnym poziomie białka i mocznika w mleku (grupa 5) dobową wydajność krów wynosiła 37 kg mleka. Zawierało ono 3,7% tłuszczu, 3,43% białka, 4,87% laktozy oraz 12,6% suchej masy. Znacznie wyższą produktywnością charakteryzowały się krowy, w mleku których poziom białka i mocznika wskazywał na niedobór energii i nadmiar białka w dawkach pokarmowych (grupa 3). Dobowa wydajność krów, w mleku których stwierdzono zbyt niski poziom mocznika (grupa 1, 4 i 7) kształtowała się na znacznie niższym poziomie, w porównaniu z tymi, u których notowano zbyt dużo

mocznika (grupa 3, 6 i 9). Najniższą wydajność dobową (19,5 kg), przy jednocześnie najwyższej zawartości białka (4,02%) i suchej masy (13,5%) oraz jednej z najwyższych zawartości tłuszczu (4,16%) odnotowano w grupie, w której poziom białka i mocznika w mleku sugerował niedobór białka i nadmiar energii w paszach. Przeprowadzona analiza upoważnia do stwierdzenia, że przy komponowaniu składu mieszanek TMR dla poszczególnych grup żywieniowych, należałoby w większym stopniu wykorzystywać wyniki oceny użyteczności mlecznej w zakresie zawartości białka i mocznika w mleku.

Słowa kluczowe: dawka pokarmowa, krowy montbeliarde, mleko, mocznik, zawartość białka

Detailed abstract

A basic condition for an optimal course of lactation, appropriate milk composition, and the health of dairy cows is a correctly balanced feed ration. Determination and analysis of the level of urea and the percentage content of protein in cow milk can be highly useful indicators in assessment of the diet. This information can be used to regularly adjust the feed rations in terms of their protein-energy ratio and thereby maintain or improve the health and productivity of cows. The aim of the study was to evaluate the energy-protein balance of feed rations for Montbéliarde cows on the basis of protein and urea content in their milk.

The study was conducted on a farm specializing in raising the French cattle breed Montbéliarde. In 2016 the herd on the farm numbered 319 cows, with mean yield 9,374 kg of milk. The cows were housed in a free-stall barn on deep litter and fed TMR rations, the composition of which was balanced according to DLG norms. Depending on the stage of lactation, physiological condition, and daily milk yield of the cows, they were divided into 6 feeding groups (Table 1). The data used in the study were obtained from milk performance evaluations. The protein and urea levels in the milk were used to evaluate the energy-protein balance of the TMR rations given to the cows. Taking into account the criteria in Table 2 was calculated the frequency of milk samples containing a specified level of protein and urea and on this basis assessed the quality of the cows' diet. The protein-energy balance of the feed rations was analysed in relation to the feeding group (1, 2, 3, 4 and 5) and daily milk yield (≤ 15 kg; 15.1-25 and 25.1-35, >35 kg of milk). It was also determined the correlations between the balance of the feed rations and daily milk yield, the content of basic nutrients in the milk (fat, protein, lactose, and dry matter), and the urea level in the milk. The statistical analysis was performed using the SAS statistics package.

Only 22.9% of milk samples indicated that the cows were appropriately supplied with protein and energy (Table 3). Sawa et al. (2010) and Januś and Borkowska (2007) reported a much lower percentage of milk samples indicating an optimal supply of energy and protein in feed rations for cows. The data in Table 3 also show that excess protein ($>3.6\%$) was observed in 41.4% of cases of optimum urea content, which suggests an energy surplus in the feed rations. In 3.9% of samples optimal urea content was accompanied by an insufficient protein level ($<3.2\%$), which may be indicative of an energy deficit. An excessive urea level was noted in as many as

22.9% of samples, including 9.3% with a protein level indicating an excessive supply of energy and 2.6% with a protein level indicating an energy deficit.

Samples indicating a correct energy-protein balance in the feed rations were noted least often in feeding group 5 (Table 4) and in the cows with the lowest daily yield (Table 5). The optimal protein and urea level in the milk was most frequently (34.2%) noted in group 2. This group also had the highest percentage of samples with an elevated ($>300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) urea level (37.9%). In each feeding group the protein level in the milk indicated an excessive supply of energy more often than a deficiency, and in groups 4 and 5 the percentage of samples in which the protein level exceeded 3.6% was very high (84.7% and 92.4%, respectively). In the case of lower daily yield (≤ 15 and 15.1-25 kg), a protein deficiency was noted more often (30.1% and 17.7% of samples) than an excessive level (4.3% and 11.6%). In the case of higher yield (>25 kg) the tendencies were reversed, i.e. a higher percentage of samples were indicative of excessive protein (21.5-34.1%) and fewer suggested a deficit (1.6-6.7%). These results confirm the hypothesis that a higher protein level in feed rations for cows may stimulate milk production (Markiewicz, 2003). In the least productive cows no milk samples were noted that could have come from cows receiving insufficient energy. Increasing productivity was accompanied by a decrease in the percentage of samples in which the protein content suggested an excess of energy in the feed rations, and an increase in the percentage of samples in which the protein level was optimal and in those indicative of insufficient energy in the feed. Sawa et al. (2010) also reported an increase in the percentage of milk samples indicating insufficient energy accompanying an increase in daily yield.

In the case of optimal protein and urea levels in the milk (group 5), the daily yield of the cows was 37 kg of milk (Table 6). It contained 3.7% fat, 3.43% protein, 4.87% lactose and 12.6% dry matter. The cows producing milk with protein and energy levels indicating a deficiency of energy and an excess of protein in the feed rations were much more productive (group 3). An increase in the fat content of milk with an elevated urea level has also been reported by Hojman et al. (2004). A positive correlation between urea levels in milk and yield and a negative correlation between urea content and that of protein and fat in milk was observed by Cao et al. (2010).

The lowest daily yield (19.5 kg), accompanied by the highest content of protein (4.02%) and dry matter (13.5%) and one of the highest levels of fat (4.16%), was noted in the group in which the protein and urea levels in the milk suggested a protein deficiency and an excess of energy in the feed. It is worth noting that the daily yield of cows whose milk had an insufficient level of urea (groups 1, 4 and 7) was much lower than in the case of the cows whose milk had too much urea (groups 3, 6 and 9). This is consistent with research by Bendelja et al. (2011), who noted a significant positive correlation between daily yield and urea content in milk.

It can be concluded from the analysis that in order to achieve higher performance outcomes in the herd and better utilization of the nutrients supplied in the feed, the results of milk performance evaluations regarding protein and urea levels in the milk should be given greater consideration in composing TMR feeds for various feeding groups.

Wstęp

Podstawowym warunkiem optymalnego przebiegu laktacji, właściwego składu mleka i zdrowia krów mlecznych jest prawidłowo zbilansowana dawka pokarmowa. Niewłaściwe żywienie może spowodować spadek produktywności, niepożądane zmiany składu chemicznego i jakości mleka, wzrost kosztów żywienia oraz być jedną z przyczyn zaburzeń rozrodu, czego konsekwencją są poważne straty ekonomiczne i hodowlane (Godden i in., 2001; Markiewicz, 2003; Sablik i in., 2003; Dhali i in., 2006) a ponadto prowadzi do zanieczyszczenia środowiska naturalnego nadmiarem emitowanego azotu (Szarkowski i in., 2009).

Wielu autorów (Geerts i in., 2004; Hojman i in., 2004; Biswajit i in., 2011; Aguilar i in., 2012) jest zdania, że wskaźnikiem właściwego bilansu energetyczno-białkowego u krów mlecznych może być poziom mocznika w mleku (MU). W odpowiednio zbilansowanej dawce wartość MU wynosi 15-30 mg·dl⁻¹. Dla dokładnej interpretacji zawartości mocznika należy wziąć pod uwagę nie tylko ilość i jakość dawki pokarmowej, lecz również inne czynniki takie jak: rasa (Bendelja i in., 2011), kolejna laktacja (Sawa i in., 2010), masa ciała (Kohn i in., 2002), wydajność mleka (Godden i in., 2001), dzień doju, częstotliwość dojenia (Kgole i in., 2012) i miesiąc roku (Arunvipas i in., 2003; Rafieei, 2011; Rzewuska i Strabel, 2013).

Przy analizowaniu poziomu mocznika uwzględnia się także poziom białka w mleku. Istnieje bowiem ścisła współzależność między jego zawartością a bilansem energetyczno-białkowym dawki pokarmowej. Zawartość białka w mleku poniżej 3,2% wskazuje na niedobór energii w dawce, natomiast poziom przekraczający 3,6% to podejrzenie nadmiaru energii. Zawartość białka w mleku uważa się za optymalną, gdy mieści się ona w przedziale 3,2-3,6% (Ziemiński i Juszczyk, 1997).

Celem pracy była ocena energetyczno-białkowego zbilansowania dawek pokarmowych dla krów rasy montbeliarde na podstawie zawartości białka i mocznika w mleku.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w gospodarstwie specjalizującym się w hodowli francuskiej rasy bydła montbeliarde. W 2016 r. stado liczyło 319 krów, a ich przeciętna wydajność wynosiła 9,374 kg mleka. Krowy utrzymywano w oborze wolnostanowiskowej na głębokiej ściółce i żywiono dawkami TMR, których skład bilansowano według norm DLG.

W zależności od stadium laktacji, stanu fizjologicznego, dobowej wydajności mleka krowy podzielone były na 6 grup żywieniowych. Krowom z grupy 1 i 2 TMR zadawano 2 razy dziennie, natomiast pozostałe grupy otrzymywały go raz dziennie (rano). Pasze wchodzące w skład TMR dla poszczególnych grup oraz ich ilość (w kg na sztukę dziennie) zamieszczono w tabeli 1.

Dane będące podstawą opracowania uzyskano z raportów wynikowych oceny użyteczności mlecznej krów. W badaniach uwzględniono poziom wydajności dobowej (w kg), zawartość tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy (w %) oraz poziom mocznika w mleku (w mg·l⁻¹).

Table 1. The composition of rations (kg of feed/head) for cows in each feeding group of on the farm

Tabela 1. Skład dawek pokarmowych (kg paszy/szt.) dla krów w poszczególnych grupach żywieniowych w gospodarstwie

Type of feed / Pasza	Feeding group / Grupa żywieniowa				
	1 i 2	3	4	5	6
Straw / Słoma	0.6	0.5	0.5	3.5	5
Haylage / Sianokiszonka	8	11	17.5	18	13.5
Maize silage / Kiszonka z kukurydzy	24	24	18.5	10	8
Chalk fodder / Kreda	0.15	0.1	0.06	0.1	-
Spent grain / Młóto	9	8	6.5	5	5
Barley (ground meal) / Jęczmień mielony	7	4.4	3.2	1	1*
Soybean meal / Śruta sojowa	2.6	1.4	0.6	-	1*
Raped meal / Śruta rzepakowa	0.7	1.5	1	1	0.5
Bicarbonate / Kwaśny węglan	0.2	0.15	-	-	-
Additives / Dodatki					
Complett karogen	0.16	0.15	-	-	-
Laktostart	0.34	-	-	-	0.2*
Miramin	-	-	0.15	0.15	-
Profos	-	-	-	-	0.1
Balance of feed rations (kg of milk)	37	30	25	15	Dry cows
Zbilansowanie dawki (kg mleka)					Zasuszone

*Components are added to feed every 2 days

*Komponenty dodawane do paszy co 2 dzień

Zawartość białka i mocznika w mleku wykorzystano w ocenie energetyczno-białkowego zbilansowania dawek TMR stosowanych w żywieniu krów (tabela 2). Uwzględniając poniższe kryteria wyliczono częstotliwość występowania prób mleka zawierającego określony poziom białka i mocznika i na tej podstawie oceniono jakość żywienia krów.

Table 2. The criteria for the distribution of milk samples and the rules for an assessment of the energy-protein balance of feed rations

Tabela 2. Kryteria podziału prób mleka oraz zasady oceny zbilansowania energetyczno-białkowego dawek pokarmowych

Group of samples Grupa prób	Protein content (%) Zawartość białka (%)	Urea content (mg·l ⁻¹) Zawartość mocznika (mg·l ⁻¹)	Evaluation of the energy-protein balance of feed ration Ocena bilansu energetyczno-białkowej dawki pokarmowej
1	<3.2	<150	Protein and energy deficiency Niedobór białka i energii
2		150-300	Energy deficiency Niedobór energii
3		>300	Excess of protein and energy deficiency Nadmiar białka i niedobór energii
4	3.2-3.6	<150	Protein deficiency and small surplus of energy Niedobór białka i nieznaczna nadwyżka energii
5		150-300	Balanced level of protein and energy Białko i energia zbilansowane
6		>300	Excess of protein and small energy deficiency Nadwyżka białka i nieznaczny niedobór energii
7	>3.6	<150	Protein deficiency and excess of energy Niedobór białka i nadwyżka energii
8		150-300	Excess of energy Nadwyżka energii
9		>300	Excess of protein and energy Nadwyżka białka i energii

Stopień zbilansowania białkowo-energetycznego dawek pokarmowych analizowano ze względu na przynależność krów do grupy żywieniowej (1, 2, 3, 4, 5) oraz poziom dobowej wydajności (≤ 15 kg; 15,1-25 kg; 25,1-35 i > 35 kg mleka). Oceniono także związek pomiędzy stopniem zbilansowania dawek pokarmowych a dobową wydajnością mleka, zawartością w nim podstawowych składników, tj. tłuszczu, białka, laktozy, suchej masy oraz poziomem mocznika w mleku.

W opracowaniu statystycznym wykorzystano pakiet statystyczny SAS. Do oceny wpływu poszczególnych czynników na analizowane cechy wykorzystano test Duncana przy poziomach istotności $P \leq 0,01$ i $P \leq 0,05$. Częstość występowania

prób mleka z różnym poziomem białka i mocznika w zależności od wyznaczonych w metodyce pracy czynników oceniono testem χ^2 .

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono (tabela 3), że o prawidłowym zaopatrzeniu krów w białko i energię świadczyło zaledwie 487 prób mleka (22,9%). Sawa i in. (2010) stwierdzili, że o optymalnej podaży energii i białka w dawkach stosowanych w żywieniu krów świadczyło zaledwie 15,8% prób. Januś i Borkowska (2007) podają, że udział takich prób był jeszcze niższy i wynosił tylko 13,2%. Z danych tabeli 3 wynika, że aż w 41,4% przypadków przy optymalnej zawartości mocznika obserwowano nadmiar białka (>3,6%), co sugeruje nadwyżkę energii w dawkach. W 3,9% prób optymalnej zawartości mocznika towarzyszył zbyt niski poziom białka (<3,2%), co mogło być z kolei świadectwem deficytu energii.

Table 3. Frequency of milk samples testifying to different energy-protein balance of feed rations

Tabela 3. Częstotliwość występowania prób mleka świadczących o różnym zbilansowaniu energetyczno-białkowym dawek pokarmowych

Protein content (%) Zawartość białka (%)	Urea level (mg·l ⁻¹) Poziom mocznika (mg·l ⁻¹)						Total Ogółem	
	≤150		151-300		>300			
	n	%	n	%	n	%	n	%
<3.2	3	0.1	82	3.9	55	2.6	140	6.6
3.2-3.6	29	1.4	487	22.9	234	11	750	35.3
>3.6	157	7.4	879	41.4	198	9.3	1,234	58.1
Total / Ogółem	189	8.9	1,448	68.2	487	22.9	2,124	100

W badaniach Czajkowskiej i in. (2015) średni poziom mocznika w mleku krów pHf wynosił 20,64 mg·dl⁻¹. W badaniach własnych w 487 próbach (22,9%) jego poziom przekraczał 300 mg·l⁻¹, co wskazywało na nadmiar białka w paszy. Jednocześnie niedobór lub nadmiar energii stwierdzono odpowiednio w 55 (2,6%) oraz 198 (9,3%) próbach. Zdaniem Krzyżewskiego i in. (2001) przy nadmiarze białka w paszy wraz z jednoczesnym niedoborem energii pogłębia się deficyt energetyczny, spowodowany obciążeniem wątroby, w której nadmiar amoniaku zamieniany jest na mocznik.

Próby mleka wskazujące na właściwe zbilansowanie energetyczno-białkowe dawek pokarmowych (tabela 4), najrzadziej stwierdzano w 5 grupie żywieniowej (4,5%). W grupie 4 udział takich prób był o 8% wyższy. Najczęściej (34,2%) optymalny poziom białka i mocznika w mleku notowano w grupie 2.

Table 4. Frequency of milk samples with different protein and urea content in different feeding group

Tabela 4. Częstotliwość występowania prób mleka o różnej zawartości białka i mocznika w poszczególnych grupach żywieniowych

Feeding group Grupa żywieniowa	Protein content (%) Zawartość białka (%)	Urea level (mg·l ⁻¹) Poziom mocznika (mg·l ⁻¹)						Total Ogółem	
		≤150		151-300		>300		n	%
		n	%	n	%	n	%		
1	<3.2	1	0.3	34	8.6	19	4.8	54	13.6
	3.2-3.6	4	1	132	33.3	64	16.2	200	50.5
	>3.6	10	2.5	99	25	33	8.3	142	35.9
	Total / Ogółem	15	3.8	265	66.9	116	29.3	396	18.6
2	<3.2	-	-	46	7.6	36	6	82	13.6
	3.2-3.6	4	0.7	206	34.2	130	21.6	340	56.5
	>3.6	3	0.5	115	19.1	62	10.3	180	29.9
	Total / Ogółem	7	1.1	367	61	228	37.9	602	28.3
3	<3.2	2	0.4	2	0.4	-	-	4	0.9
	3.2-3.6	8	1.8	87	19.6	33	7.4	128	28.8
	>3.6	25	5.6	231	51.9	57	12.8	313	70.3
	Total / Ogółem	35	7.9	320	71.9	90	20.2	445	21
4	<3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2-3.6	5	1.3	49	12.5	6	1.5	60	15.3
	>3.6	39	9.9	257	65.4	37	9.4	33	84.7
	Total / Ogółem	44	11.2	306	77.9	43	10.9	393	18.5
5	<3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2-3.6	8	2.8	13	4.5	1	0.3	22	7.6
	>3.6	80	27.8	177	61.5	9	3.1	266	92.4
	Total / Ogółem	88	30.5	190	66	10	3.5	288	13.6

$\chi^2 = 844.2$ – test value significant at $P \leq 0.01$

$\chi^2 = 844,2$ – wartość testu istotna przy $P \leq 0,01$

W badaniach Sablika i in. (2001) stwierdzono, że prawidłowo zbilansowaną dawkę pokarmową otrzymywało od 7 do 50% krów. Badania Gonzaleza i Vazgueza (2002)

wykazały, że zawartość mocznika w mleku wahała się od 244 do 364 mg·l⁻¹ w zależności od podaży białka w paszy dostarczonego w postaci mączki sojowej. Najmniej mocznika zawierało mleko krów wypasanych, natomiast najwięcej mleko krów, których dawka zawierała 20% białka. Interesujący jest fakt, że w tych dwóch grupach autorzy ci stwierdzili najniższą zawartość białka w mleku (od 2,93 do 2,95%).

Zawyżony poziom mocznika (>300 mg·l⁻¹) najczęściej stwierdzano w przypadku prób mleka krów o najwyższej produktywności (gr. 1 i 2) - odpowiednio 29,3 i 37,9% prób. W grupach tych stwierdzono także największy odsetek prób, w których zawartość białka nie przekraczała 3,2% (po 13,6%).

W każdej z grup żywieniowych poziom białka w mleku częściej wskazywał jednak na nadmierną podaż energii niż na jej deficyt. Na uwagę zasługuje fakt, że w 4 i 5 grupie nie stwierdzono prób mleka wskazujących na niedobór energii, zanotowano natomiast bardzo wysoki udział prób, w których poziom białka wskazywał na jej nadmierną podaż, odpowiednio aż 84,7 i 92,4%. W 3 i 4 grupie największy odsetek stanowiły próby, w których zawartość białka i mocznika mogła sugerować nadwyżkę energii i białka w stosowanych mieszankach, natomiast w grupie 5 udział takich prób wynosił tylko 3,1%.

W przypadku wszystkich poziomów wydajności (tabela 5) największy odsetek stanowiły te próby, w których poziom mocznika był optymalny (151-300 mg·l⁻¹). Najwyższy ich udział (71,8%) stwierdzono przy wydajności od 25,1 do 35,0 kg mleka. Wykazano ponadto, że przy niższych poziomach dobowej wydajności (≤15 i 15,1-25 kg) częściej stwierdzano niedobór białka (odpowiednio 30,1 i 17,7% prób) niż nadmierną jego podaż (4,3 i 11,6%). W przypadku wyższych wydajności (>25 kg) tendencje były odwrotne, tzn. wyższy odsetek prób świadczył o nadmiarze białka (21,5-34,1%), a mniejszy o jego deficycie (1,6-6,7%). Jak podaje Markiewicz (2003) wyższa zawartość białka w dawkach pokarmowych dla krów może działać stymulująco na produkcję mleka. Z badań Czajkowskiej i in. (2015) wynika, że wraz ze wzrostem dobowej wydajności mleka obserwowano wzrost zawartości mocznika w mleku. Cao i in. (2010) stwierdzili, że wzrostowi wydajności o 1 kg FCM towarzyszyło zwiększenie zawartości mocznika w mleku o 0,05 mg·dl⁻¹.

Interesujące zależności obserwowano w zakresie częstotliwości występowania prób mleka świadczących o różnym zbilansowaniu dawek pod względem energii. W przypadku krów o najniższej produktywności aż w 94,5% prób poziom białka przekraczał 3,6% i sugerował nadmiar energii. Wzrastającej produktywności towarzyszyło obniżanie się udziału takich prób od 84,9% (15,1-25 kg) poprzez 62,3% (25,1-35 kg) do 32,4% (>35 kg). Wzrastał z kolei odsetek prób z optymalnym poziomem białka (tj. 3,2-3,6%) i takich, które wskazywały na niedobór energii w paszach. Jedynie przy wydajności przekraczającej 35 kg próby z optymalnym poziomem białka (3,2-3,6%) i mocznika (151-300 mg·l⁻¹) stanowiły najwyższy odsetek (33,8%). W przypadku pozostałych poziomów dobowej wydajności najczęściej stwierdzano próby, w których poziom mocznika wskazywał na optymalną podaż białka w stosowanych mieszankach, ale dostarczały one zbyt dużo energii. Przy najniższej wydajności stwierdzono je w 61,4% przypadków. Od krów o wydajności 15,1-25 kg mleka próby takie pobrano w 59,9% przypadków, a przy poziomach 25,1-35 i >35 kg mleka było ich odpowiednio 46,7 i 22,7%.

Table 5. Frequency of milk samples with different protein and urea content in different daily milk yield level

Tabela 5. Częstotliwość występowania prób mleka o różnej zawartości białka i mocznika przy różnych poziomach dobowej wydajności

Daily milk yield level (kg) Poziom dobowej wydajności mleka (kg)	Protein content (%) Zawartość białka (%)	Urea level (mg·l ⁻¹) Poziom mocznika (mg·l ⁻¹)						Total Ogółem	
		≤150		151-300		>300		n	%
		n	%	n	%	n	%		
≤15	<3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2-3.6	2	1.2	7	4.3	-	-	9	5.5
	>3.6	47	28.8	100	61.4	7	4.3	154	94.5
	Total / Ogółem	49	30.1	107	65.6	7	4.3	163	7.7
15.1-25	<3.2	1	0.2	3	0.6	1	0.2	5	1.1
	3.2-3.6	9	2	47	10.1	9	2	65	14
	>3.6	72	15.5	278	59.9	44	9.5	394	84.9
	Total / Ogółem	82	17.7	328	70.7	54	11.6	464	21.8
25.1-35	<3.2	1	0.1	15	2.2	9	1.3	25	3.7
	3.2-3.6	10	1.5	154	22.9	65	9.7	229	34
	>3.6	34	5.1	314	46.7	71	10.5	419	62.3
	Total / Ogółem	45	6.7	483	71.8	145	21.5	673	31.7
>35	<3.2	1	0.1	64	7.8	45	5.5	110	13.4
	3.2-3.6	8	1	279	33.8	160	19.4	447	54.2
	>3.6	4	0.5	187	22.7	76	9.2	267	32.4
	Total / Ogółem	13	1.6	530	64.3	281	34.1	824	38.8

$\chi^2 = 645.3$ – test value significant at $P \leq 0.01$

$\chi^2 = 645,3$ – wartość testu istotna przy $P \leq 0,01$

Z badań Sawy i in. (2010) wynika, że udział prób mleka wskazujących na niedobór energii zwiększał się wraz ze wzrostem wydajności dobowej. W badaniach własnych wykazano, że u krów o najniższej produktywności nie stwierdzano prób mleka, które mogły pochodzić od krów niedożywionych energetycznie. W grupie tej nie było również przypadków, w których poziom białka wskazywał na energetyczne zbilansowanie dawek pokarmowych przy jednoczesnym nadmiarze białka w paszy. Przy wydajności 15,1-25 kg mleka takie próby występowały z częstotliwością 2%, a ich

udział wzrastał wraz ze wzrostem dobowej produktywności od 9,7% (25,2-35 kg mleka) do 19,4% (>35 kg mleka). Odsetek prób, w których nadmiernej podaży energii towarzyszył niedobór białka w dawkach najniższy był w grupie krów najbardziej produkcyjnych (>35 kg). Od krów, które produkowały 25,1-35 kg mleka pozyskiwano je o 4,6% częściej. Przy wydajności 15,1-25 kg odsetek ten wynosił 15,5%, a przy najniższej dobowej produktywności (≤ 15 kg mleka) aż w 28,8% przypadków poziom białka wskazywał na nadmierną podaż energii (>3,6%), a mocznika na niedożywienie białkowe (≤ 150 mg·l⁻¹). W badaniach Salamończyk i Gulińskiego (2015) udział prób mleka o prawidłowej zawartości mocznika wynosił od 42,3% w pierwszych 100 dniach laktacji do ponad 49% u krów będących w laktacji trwającej ponad 305 dni.

Jednocześnie największy odsetek prób mleka o zbyt wysokiej zawartości mocznika (>270 mg·l⁻¹) stwierdzono u krów pomiędzy 100 a 300 dniem laktacji (ponad 50%). Bendelja i in. (2011) stwierdzili, że istotnie ($P < 0,05$) więcej mocznika zawierało mleko krów simentalskich (245 mg·l⁻¹) w porównaniu z mlekiem krów rasy hf (237 mg·l⁻¹).

Analiza tabeli 6 wskazuje, że przy optymalnym poziomie białka i mocznika w mleku (grupa 5) dobowa wydajność krów wynosiła 37 kg mleka. Zawierało ono 3,7% tłuszczu, 3,43% białka, 4,87% laktozy oraz 12,6% suchej masy.

Table 6. Daily milk yield and chemical composition of milk according to energy-protein balance of feed rations

Tabela 6. Dobowa wydajność i skład chemiczny mleka w zależności od stopnia energetyczno-białkowego zbilansowania dawek pokarmowych

Group of samples Grupa prób	Daily milk yield (kg) Dobowa wydajność mleka (kg)	Content in milk (%) Zawartość w mleku (%)				Urea content (mg·l ⁻¹) Zawartość mocznika (mg·l ⁻¹)
		Fat Tłuszczu	Protein Białka	Lactose Laktozy	Dry matter Suchej masy	
1	33.5	3.39	3.14	5.04	12.2	123
2	42.8	3.85	3.07	4.95	12.46	238 ¹
3	43.9	4.26 ⁽²⁾	3.07	4.93	12.81	350 ^{1,2}
4	27.4 ^{2,3}	4.08	3.48 ^{2,3,(1)}	4.71 ^{2,3}	12.93 ⁽²⁾	128 ^{2,3}
5	37 ^{2,3,4}	3.7 ³	3.43 ^{2,3,(1)}	4.87 ^{4,(2)}	12.6	237 ^{1,3,4}
6	38.5 ^{2,3,4,(5)}	3.71 ³	3.42 ^{2,3,(1)}	4.9 ⁴	12.57	348
7	19.5 ^{2-6,(1)}	4.16 ^{5,6,(2)}	4.02 ¹⁻⁶	4.69 ^{2-6,(1)}	13.5 ²⁻⁶	118 ^{2,3,5}
8	27.2 ^{2,3,5-7}	3.98 ^{5,6,(3,7)}	3.91 ¹⁻⁷	4.74 ^{2-6,(7)}	13.21 ^{2,3,5-7}	228 ^{1,3-5,7,(2)}
9	31.9 ²⁻⁸	3.93 ^{5,(3,6,7)}	3.86 ¹⁻⁸	4.8 ^{2,3,(5-8)}	13.12 ^{2,5-7}	342 ^{1,2,4,5,7,8}
Total Ogółem	31.6	3.89	3.69	4.8	12.97	248

Means within columns are significantly different between groups, which are designated by a superscript numbers (numbers without brackets – at $P \leq 0.01$; numbers in brackets – at $P \leq 0.05$)

Średnie w kolumnach różnią się istotnie pomiędzy grupami, które oznaczono cyframi w indeksie górnym (cyfry bez nawiasów – przy $P \leq 0,01$; cyfry w nawiasach – przy $P \leq 0,05$)

Znacznie wyższą produktywnością w porównaniu do krów z grupy 5 (o 6,9 kg mleka, o 0,56% tłuszczu; 0,06% laktozy i 0,21% suchej masy) charakteryzowały się krowy, w mleku których poziom białka i mocznika wskazywał na niedobór energii i nadmiar białka w dawkach pokarmowych (grupa 3). Na wzrost zawartości tłuszczu w mleku zawierającym podwyższoną zawartość mocznika wskazują Hojman i in. (2004). Dodatnią korelację pomiędzy zawartością mocznika w mleku a wydajnością, a ujemną pomiędzy poziomem tego związku a zawartością białka i tłuszczu w mleku obserwowano w badaniach Cao i in. (2010).

Wysoka była również wydajność krów, od których pochodziło mleko zawierające do 3,2% białka i optymalną ilość mocznika - 42,8 kg (grupa 2) oraz tych, u których stwierdzono optymalną zawartość białka i podwyższony poziom mocznika - 38,5 kg (grupa 6). Najniższą wydajność (19,5 kg) odnotowano w grupie, w której poziom białka i mocznika w mleku sugerował niedobór białka i nadmiar energii w paszach.

Na uwagę zasługuje fakt, że dobową wydajność krów, w mleku których stwierdzono zbyt niski poziom mocznika (grupa 1, 4 i 7) kształtowała się na znacznie niższym poziomie, w porównaniu z tymi, u których notowano zbyt dużo mocznika (grupa 3, 6 i 9). Koresponduje to z badaniami Bendelja i in. (2011), którzy stwierdzili istotną dodatnią korelację pomiędzy dobową wydajnością a zawartością mocznika w mleku.

Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, że według przyjętych w pracy kryteriów średnie dla zawartości białka (3,69%) i mocznika ($248 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) w mleku wskazywać mogły na białkowe zbilansowanie dawek pokarmowych dla krów i nadwyżkę energii w stosowanych mieszankach. Wykazano jednak, że o prawidłowym zaopatrzeniu krów w białko i energię świadczyło zaledwie 22,9% prób mleka.

Próby mleka wskazujące na właściwe zbilansowanie energetyczno-białkowe dawek pokarmowych najrzadziej (4,5%) stwierdzano w 5 grupie żywieniowej. Najwięcej takich prób (34,2%) pochodziło od krów z grupy 2. W 8,9% przypadkach poziom mocznika sugerował niedobór białka, a 7,4% stanowiły próby, w których poziom białka i mocznika wskazywał na jednoczesny niedobór białka i nadmierną podaż energii w stosowanych mieszankach.

Dawki stosowane w żywieniu krów częściej zawierały zbyt dużo białka niż jego niedobór. Szczególnie często zawyżony poziom mocznika stwierdzano w mleku krów o najwyższej produktywności (1 i 2 grupa). Należy zwrócić uwagę na fakt, że najwyższej zawartości mocznika w mleku krów z grupy 2 towarzyszyła najniższa zawartość białka (3,47%). Wskazuje to, że w tej grupie dysproporcje w podaży białka i energii w stosunku do potrzeb były największe. Charakteryzowały się one jednak najwyższą (43,2 kg) dobową wydajnością. Przy dobowej wydajności przekraczającej 35 kg mleka próby z optymalnym poziomem białka i mocznika stanowiły najwyższy odsetek (33,8%). W pozostałych przypadkach najczęściej stwierdzano próby, w których poziom mocznika wskazywał na optymalną podaż białka i nadmiar energii. Analiza zawartości białka i mocznika w mleku wskazuje zatem na niedostateczne wykorzystanie oznaczeń tych składników przy komponowaniu składu mieszanek TMR.

Piśmiennictwo

- Aguilar, M., Hanigan, M. D., Tucker, H. A., Jones, B. L., Garbade, S. K., McGilliard, M. L., Stallings, C. C., Knowlton, K. F., James, R. E. (2012) Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95 (12), 7261-7268. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5582>
- Arunvipas, P., Dohoo, I. R., Van Leeuwen, J. A., Keefe, G. P. (2003) The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*, 59 (1-2), 83-93. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(03\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(03)00061-8)
- Bendelja, D., Prpić, Z., Mikulec, N., Ivkić, Z., Havranek, J. (2011) Milk urea concentration in Holstein and Simmental cows. *Mljekarstvo*, 61 (1), 45-55. Available at: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=97632 [Accessed 12 March 2017].
- Biswajit, R., Brahma, B., Ghosh, S., Pankaj, P. K., Mandal, G. (2011) Evaluation of milk urea concentration as useful indicator for dairy herd management: a review. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6 (1), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajava.2011.1.19>
- Cao, Z., Huang, W., Wang, T., Wang, Y., Wen, W., Ma, M., Li, S. (2010) Effects of parity, days in milk, milk production and milk components on milk urea nitrogen in Chinese Holstein. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (4), 688-695. DOI: <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.688.695>
- Czajkowska, A., Sitkowska, B., Piwczyński, D., Wójcik, P., Mroczkowski, S. (2015) Genetic and environmental determinants of the urea level in cow's milk. *Archives Animal Breeding*, 58 (1), 65-72. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-58-65-2015>
- Dhali, A., Mishra, D. P., Mehla, R. K., Sirohi, S. K. (2006) Usefulness of milk urea concentration to monitor the herd reproductive performances in crossbred Karan-Fries cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19 (1), 26-30. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.26>
- Geerts, N. E., De Brabander, D. L., Vanacker, J. M., De Boever, J. L., Botterman, S. M. (2004) Milk urea concentration as affected by complete diet feeding and protein balance in the rumen of dairy cattle. *Livestock Production Science*, 85 (2-3), 263-273. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00126-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00126-X)
- Godden, S. M., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Leslie, K. E., Walton, J. S., Lumsden, J. H. (2001) Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (1), 107-114. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74458-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74458-X)

- González Rodríguez, A., Vázquez Yáñez, O. P. (2002) Milk urea content on supplemented grazing dairy cows in Galicia. In: Fisher, G., Frankow-Lindberg, B., Lowland and Grasslands of Europe: Utilization and Development. Proceedings of Conference of the Lowland Grasslands Subnetwork of the Interregional Pastures and Fodder Crops Network of the European System of Cooperative Research Networks in Agriculture, La Coruña, 13-16 October 1998, Galicia, Spain. Available at: <http://www.fao.org/docrep/006/AD236E/ad236e1a.htm#bm46> [Accessed 10 March 2017].
- Hojman, D., Kroll, O., Adin, G., Gips, M., Hanochi, B., Ezra, E. (2004) Relationships between milk urea and production, nutrition, and fertility traits in Israeli dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 87 (4), 1001-1011. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73245-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73245-2)
- Januś, E., Borkowska, D. (2007) Ocena zbilansowania dawek pokarmowych dla krów na podstawie składu chemicznego mleka. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sec. EE*, 25 (2), 33-38.
- Kgole, M. L., Visser, C., Banga, C. B. (2012) Environmental factors influencing milk urea nitrogen in South African Holstein cattle. *South African Journal of Animal Science*, 42 (5), Suppl. 1, 459-463. Available at: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v42i5.3> [Accessed 14 March 2017].
- Kohn, R. A., Kalscheur, K. F., Russek-Cohen, E. (2002) Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 85 (1), 227-233. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74071-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74071-X)
- Krzyżewski, J., Słoniewski, K., Strzałkowska, N. (2001) Zawartość mocznika w mleku krów oraz perspektywy wykorzystania tego wskaźnika w zarządzaniu stadem krów mlecznych. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*, 55, 53-64.
- Markiewicz, H. (2003) Wpływ nadmiaru białka w dawce pokarmowej na płodność krów mlecznych. *Medycyna Weterynaryjna*, 59 (8), 682-685.
- Rafieei, H. (2011) Responses of milk urea nitrogen content to dietary rumen degradable protein level in lactating Holstein dairy cows. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 1 (2), 111-116. Available at: http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_513578.html [Accessed 14 March 2017].
- Rzewuska, K., Strabel, T. (2013) Effects of some non-genetic factors on concentration of urea in milk in Polish Holstein-Friesian cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 22 (3), 197-203. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/65988/2013>
- Sablik, P., Kamieniecki, H., Grzesiak, W. (2001) Porównanie poziomu cech produkcji i niektórych wskaźników rozrodczych krów holsztyńsko-fryzyjskich importowanych jako jałowice cielne z Francji z wynikami uzyskanymi od krów miejscowych. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*, 59, 239-249.

- Sablik, P., Kamieniecki, H., Pilarczyk, R. (2003) Poziom mocznika i białka w mleku w ocenie prawidłowego zbilansowania dawki pokarmowej dla krów mlecznych. Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego, 68 (1), 99-106.
- Salamończyk, E., Guliński, P. (2015) Differences in the level of urea in milk between standard and extended lactation period and the impact on the environment. Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica, 14 (2), 147-164. Available at: http://asp.zut.edu.pl/2015/14_2/asp-2015-14-2-314.pdf [Accessed 10 March 2017].
- Sawa, A., Bogucki, M., Jankowska, M., Krężel-Czopek, S. (2010) Wpływ wybranych czynników na udział prób mleka o określonej zawartości białka i mocznika. Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica, 9 (3), 57-64. Available at: http://asp.zut.edu.pl/2010/9_3/asp-2010-9-3-57.pdf [Accessed 10 March 2017].
- Szarkowski, K., Sablik, P., Lachowski, W. (2009) Żywienie krów wysokomlecznych a poziom mocznika w mleku. Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica, 8 (3), 39-46. Available at: http://asp.zut.edu.pl/2009/8_3/asp-2009-8-3-84.pdf [Accessed 10 March 2017].
- Ziemiński, R., Juszcak, J. (1997) Zawartość mocznika w mleku jako wskaźnik stosunku białkowo-energetycznego w dawce dla krów mlecznych. Postępy Nauk Rolniczych, 3, 73-82.