

Glikol propylenowy jako dodatek do dawek pokarmowych dla krów mlecznych

Jan Mikołajczak, Małgorzata Grabowicz

ATR w Bydgoszczy

Osiągnięcie wysokich wydajności przez krowy mleczne było możliwe, między innymi, dzięki zmianie składu ich dawek pokarmowych. Pasze objętościowe zastępowane były w coraz większym stopniu treściwymi. Obecnie wśród hodowców powszechna jest znajomość optymalnych parametrów jakościowych i pokarmowych pasz (zielonek, okopowych, siana oraz kiszzonek). Opracowano także modyfikacje dotyczące składu chemicznego pasz treściwych (zawartość łatwo fermentujących węglowodanów, tłuszczu, jakości białek w kontekście ich możliwości degradacji w przedżołądkach). Powszechnie szuka się niekonwencjonalnych dodatków do pasz dla krów wysoko wydajnych mogących, bez niepożądanych konsekwencji metabolicznych, zwiększyć wydajność mleka.

Obecnie w praktyce rolniczej wykorzystuje się wiele związków podnoszących wartość energetyczną dawek. Do takich

związków należy glikol propylenowy (PG), jest to alkohol 1,2 propandiol lub 1,2 hydroksy propan, posiadający trzy grupy alkoholowe. Proces glukoneogenezy odbywa się w wątrobie poprzez transformację glikolu propylenowego do glukozy, poprzez puryniany oraz oksyoctany.

Zakres analizowanych badań naukowych

W tabeli 1 przedstawiono informacje ogólne o doświadczeniach nad wykorzystaniem glikolu propylenowego (PG) w żywieniu krów, na podstawie danych z literatury. Z analizowanych źródeł piśmiennictwa wynika, że już w 1939 roku zainteresowano się 1,2 hydroksy propanem jako źródłem energii. Pierwsze opisane dokładnie eksperymenty przeprowadzono prawie 40 lat temu [5]. W badaniach tych do zadawanych porcji ziarna dodawano nawet do 4227 g PG/sztukę/dobę. Również w latach późniejszych ten sam zespół badawczy zajmował się glikolem propylenowym jako składnikiem zestawów paszowych dla krów mlecznych [6, 7]. Opracowano teoretyczne podstawy metabolizmu tego związku i konsekwencje w kontekście przemian lipidów w ustroju zwierząt przeżuwających.

Na początku lat 90. w wielu ośrodkach naukowych analizowano specyfikę okresu okołoporodowego u wysoko wydajnych krów [4, 12, 20]. Badania te koncentrowały się na nowo powstałej wówczas technice żywienia TMR (total mixed ration). Porównywano efektywność stosowania glikolu propylenowego w zależności od sposobu jego zadawania (podawanie po uprzednim zmieszaniu z paszami objętościowymi, treściwymi lub oddzielnie). W końcowych latach minionego wieku, przeprowadzono kilka bardzo precyzyjnych eksperymentów z wykorzystaniem PG w żywieniu krów, ze szczególnym uwzględnieniem przemian żwaczowych, reakcji hematologicznych, jakości i składu chemicznego mleka [1, 3, 9, 10, 16].

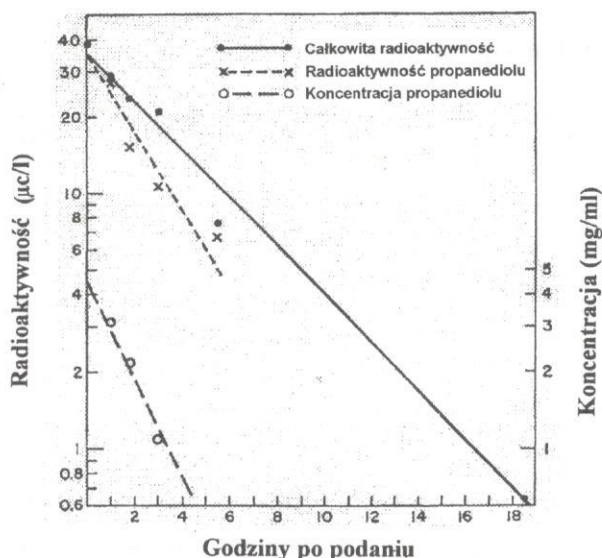
Tabela 1
Ogólne informacje o doświadczeniach nad wykorzystaniem glikolu propylenowego (PG) w żywieniu krów, według różnych autorów

Źródło Grupa	Dawka PG na dzień (g)	Sposób podania*	Porody i ilość laktacji**	Liczba		Krótki opis doświadczenia	Żywienie (% suchej masy) w okresie:	
				krów	dni		zasuszenia	laktacji
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Shingfield i wsp. [19]	1 210	PGC	A, >1	32	21	PG był podawany 3 razy na dobę wraz z paszą treściwą. Badano parametry żwacza, strawność składników, metabolity krwi oraz wykorzystanie składników pokarmowych.		
Fonesca i wsp. [9] Lucci i wsp. [16]	1 - 2 331	PGO	HF, ≥1 HF, ≥1	12 11	26 26	PG był podawany przez 15 dni w okresie od 10 dnia przed wycieleniem do 16 dnia po wycieleniu. Parametry krwi były oznaczane średnio w 11 próbach, pobieranych od 10 dnia przed wycieleniem do 49 dnia po wycieleniu. Średnia wydajność mleka była mierzona od 2 do 12 tygodnia.		
Christensen i wsp. [1]	1 - 2 314 3 314 4 314	PGO PGC PGTMR	≥0 ≥0 ≥0 ≥0	8 8 8 8	7 7 7 7	4 x 4 kwadrat łaciński z 4 krowami (zasuszone) i 4 jałówkami, będącymi ok. 80 dni przed wycieleniem. Każdy okres trwał 14 dni, PG był podawany od 8 do 14 dnia. Parametry krwi były oznaczane w: 0; 1,5; 3 godz. po podaniu PG w 10 dniu.	Dzień 1-10: 2,5 kg s.m. kiszonki z kukurydzy z lucerną do woli. Dzień 11-14: 2,5 kg s.m. kiszonki ze zmniejszającym się udziałem lucerny do śr. 40% w 14 dniu w stosunku do okresu od 1 do 10 dnia (żyw. normowane).	

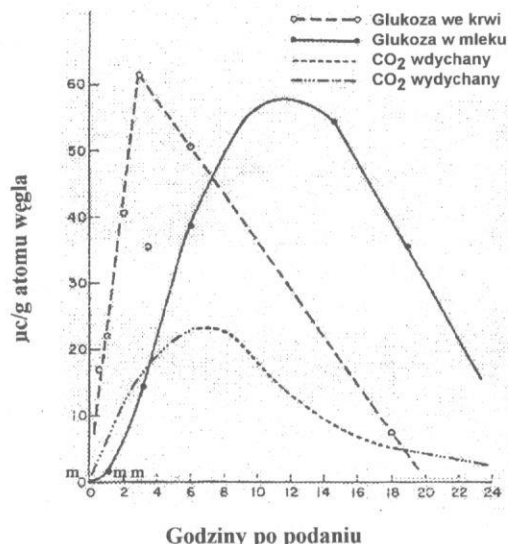
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Cozzi i wsp. [3]										
1	-		IB, ≥ 1	3	7	3 x 3 kwadrat łąciński z 3 krowami, które były 150 dni po wycieleniu. Każdy okres trwał 21 dni, w trakcie którego PG podawano od 14 do 21 dnia. Parametry krwi były oznaczane w: 0, 2, 4, 6 i 8 godz. po podaniu PG w 16 dniu, podczas gdy parametry mleka były oznaczane codziennie od 14 do 21 dnia.				
2	200	PGTMR	IB, ≥ 1	3	7					
3	400	PGTMR	IB, ≥ 1	3	7					
Formigoni i wsp. [10]										
1	-		HF, ≥ 1	19	22	PG był podawany codziennie od 10 dnia przed wycieleniem aż do porodu i 3, 6, 9 i 12 dnia po wycieleniu. Próby krwi oznaczano w wybrane dni od 20 dnia przed wycieleniem do 50 dnia po wycieleniu; tygodniowa wydajność mleka była mierzona aż do 13 tygodnia po wycieleniu.	TMR: kiszonka z traw (32,4), kiszonka z kukurydzy (33,7), słoma (25,4) i koncentrat (8,5).	TMR: kiszonka z traw (12,5), kiszonka z kukurydzy (37), siano z lucerny (9), ziarno soi (3,5), ziarno bawełny (10), mączka kukurydziana (9) i koncentrat (19)		
2	300	PGTMR przed wycieleniem PGO po wycieleniu	HF, ≥ 1	20	22					
Grummer i wsp. [12]										
1	-		HF, =0	8	5	4 x 4 kwadrat łąciński z 8 jałówkami ok. 90 dni przed wycieleniem. Każdy okres trwał 12 dni, w czasie którego PG podawano od 8 do 12 dnia. Parametry krwi mierzono w: 0; 1/4; 1/2; 1; 1 1/2, 3 i 6 godz. po podaniu PG w 12 dniu.	Dzień 1-7: kiszonka z lucerny do woli. Dzień 8-12: stopniowe zmniejszanie udziału kiszonki z lucerny do średnio 50% w 12 dniu w stosunku do dni 1-7 (żywienie normowane).			
2	307	PGO	HF, =0	8	5					
3	613	PGO	HF, =0	8	5					
4	919	PGO	HF, =0	8	5					
Dhiman i wsp. [4]										
1	-		HF, >1	10	21	Układ na krzyż z dwoma okresami po 21 dni i 2 grupami po 10 krów każda. Na początku doświadczenia krowy były ok. 119 dni po wycieleniu i otrzymywały PG przez cały okres. Parametry mleka były oznaczane w ostatnim dniu każdego okresu.		TMR: kiszonka z lucerny (78,2), kukurydza (20).		
2	700	PGTMR	HF, >1	10	21					
Studer i wsp. [20]										
1	-		HF, >1	11	10	PG był podawany codziennie od 10 dnia przed wycieleniem aż do porodu. Parametry krwi i wydajności mleka były oznaczane codziennie podczas 3 pierwszych tygodni po wycieleniu.	Lucerna/miękkie siano z prośa do woli i 1,8 kg koncentratu.	TMR: kiszonka z lucerny (50), płynne białko (3), mączka sojowa (2,4), tłuszcz (1,2), melasa (3,5), kukurydza (38,7).		
2	1036	PGO	HF, >1	13	10					
Hindhede [13]										
1	-		SDM i RDM ≥ 1		70	Doświadczenie było prowadzone na 7 farmach była z 66 pierwiastkami i z 78 wieloródkami. PG był podawany od 2 tyg. przed wycieleniem do 8 tyg. po wycieleniu. Wydajność mleka oznaczano i pobierano próby 3 razy podczas doświadczenia.	Pasze objętościowe były różnie podawane na poszczególnych farmach mlecznych. Poziom pasz objętościowych był taki sam dla wszystkich krów w czasie doświadczenia. Skład pasz w czasie doświadczenia był taki sam.	żywienie jak wyżej		
2	150	PGC	SDM i RDM ≥ 1		70					
3	300	PGC	SDM i RDM ≥ 1		70					
4	450	PGC	SDM i RDM ≥ 1		70					
Fisher i wsp. [8]										
Sauer i wsp. [18]										
1	-		HF i A	17	56	PG był podawany przed porodem i przez 8 tygodni, w tym okresie pobieranie paszy i wydajność mleka były rejestrowane codziennie. Próby krwi pobierano co tydzień podczas trwania doświadczenia	Pasza objętościowa do woli. Skład paszy: kiszonka z kukurydzy (75), kiszonka z żółtą (20), słoma (5), i 5 kg koncentratu składającego się z żółtą (50) i kukurydzy (50).	Pasza objętościowa do do woli. Skład paszy: kiszonka z kukurydzy (75), kiszonka z żółtą (20), siano (5) i 5 kg koncentratu, zgodnie z wydajnością mleczną, składającego się z żółtą (50) i kukurydzy (50).		
2	184	PGC	HF i A	17	56					
3	374	PGC	HF i A	18	56					
4	513	PGC	HF i A	16	56					
Emery i wsp. [5]										
1	-		-	13	10	Grupy krów 1 i 2 oraz 3 i 4 były w 2 oddzielnych stadach. W doświadczeniu brały udział tylko krowy z pozytywnym keto-testem (>2 mg acac+a/100 ml mleka) od 0 do 4 tyg. po wycieleniu. Po pozytywnym wyniku keto-testu PG był podawany przez okres 10 dni. Wydajność mleka i ciała ketonowe w mleku były oznaczane w okresie od 0 do 60 dni po wycieleniu				
2	341	rozlane na ziarno		11	10					
3	-			15	10					
4	341	rozlane na ziarno		17	10					
Emery i wsp. [5]										
1	-			21	56	Grupy krów 1 i 2 oraz grupy 3 i 4 były w 2 oddzielnych stadach. PG był podawany od 4 do 60 dnia po wycieleniu. Wydajność mleka i ciała ketonowe w mleku były oznaczane w okresie od 0 do 60 dni po wycieleniu.				
2	114	rozlane na ziarno		22	56					
3	-			7	56					
4	227	rozlane na ziarno		8	56					

*PGO – PG podawany doustnie, PGC – PG zmieszany z koncentratem, PGTMR – PG zmieszany z TMR;

**HF – rasa holsztyńsko-fryzjska, IB – rasa brązowa włoska, SDM – rasa duńsko-fryzjska, RDM – rasa czerwona-duńska, A – rasa ayshire



Rys. 1. Zmiany radioaktywności treści przewodu pokarmowego i propanediolu w krwi o masie ciała 653 kg, po podaniu 400 g DL-1,2-propanediolu-2-¹⁴C (217 µc/g atomu węgla), wg Emery'ego i wsp. [6]



Rys. 2. Koncentracja izotopu węgla ¹⁴C w glukozie krwi oraz laktozie mleka po pobraniu 400 g glikolu propylenowego (217 µc/g atomu węgla), wg Emery'ego i wsp. [6]

Wpływ glikolu propylenowego na przemiany w żwaczu

Pierwszym praktycznym zagrożeniem w łańcuchu wykorzystania glikolu propylenowego w organizmie krowy jest kierunek przemian w przedżołądkach, a głównie w żwaczu. Jak wynika z danych zawartych w tabeli 2, eksperyment wykonany jeszcze w 1964 roku [5] dowiódł, że podanie krowom ponad 2000 g PG/sztukę/dobę spowodowało obniżenie poziomu octanów (o około 12% w porównaniu do zwierząt żywionych konwencjonalnie), przy jednoczesnym wzroście po-

ziomu propionianów (odpowiednio o 59%) i spadku poziomu maślanów (relatywnie o 22%) w treści żwacza. Podobne modyfikacje można zauważyć także w wynikach badań innych autorów. Zawartość octanów ulegała obniżeniu od kilku procent [4] do prawie 30% [12] w porównaniu do wartości uzyskiwanych u zwierząt żywionych konwencjonalnie.

Poddając analizie poziom soli kwasu propionowego w treści żwacza na skutek podawania glikolu propylenowego można zauważyć fakt wzrostu ich zawartości w przypadku

Źródło	Grupa	Dawka PG na dzień (g)	Czas pobrania próby	Octany (%)	Propaniany (%)	Maślany (%)	Kwas octowy/kwas propionowy
Christensen i wsp. [1]	1	—	4 godz. po podaniu PG	67,0 ^a (100)	18,3 ^a (100)	8,5 (100)	3,8 ^a (100)
	2	PGO ¹	w 10 i 14	59,8 ^c (89)	25,4 ^c (139)	8,5 (139)	2,3 ^c (60)
	3	PGC ¹	dniu	59,8 ^c (89)	25,4 ^c (139)	8,6 (139)	2,4 ^c (63)
	4	PGTMR ¹	dniu	62,2 ^b (93)	22,6 ^b (123)	8,5 (123)	2,8 ^b (74)
Cozzi i wsp. [3]	1	—	2, 4, 6 i 8 godz. po podaniu PG w 16 dniu	67,4 (100)	17,8 (100) ²	10,8 (100)	3,8 (100) ²
	2	200		65,3 (97)	19,5 (110)	11,3 (105)	3,4 (89)
	3	400		63,5 (94)	21,1 (119)	11,2 (104)	3,1 (80)
Grummer i wsp. [12]	1	—	4 godz. po podaniu PG	69,1 ^a (100)	16,9 ^a (100)	7,5 ^a (100)	4,1 ^a (100)
	2	307	w 12 dniu	51,6 ^b (75)	33,5 ^b (198)	6,0 ^b (80)	1,6 ^b (39)
	3	613		54,0 ^b (78)	26,9 ^b (159)	6,2 ^b (83)	2,0 ^b (49)
	4	919		49,1 ^b (71)	25,4 ^b (150)	5,5 ^b (73)	2,0 ^b (49)
Dhiman i wsp. [4]	1	—	3 godz. po podaniu PG w 6, 13, 17 i 20 dniu	66,8 ^a (100)	18,3 ^a (100)	—	3,6 ^a (100)
	2	700		63,5 ^b (95)	23,6 ^b (129)	—	2,5 ^b (70)
Dhiman i wsp. [4]	1	—	5 godz. po podaniu PG w 6, 13, 17 i 20 dniu	66,1 ^a (100)	18,1 ^a (100)	—	3,7 ^a (100)
	2	700		61,5 ^b (93)	22,9 ^b (127)	—	2,7 ^b (73)
Emery i wsp. [5]	1	—		64,6 ^a (100)	19,1 ^a (100)	16,2 ^a (100)	3,4 (100)
	2	2347		57,0 ^b (88)	30,0 ^b (159)	12,6 ^b (78)	1,9 (56)

Tabela 2

Wpływ glikolu propylenowego (PG) na kierunek fermentacji w żwaczu (w nawiasach podano wartości względne w porównaniu do grup kontrolnych); opis doświadczeń podano w tabeli 1.

¹Dawka PG 314 g/krowę/dzień dla PGO, PGC, PGTMR (oznaczenia jak w tab.1)

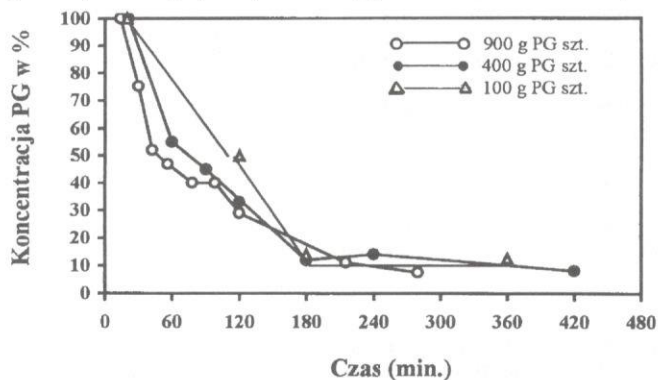
²Efekt liniowy PG (P<0,10)

Poziom istotności oznaczono różnymi literami w kolumnach (P<0,05)

wszystkich cytowanych badań. Podwyżka ta wynosiła od 10% [3] do 98% [12]. Dyskusyjny był natomiast poziom maślanów w treści przedżołądków. W badaniach realizowanych przez Emery'ego i wsp. [5] oraz Grummera i wsp. [12] stwierdzono obniżenie zawartości soli kwasu masłowego w następstwie podawania krowom glikolu propylenowego. Spadek ten osiągnął poziom nawet 27% w odniesieniu do wartości stwierdzonych u zwierząt żywionych tradycyjnie. Natomiast w eksperymentach wykonanych przez Cozzi i wsp. [3] oraz Christensena i wsp. [1] zaobserwowano fakt podwyższenia się poziomu maślanów w konsekwencji wprowadzenia PG do zestawów paszowych. Potwierdziły to również badania Clappertona i Czerkowskiego [2], przedstawione na rysunku 4. Podwyżka ta wynosiła nawet 39% w porównaniu do wartości kontrolnych. Przypuszczać należy, że decydujący wpływ na zawartość tych soli miały inne czynniki. Jednoznaczna jest natomiast tendencja obniżania się wartości stosunku kwasu octowego do kwasu propionowego w treści żwacza pod wpływem zastosowania glikolu propylenowego w żywieniu bydła. Wzajemne relacje tych soli wynosiły u krów żywionych typowymi dietami (bez udziału PG) od 3,4 do 4,1. Pod wpływem glikolu propylenowego zaobserwowano obniżkę wartości tych relacji prawie o 50%. Zjawisko to nie było obojętne i miało wpływ na inne parametry metaboliczne w ustroju zwierząt.

Zmiany hematologiczne pod wpływem pobrania glikolu propylenowego

Zastosowanie glikolu propylenowego w dawkach pokarmowych dla krów oddziaływało na zawartość niektórych składników we krwi. Jak wskazują dane przedstawione w tabeli 3, podczas badań realizowanych przez zespół naukowy kierowany przez Emery'ego [5], we krwi oznaczono jedynie beta-hydroksymaślan (BHB). Pod wpływem dodatku PG w tych



Rys. 3. Koncentracja PG w treści żwacza po infuzji 900 g [5], 400 g [6], 100 g [2] do żwacza krów i owiec. Wartości względne w porównaniu do pierwszego pomiaru w czasie infuzji

Tabela 3
Wpływ zastosowania glikolu propylenowego (PG) na parametry krwi

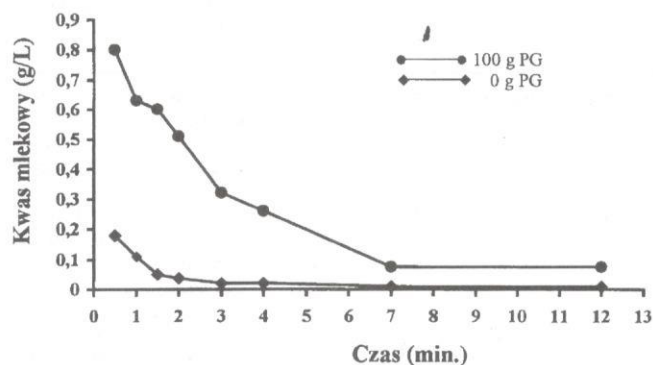
Źródło	Grupa	Dawka PG na dzień (g)	Glukoza (mg/dl)	Insulina (μIU/ml)	NEFA (μteq/l)	BHB (mg/dl)
Fonseca i wsp. [9]	1	–	65,4 (100)	–	415 (100)	6,7 (100)
	2	300	66,0 (100)	–	384 (93)	4,8 (72)
Christensen i wsp. [1]	1	–	65,8 (100)	16,6 ^a (100)	183 ^a (100)	13,7 (100)
	2	PGO ¹	67,8 (103)	33,0 ^b (199)	154 ^b (84)	13,6 (99)
	3	PGC ¹	68,8 (105)	31,9 ^b (192)	155 ^b (85)	14,4 (105)
	4	PGTMR ¹	66,5 (101)	24,0 ^b (145)	161 ^b (88)	14,2 (104)
Cozzi i wsp. [3]	1	–	66,1 (100)	10,4 (100)	70 (100)	
	2	200	68,8 (104)	11,9 (114)	70 (100)	
	3	400	69,9 (106)	11,6 (112)	60 (86)	
Grummer i wsp. [12]	1	–	75,2 ^a (100) ²	13,0 ^a (100) ³	746 ^a (100) ²	8,5 ^a (100)
	2	307	80,0 ^b (106)	17,7 ^b (136)	425 ^b (57)	4,8 ^b (56)
	3	613	81,1 ^b (108)	18,2 ^b (140)	332 ^b (45)	3,6 ^b (42)
	4	919	82,0 ^b (109)	19,8 ^b (152)	282 ^b (38)	3,9 ^b (46)
Sauer i wsp. [18]	1	–	50,8 (100)		714 (100)	6,7 (100)
	2	184	52,1 (103)		688 (96)	4,5 (67)
	3	374	52,0 (102)		573 (80)	3,6 (54)
	4	513	52,2 (103)		552 (77)	3,8 (57)
Emery i wsp. [5]	1	–				1,71 (100)
	2	341				1,76 (103)
	3	–				3,67 (100)
	4	341				2,62 (71)
Emery i wsp. [5]	1	–				1,01 ^a (100)
	2	114				0,47 ^b (47)
	3	–				0,66 (100)
	4	227				0,43 (65)

¹Dawka PG 314 g/krowę/dzień dla PGO, PGC, PGTMR (oznaczenia jak w tab. 1)

²Efekt liniowy i kwadratowy (P<0,05)

³Efekt liniowy (P<0,05)

Poziom istotności oznaczono różnymi literami w kolumnach (P<0,05)



Rys. 4. Koncentracja kwasu mlekowego w treści żwacza owiec po pobraniu PG, wg Clappertona i Czerkowskiego [2]

eksperymentach stwierdzono tendencje do obniżania zawartości BHB we krwi krów (jedynie w 1 przypadku stwierdzono 3% podwyższenie poziomu). W realizowanych później badaniach poziom beta-hydroksymaślanów był pod wpływem dawek PG zazwyczaj niższy u zwierząt z grupy kontrolnej (żywionych bez udziału PG). Jedynie w doświadczeniach przeprowadzonych przez Christensena [1] stwierdzono zwiększenie się zawartości BHB w przypadku dodania glikolu propylenowego do zestawów paszowych (rozprowadzony w TMR) lub po dodaniu do koncentratu białkowego (tab. 3).

Tabela 4

Wpływ zastosowania glikolu propylenowego (PG) na wydajność mleka oraz jego skład chemiczny i pobieranie paszy (w nawiasach podano wartości względne w porównaniu do grup kontrolnych); opis doświadczeń podano w tabeli 1

Źródło	Grupa	Dawka PG na dzień (g)	Mleko (kg)	Tłuszcz (%)	Białko (%)	ECM ¹	Pobranie paszy (s.m., kg/dobę)
Lucci i wsp. [16]	1	–	24,5 (100)				
	2	311	27,0 (110)				
Cozzi i wsp. [3]	1	–	17,7 (100)	4,62 (100)	3,91 (100)	19,9 (100)	16,2 (100)
	2	200	16,6 (94)	4,64 (100)	4,00 (102)	18,8 (94)	17,2 (106)
	3	400	16,9 (95)	4,86 (101)	3,83 (98)	19,1 (96)	16,5 (102)
Formigoni i wsp. [10]	1	–	37,6 (100)	3,73 (100)	2,80 (100)	34,6 (100)	
	2	300	38,5 (102)	3,71 (99)	2,80 (100)	35,3 (102)	
Dhiman i wsp. [4] ²	1	–	27,0 ^a (100)	3,23 ^a (100)	2,95 ^a (100)	23,5 (100)	19,6 ^a (100)
	2	700	25,5 ^b (94)	3,00 ^b (93)	2,84 ^b (96)	21,3 (91)	17,6 ^b (90)
Studer i wsp. [20]	1	–	33,2 (100)	3,97 (100)	3,10 (100)	32,3 (100)	
	2	1036	32,6 (98)	3,86 (97)	3,11 (100)	31,3 (97)	
Hindhede [13] ²	1	–	17,1 (100)	4,35 (100)	3,63 (100)	18,1 (100)	
	2	150	18,0 (105)	3,99 (92)	3,44 (95)	18,0 (99)	
	3	300	19,3 (113)	3,82 (88)	3,36 (93)	18,8 (104)	
	4	450	19,5 (114)	3,82 (88)	3,30 (91)	18,9 (104)	
Hindhede [13] ³	1	–	25,7 (100)	3,74 (100)	3,33 (100)	24,7 (100)	
	2	150	28,2 (110)	3,47 (93)	3,18 (95)	25,9 (105)	
	3	300	27,7 (108)	3,60 (96)	3,24 (97)	26,0 (105)	
	4	450	28,0 (109)	3,67 (98)	3,31 (99)	26,6 (108)	
Fisher i wsp. [8]	1	–	24,4 (100)	3,32 ^a (100)	3,03 (100)	22,0 (100)	6,45 (100) ⁴
	2	184	27,5 (113)	3,09 ^{ab} (93)	3,16 (104)	24,3 (110)	5,95 (92)
	3	374	29,1 (119)	2,85 ^b (86)	3,16 (114)	25,0 (114)	6,27 (97)
	4	513	25,1 (103)	3,17 ^{ab} (95)	3,13 (103)	22,6 (103)	5,82 (90)
Emery i wsp. [5]	1	–	28,2 (100)				
	2	341	30,4 (108)				
	3	–	31,3 (100)				
	4	341	30,4 (97)				
Emery i wsp. [5]	1	–	29,8 (100)				
	2	114	29,4 (99)				
	3	–	30,4 (100)				
	4	227	33,3 (110)				

¹ECM jest obliczony według następującego wzoru: $\text{kg mleka} \times (383 \times F\% + 242 \times P\% + 163,2 \times L\%) / 3140$, w badaniach Fishera i wsp. [8] oraz Cozzi i wsp. [3] mierzono poziom laktozy, a dla reszty przyjęto standard 4,8%;

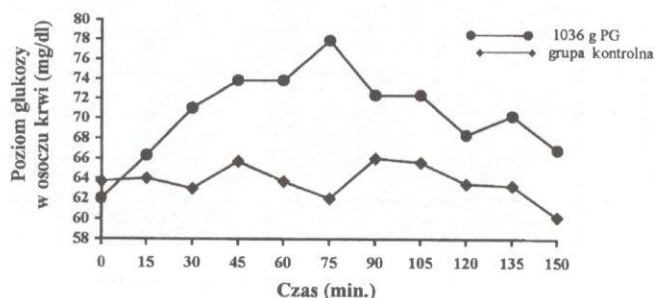
²Krowy pierwiastki;

³Krowy wieloródki;

⁴Pobranie paszy objętościowej w kg s.m./100 kg masy ciała;

Poziom istotności oznaczano różnymi literami w kolumnach ($P < 0,05$)

Korzystnym zjawiskiem, zaobserwowanym przy stosowaniu glikolu propylenowego, było wyraźne podwyższenie poziomu glukozy we krwi krów (rys. 5). W opracowaniu zrealizowanym także przez Grummera i wsp. [12] wzrost poziomu



Rys. 5. Wpływ PG na poziom glukozy w osoczu krwi w okresie 150

okazał się istotny pod względem statystycznym (rys. 6). Zaskakującym zjawiskiem, stwierdzonym u krów otrzymujących dodatek glikolu propylenowego, było wyraźne (w niektórych przypadkach prawie dwukrotne) zwiększenie się zawartości insuliny we krwi krów. W eksperymentach wykonanych przez zespół kierowany przez Christensena i wsp. [1] oraz Grummera i wsp. [12] podwyżka ta była istotna w ujęciu statystycznym (rys. 7).

Kolejnym zjawiskiem stwierdzonym w składzie krwi krów pod wpływem podania glikolu propylenowego było obniżenie poziomu nienasyconych kwasów tłuszczowych (NEFA). W niektórych badaniach [12] obniżka ta wynosiła nawet kilkadziesiąt procent w porównaniu do zwierząt z grupy kontrolnej (różnica okazała się istotna statystycznie) – rysunek 8. Podobne relacje i zależności (choć nie tak wyraźne) stwierdzono w doświadczeniach wykonanych przez zespół kierowany przez Christensena i wsp. [1].

Wpływ dodatku glikolu propylenowego na wydajność i skład mleka

Z danych zawartych w tabeli 4 wynika, że w wię-

kszości cytowanych badań zaobserwowano wzrost wydajności mlecznej krów pod wpływem zastosowania glikolu propylenowego. W najwcześniejszych z analizowanych doświadczeń [5] stwierdzono zróżnicowane reakcje, wyrażone wydajnością mleczną, na dodanie glikolu propylenowego do dawek pokarmowych. Zauważono między innymi wzrost produkcji mleka po dodaniu 2341 g PG (o 2,2 kg/dobę, tj. o 8%). W innych doświadczeniach zaobserwowano obniżające działanie PG na wydajność mleczną krów [4]; nawet 2700 g propandiolu nie zadziałało korzystnie na ilość wyprodukowanego mleka. Jednak zauważyć należy, że w cytowanym eksperymencie zaobserwowano wyraźne (aż o 10%) obniżenie pobrania paszy przez krowy. Przypuszczać należy, że inne niekorzystne zaszłości w tych badaniach (np. niższy poziom tłuszczu i białka w mleku) miały inne podłoże – gorsza jakość pasz objętościowych, ich struktura fizyczna itp. Podobne

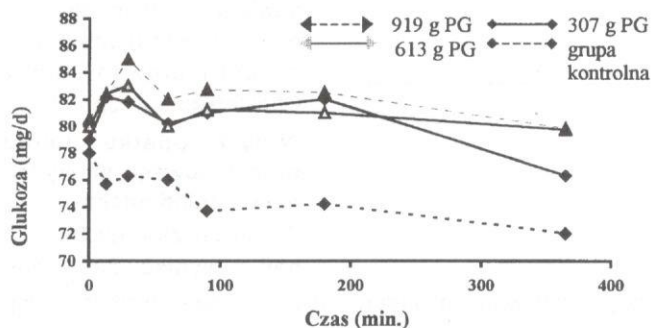
Tabela 5

Wpływ zastosowania glikolu propylenowego (PG) na częstotliwość występowania ketozy określoną występowaniem ciał ketonowych w mleku lub krwi (keto-test)

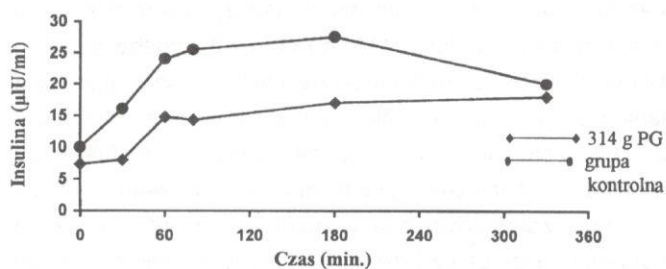
Źródło	Dawka PG, czas doświadczenia, liczba krów	Krowy	Krowy z grupy
		otrzymujące PG z pozytywnym testem na występowanie ciał ketonowych (%)	kontrolnej bez PG w dawce z pozytywnym testem na występowanie ciał ketonowych (%)
Lima i wsp. [15]	311 g PG/krowę w 15 wybranych dniach, w okresie od 10 dnia przed wycieleniem do 16 dnia po wycieleniu; 23 krowy	9	33
Moller [17]	200 g PG/krowę/dzień w czasie pierwszych 5 tygodni po wycieleniu; 100 krów	15	38
Fisher i wsp. [8]	184, 374 lub 513 g PG/krowę/dzień w czasie pierwszych 8 tyg. po wycieleniu; 68 krów	3	23
Hooven i wsp. [14]	249 g PG/krowę/dzień w okresie 2 tygodni przed wycieleniem do 8 tygodni po wycieleniu; 96 krów	17	32

trendy stwierdzono także w eksperymentach wykonanych przez Cozzi'ego i wsp. [3].

Z zestawienia dokonanego na rysunku 9 wynika, że spośród cytowanych eksperymentów w większości przypadków dodanie PG do dawek powodowało wzrost produkcji mleka przy jednoczesnej tendencji do obniżenia zawartości w nim białka, a zwłaszcza tłuszczu. Obliczenia szacunkowe oparte



Rys. 6. Wpływ PG na poziom glukozy we krwi w czasie 360 minut od momentu podania, wg Grummera i wsp. [12]

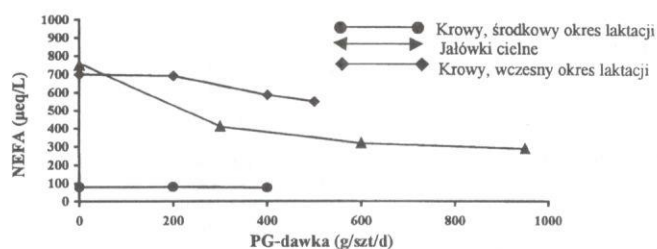


Rys. 7. Wpływ PG na poziom insuliny w osoczu krwi w czasie 330 minut od momentu podania, wg Christensena i wsp. [1]

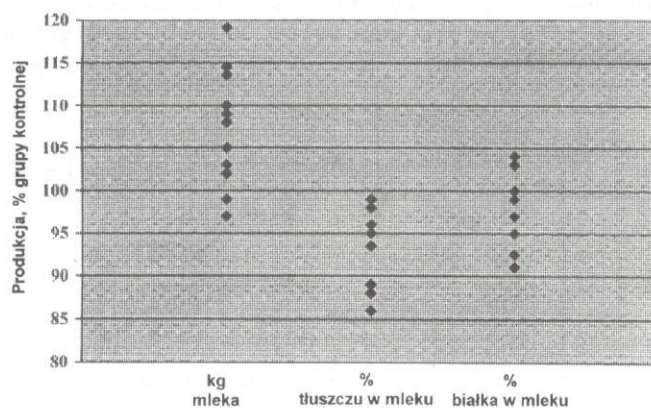
na wynikach Fishera i wsp. [8] oraz Hindhede [13] potwierdzają tę tendencję (rys. 10). Po przyjęciu skorygowanej wartości energetycznej mleka (ECM), jako syntetycznego wskaźnika wydajności, zauważyć można tendencje do korzystnego oddziaływania dodatku PG na produkcję mleczną (rys. 11). Jednak zauważyć można również fakt zmniejszającej się efektywności zastosowania PG po przekroczeniu dobowej dawki 400 g.

Możliwość ograniczenia występowania ketozy poprzez podanie glikolu propylenowego

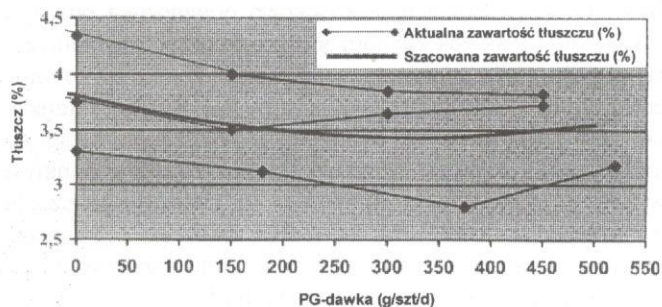
Z danych przedstawionych w tabeli 5 wynika, że pod wpływem podawania krowom mlecznym glikolu propylenowego zaobserwowano wyraźne obniżenie poziomu ciał ketonowych w mleku lub krwi, w kilku cytowanych eksperymentach. Przykładowo w badaniach wykonanych przez Lima i wsp. [15] podanie dawki 311 g PG spowodowało ponad 3,5-krotne zmniejszenie częstotliwości występowania ketozy. Podobnie było w badaniach zrealizowanych przez Mollera [17], Fishera i wsp. [8], a także Hoovena i wsp. [14] – podawanie propanediolu w ilości 184 do 513 g/dzień spowodowało wyraźne obniżenie ryzyka występowania ketozy.



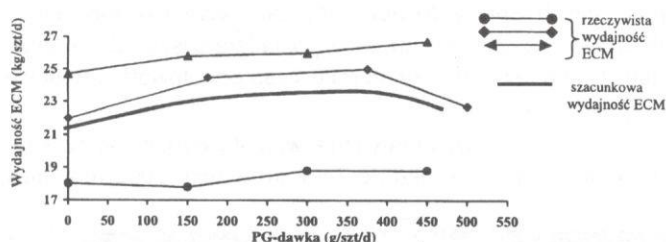
Rys. 8. Wpływ wzrastających dawek PG na koncentrację NEFA w krwi krow: w okresie wczesnej laktacji (wg Sauera i wsp. [18]); w środkowym okresie laktacji (wg Cozzi i wsp. [3]) oraz we krwi jałówek cielnych (wg Grummera i wsp. [12])



Rys. 9. Wpływ PG (150-513 g/sztukę/dzień) na wydajność mleka (kg/dzień) oraz procentową zawartość tłuszczu i białka w mleku krow w okresie wczesnej laktacji [5, 8, 13, 16]



Rys. 10. Wpływ dodatku PG na poziom tłuszczu (%) w mleku w okresie wczesnej laktacji. Przy szacowaniu zawartości tłuszczu w mleku wykorzystano wyniki Fishera i wsp. [8] oraz Hindhede [13]; poziom tłuszczu oszacowano dla krzywej wg równania: $-0,002436 \times \text{PG-dawka} + 0,0000404 \times \text{PG-dawka}^2 + 3,8$



Rys. 11. Wpływ wzrastających dawek PG na wydajności ECM (kg/sztukę/dzień) w wczesnej fazie laktacji. Do obliczeń krzywej wykorzystano dane Fishera i wsp. [8] oraz Hindhede [13]. Wydajność oszacowano dla krzywej wg równania: $0,01156 \times \text{PG-dawka}^2 - 0,00001887 \times \text{PG-dawka} + 21,5$

Podsumowując można stwierdzić, że po podaniu glikolu propylenowego krowom mlecznym mogą wystąpić następujące reakcje:

- ♦ Obniżenie poziomu octanów i maślanów w treści zważca krów, przy jednoczesnym podwyższeniu poziomu soli kwasu propionowego.
- ♦ Obniżenie stosunku zawartości kwasu octowego do propionowego w treści zważca (C_2/C_3).
- ♦ Podwyższenie zawartości glukozy i insuliny we krwi, przy jednoczesnym obniżeniu poziomu nienasyconych kwasów tłuszczowych (NEFA) oraz betahydroksymaślanów (BHB).
- ♦ Obniżenie pobrania suchej masy pasz.
- ♦ Wzrost wydajności mleka (ECM) pod wpływem wzrastających dawek PG (450 g/dobę) w dawkach pokarmowych krów, przy jednoczesnej tendencji do obniżenia w nim zawartości tłuszczu (wyniki dotyczące zawartości białka w mleku okazały się mniej wyraźne).
- ♦ Obniżenie ryzyka wystąpienia ketozy w przypadku podania PG krowom mlecznym w okresie wczesnej laktacji.

Literatura: 1. Christensen J.O., Grummer R.R., Rasmussen F.E., Bertics S.J., 1997 – Effect of method of delivery of propylene glycol

on plasma metabolites of feed-restricted cattle. J. Dairy Sci. 80, 563-568. 2. Clapperton J.L., Czerkawski J.W., 1972 – Metabolism of propane-1:2-diol infused into the rumen of sheep. Br. J. Nutr. 27, 553-560. 3. Cozzi G., Berzaghi P., Gottardo F., Gabai G., Andrighetto I., 1996 – Effects of feeding propylene glycol to mid-lactating dairy cows. Anim. Feed Sci. Tech. 64, 43-51. 4. Dhiman T.R., Cadorniga C., Satter L.D., 1993 – Protein and energy supplementation of high alfalfa silage diets during early lactation. J. Dairy Sci. 76, 1945-1959. 5. Emery R.S., Burg N., Brown L.D., Blank G.N., 1964 – Detection, occurrence and prophylactic treatment of borderline ketosis with propylene glycol feeding. J. Dairy Sci. 47, 1074-1079. 6. Emery R.S., Brown R.E., Black A.L., 1967 – Metabolism of DL 1,2-Propanediol-2 ^{14}C in a Lactating cow. J. Nutrition 92, 348-356. 7. Emery R.S., Herdt T.H., 1991 – Lipid nutrition. In: Sniffen C.J., Herdt T.H. (eds.) Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 7, 341-352. 8. Fisher L.J., Erfle J.D., Lodge G.A., Sauer F.D., 1973 – Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. Can. J. Anim. Sci. 53, 289-296. 9. Fonseca L.F., Lucci C.S., Rodrigues P.H.M., Santos M.V., Lima A.P., 1998 – Supplementation of propyleneglycol to dairy cows in periparturient period: effect on plasma concentration of BHBA, NEFA and glucose. J. Dairy Sci. 76, suppl. 1, 320. 10. Formigoni A., Cornil M., Prandi A., Mordenti A., Rossi A., Portetelle D., Renaville R., 1996 – Effect of propylene glycol supplementation around parturition on milk yield, reproduction performance and some hormonal and metabolic characteristics in dairy cows. J. Dairy Res. 63, 11-24. 11. Grummer R.R., 1993 – Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 76, 3882-3896. 12. Grummer R.R., Wunkler J.C., Bertics S.J., Studer V.A., 1994 – Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. J. Dairy Sci. 77, 3618-3623. 13. Hindhede J., 1976 – Propyleneglykol till malkekoer omkring kaelvning. Meddelelse nr. 146 fra Statens Husdybrugsforsog, 4 pp. 14. Hooven N.W., Plowman R.D., Smith J.W., 1969 – Efficacy of feeding propylene glycol to reduce the incidence and severity of ketosis. J. Dairy Sci. 52, 915. 15. Lima A.P., Fonseca L.F., Lucci C.S., Rodrigues P.H.M., Santos, M.V., 1998 – Supplementation of propyleneglycol to dairy cows in periparturient period: effects on incidence of ketosis and ketosis consequence on milk yield, body condition score and first estrus post-partum. J. Dairy Sci. 76, suppl. 1., 321. 16. Lucci C.S., Fonseca L.F., Rodrigues P.H.M., Santos M.V., Lima A.P., 1998 – Supplementation of propyleneglycol to dairy cows in periparturient period: effects on body condition score, milk yield, and first estrus postpartum. J. Dairy Sci. 76, suppl. 1, 321. 17. Moller O., 1978 – Forebygging av ketose. Norsk Veterinaertidsskrift. 90, 832-835. 18. Sauer F.D., Erfle J.D., Fischer L.J., 1973 – Propylene glycol and glycerol as a feed additive for lactating dairy cows: An evaluation of blood metabolite parameters. Can. J. Anim. Sci. 53, 265-271. 19. Shingfield K.J., Jaakkola S., Huhtanen P., 2002 – Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. Animal Feed Science and Technology 97, 1-21. 20. Studer V.A., Grummer R.R., Bertics S.J., Reynolds C.K., 1993 – Effect of prepartum on periparturient fatty liver in dairy cows. J. Dairy Sci. 76, 2931-2939.

Autorzy: prof. dr hab. Jan Mikołajczak, dr hab. Małgorzata Grabowicz, prof. ATR; Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz