

Zenon Zduńczyk

Oddział Nauki o Żywności

Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie

Glukozynolany rzepaku – wpływ na spożycie pasz, zdrowie i produktywność zwierząt oraz jakość produktów zwierzęcych

Glukozynolany (GLS) obejmują grupę blisko 100 związków w większości występujących w roślinach z rodziny krzyżowych i stanowiących charakterystyczną cechę wielu gatunków, w tym rzepaku (*Brassica napus L.*) [30]. W nasionach tego gatunku zidentyfikowano blisko 30 GLS, przy czym najczęściej spotyka się 9–10 [4, 14, 18]. O zawartości glukozynolanów decyduje odmiana rzepaku, a mniejszy wpływ mają warunki uprawy (przebieg pogody, samosiewy innych odmian, obecność chwastów z rodziny krzyżowych). Duża, przekraczająca 100 $\mu\text{M/g}$ suchej masy beztłuszczowej, zawartość GLS ograniczała przydatność paszową nasion i poekstrakcyjnej śruty z tradycyjnych odmian rzepaku. Glukozynolany, złożone głównie z glukozy i łańcucha bocznego, którym może być związek alifatyczny, indolowy lub aromatyczny, są odpowiednio pochodnymi metioniny, tryptofanu i fenyloalaniny. GLS są związkami o niskiej aktywności biologicznej, dużą natomiast aktywność wykazują łańcuchy boczne, uwalniane w wyniku hydrolizy. W trakcie uszkodzenia nasion rzepaku uwalniany jest własny enzym myrozynaza, który hydrolizuje GLS do izotiocyanianów (ITC), vinyl-oksazolidynotyonu (VOT-goityryny) nitryli i jonu tiocyjanianowego, wywołujących omówiony dalej niekorzystny wpływ na zdrowie i produktywność zwierząt.

W następstwie wieloletnich prac hodowlanych upowszechniono w uprawie i żywieniu zwierząt odmiany rzepaku o niskiej lub bardzo niskiej zawartości GLS; odpowiednio 10–20 $\mu\text{M/g}$ lub poniżej 5 $\mu\text{M/g}$ odtłuszczonej śruty. Zmniejszeniu zawartości GLS towarzyszyła ilościowa zmiana składu tej grupy związków (tab. 1). Przeciętnie zawartość glukozynolanów alkenowych zmniejszyła się z blisko 95% w odmianach tradycyjnych do 30–50% ilości GLS w odmianach ulepszonych [14, 26]. Wzrósł zatem udział glukozynolanów indolowych, którym nie przypisuje się silnego działania biologicznego, aczkolwiek ich działanie nie zostało dostatecznie rozpoznane [14, 28]. Z tego względu uzasadnione jest pytanie, czy glukozynolany pozostają istotnym czynnikiem przeciwozdrowczym w nowych odmianach rzepaku? Niniejszy przegląd piśmiennictwa, w którym oceniono wpływ zawartości GLS w mieszankach

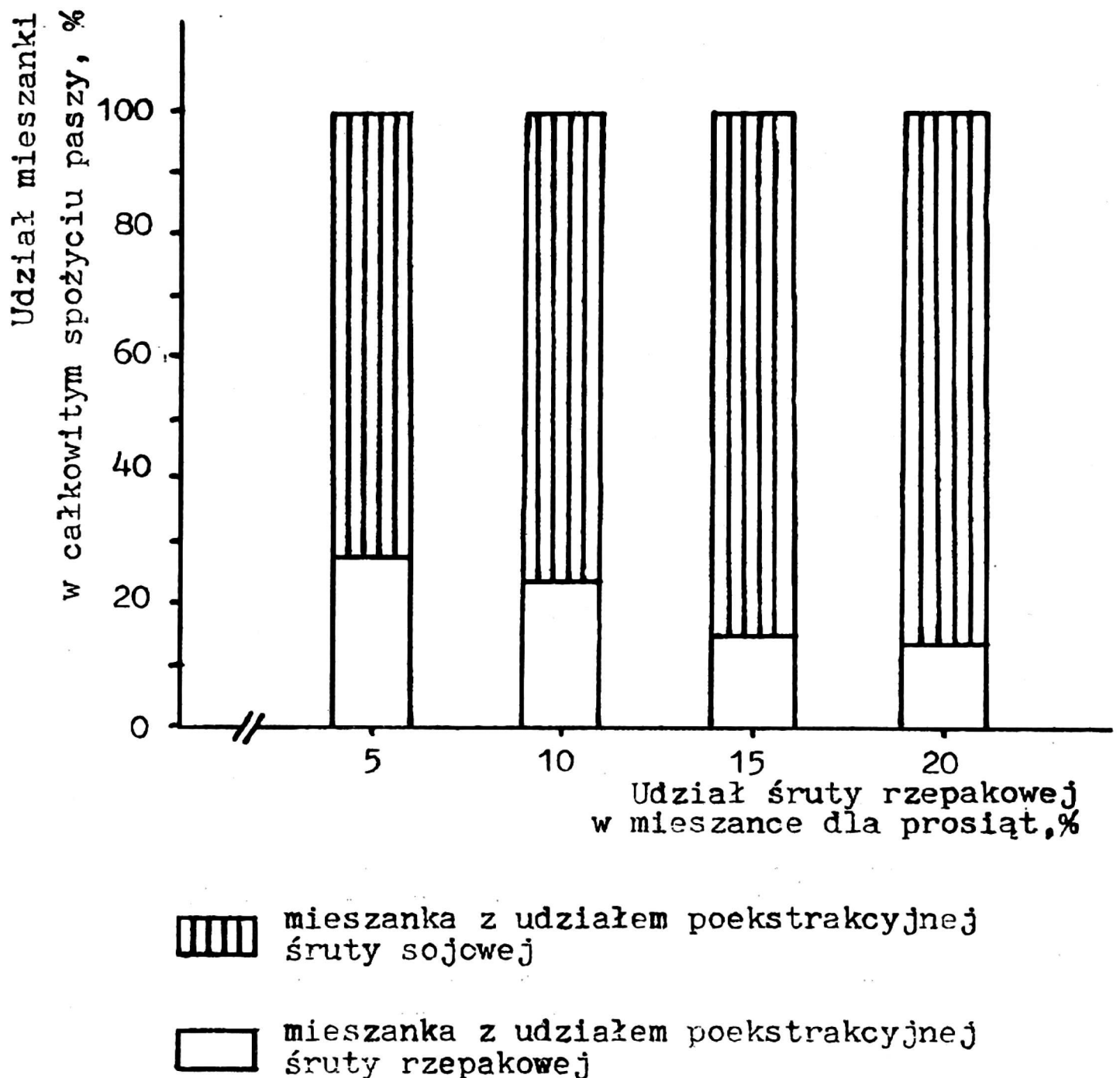
Tabela 1. Różnice w zawartości i składzie glukozynolanów w odmianach rzepaku – tradycyjnych i podwójnie ulepszonych [14, 18, 26]

Nazwa potoczna	Przedrostek nazwy systematycznej	Zawartość [$\mu\text{M/g}$] w odmianach:	
		tradycyjnych	ulepszonych
Glukozynolany alkenowe:			
Glukonapina	But-3-enyl-	20,1	3,5
Glukobrassicapanina	Pent-4-enyl-	8,6	0,7
Progoitryna	2-Hydroxybut-3-enyl-	84,4	7,6
Napoleiferyna	2-Hydroxypent-4-enyl-	10,0	1,7
Synigryna	Allil	0,7	0,0
Glukozynolany indolowe:			
Hydroksyglukobrassicyna	4-Hydroxy-3-indolylmetyl-	14,3	12,4
Suma GLS		138,1	25,9

paszowych na ich spożycie, zdrowie i produktywność zwierząt oraz zakres przechodzenia produktów rozkładu glukozynolanów do produktów zwierzęcych (tusz, jaj, mleka), jest próbą odpowiedzi na to pytanie. Praca jest syntezą szczegółowego omówienia tych zagadnień, opracowanego z udziałem autora [18–24], i jest kontynuacją prac innych autorów, opublikowanych w tym czasopiśmie [31, 33].

Wpływ GLS na spożycie mieszanek paszowych

Charakterystyczny smak i zapach śruty rzepakowej jest pochodną wielu związków, w tym gorzkiej synapiny i saponin oraz cierpkich tanin. Substancje te, a również stosunkowo duża zawartość włókna mogą mieć większy wpływ na ograniczanie spożycia mieszanek z udziałem produktów rzepakowych, niż zawarte w tych produktach GLS i ich pochodne [19]. Doświadczenia Lee i in. [16] wykazały, że GLS z odmian o niskiej zawartości tych związków w małym stopniu zmniejszają spożycie paszy przez świnię. Spożycie mieszanki, nie zawierającej naturalnych produktów rzepakowych, zależało od ilości GLS, wprowadzonych w formie wodnego ekstraktu tych związków. Wyrazne zmniejszenie spożycia mieszanki miało miejsce, jeżeli zawartość progoitryny przekraczała $4,65 \mu\text{M/g}$. Zawartość progoitryny poniżej $2,3 \mu\text{M/g}$ nie miała wpływu na pobieranie tej mieszanki, w której komponentem wysokobiałkowym była poekstrakcyjna śruta sojowa. W doświadczeniu Baidoo i in. [3], w którym prosiętom o masie od 6 do 20 kg śrutę sojową w mieszance zastępowano poekstrakcyjną śrutą rzepakową (w relacji 0, 25, 50 75 lub 100%), stwierdzono, że spożycie paszy malało o 4 g dziennie, jeżeli udział śruty rzepakowej wzrastał o 1%.



Rysunek 1. Spożycie mieszanki z udziałem śruty sojowej, podanej do wyboru z mieszankami o różnym udziale poekstrakcyjnej śruty rzepakowej [2]

Stosunko dużą wrażliwość młodych świń na niekorzystny smak i zapach śruty rzepakowej stwierdzono w wielu testach wolnego wyboru diety. Wynik jednego z nich prezentuje rysunek 1, wykonany na podstawie wyników doświadczeń Baidoo i in. [2]. W innym doświadczeniu stwierdzono jednak, że zmniejszenie zawartości GLS w mieszance z 15,63 do 10,7 oraz 0,53 $\mu\text{M/g}$ nie miało wpływu na pobieranie paszy [5]. Wszystkie pasze były pobierane w ilości zbliżonej do spożycia mieszanki z udziałem śruty sojowej. Odmiennie w doświadczeniu Schöne i in. [32], obniżenie zawartości GLS z 3,21 do 0,32 $\mu\text{M/g}$ spowodowało wzrost pobierania mieszanki przez warchlaki. Być może zadecydował o tym sposób zmniejszenia zawartości GLS

(moczenie śruty poekstrakcyjnej w wodzie), sprzyjający zmniejszeniu zawartości innych składników (np. związków fenolowych) pogarszających smak tej paszy. Na podstawie podobnych wyników i z obawy o gorszą smakowitość produktów rzepakowych, duńskim producentem wieprzowiny nie zaleca się przekraczania poziomu 1 μM GLS/g w mieszankach pełnoporcjowych [34].

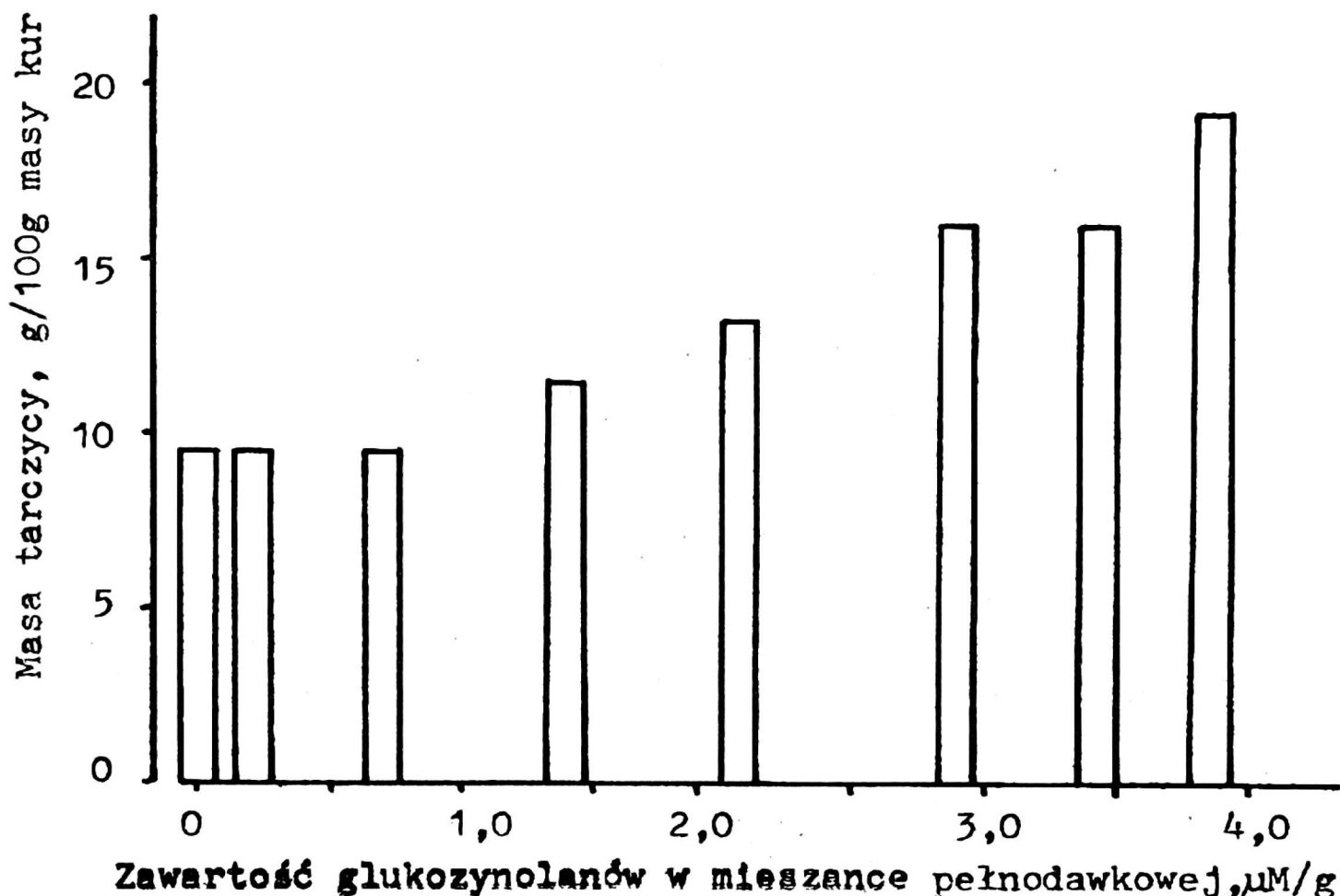
Długo- i krótkoterminowe doświadczenia na krowach wykazały, że bydło wyróżnia się dużymi zdolnościami adaptacyjnymi i nie zmniejsza pobierania mieszanek, nawet z dużą zawartością glukozyolanów. Z tego względu, wraz z upowszechnieniem odmian rzepaku o niskiej zawartości GLS, ta grupa związków przestała być czynnikiem limitującym zastosowanie poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w żywieniu bydła dorosłego. Nie stwierdzono zmniejszenia pobierania paszy oraz ograniczenia wzrostu i zdolności rozrodczych jałówek i krów w następstwie długotrwałego podawania w dawce pokarmowej 2,5 kg śruty poekstrakcyjnej oraz 0,9 kg termicznie preparowanych nasion rzepaku [9]. Taką ilość produktów rzepakowych, a głównie śruty poekstrakcyjnej, przyjmuje się za maksymalną w żywieniu krów dojnych.

Mniejsza wrażliwość drobiu na smak i zapach paszy, co stwierdzono w wielu doświadczeniach [19], sprawia, że nawet duża ilość GLS, odpowiadająca zawartości 30% niskoglukozyolanowej śruty rzepakowej w mieszance, nie powinna ograniczać pobierania tej paszy [7]. Z innych natomiast, dalej omówionych względów, a również wysokiej zawartości włókna i niższej (w porównaniu ze śrutą sojową) wartości enerygetycznej, tak duża zawartość produktów rzepakowych w mieszankach dla zwierząt monogastrycznych nie jest stosowana.

Wpływ GLS na zdrowie zwierząt

Glukozyolany są prekursorami związków, które wykazują aktywność goitrogeną („wolutwórczą”) u ptaków i ssaków oraz mogą powodować schorzenia narządów wewnętrznych (wątroby, nerek, nadnerczy). Izotiocyjaniany, goitryna oraz jon tiocyjaninowy, poprzez hamowanie reakcji jodowania tyroksyny i obniżanie sekrecji tego hormonu, powodują niedoczynność i przerost tarczycy [21]. Stopień goitrogenego działania śruty rzepakowej zależy od szeregu czynników, a głównie od gatunku zwierząt, zawartości GLS w diecie oraz okresu spożywania tych związków.

U drobiu zagrożenie hipertrofią tarczycy występuje już przy podawaniu ok. 1,5 μM sumy glukozyolanów w 1 g mieszanki paszowej (rys. 2). Oznacza to, że dysfunkcja tarczycy może wystąpić już przy 15-procentowym udziale śruty rzepakowej w mieszance treściwej, jeżeli zawartość glukozyolanów w śrucie przekracza 10 $\mu\text{M}/\text{g}$. Z wielu doświadczeń, których wyniki podsumowano w pracy Mawson i in. [21], wynika, że dysfunkcja tarczycy świń miała miejsce, jeżeli podawane mieszanki zawierały GLS rzepaku w ilości przekraczającej 2–3 $\mu\text{M}/\text{g}$. Po podaniu lochom

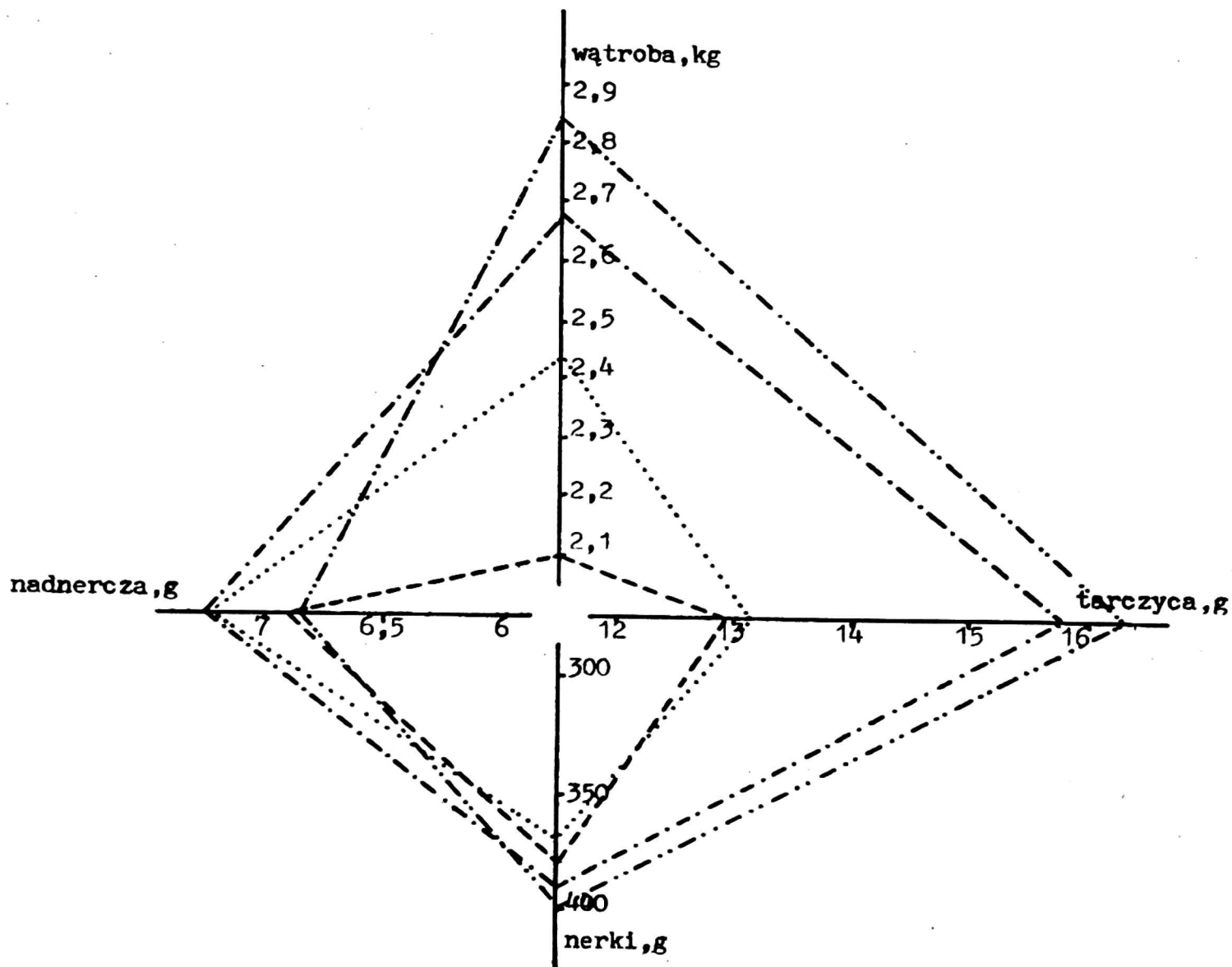


Rysunek 2. Wpływ zawartości glukozynolanów w mieszance pełnoporcjowej na masę tarczycy kur niosek [7]

mieszanek z dużą zawartością GLS (7,3 oraz 14,9 $\mu\text{M/g}$) hipertrofia tarczycy wystąpiła zarówno u loch, jak i ich płoików [10].

Powiększeniu masy tarczycy może towarzyszyć przerost masy wątroby i niewielkie powiększenie masy innych narządów (rys. 3). Małe powiększenie wątroby świń (10%) może wystąpić po żywieniu mieszanką z zawartością GLS bliską 2 $\mu\text{M/g}$. Przy podwojeniu zawartości glukozynolanów w mieszance (4 $\mu\text{M/g}$) należy spodziewać się dużego (20%) przerostu masy wątroby [21].

Jak wynika z obszernego piśmiennictwa, podsumowanego w pracy Mawson i in. [21], niewielkie zmiany morfologiczne i histologiczne wątroby kur występują, jeżeli zawartość GLS w mieszance jest mniejsza niż 1,5 $\mu\text{M/g}$. Bardziej znaczące zmiany w wątrobie, w tym krwawe wybroczyny, występują u niosek, jeżeli zawartość GLS w mieszance przekracza 4 $\mu\text{M/g}$. Przy tak wysokiej zawartości GLS stwierdzano również perożę u brojlerów. Cytowane piśmiennictwo wskazuje, że poekstrakcyjna śruta z niskoglukozynolanowej odmiany rzepaku, podawana w ilości 10–15% składu mieszanki pełnodawkowej, nie powinna powodować powiększenia masy wątroby i innych narządów.



- mieszanka bez udziału glukozynolanów
- 1,4 μM glukozynolanów w 1g mieszanki
- 7,3 μM glukozynolanów w 1g mieszanki
- 14,9 μM glukozynolanów w 1g mieszanki

Rysunek 3. Masa wątroby, tarczycy, nerek i nadnerczy loch w zależności od zawartości glukozynolanów w mieszance pełnoporcjowej [10]

Wpływ GLS na wzrost, wydajność i użytkowość rozplodową zwierząt

Wpływ produktów rzepakowych na wzrost świń był przedmiotem wielu wcześniejszych przeglądów piśmiennictwa [5, 6, 14, 27, 30] oraz najnowszego opracowania Mawson i in. [20]. Ze względu na różne warunki przeprowadzania doświadczeń, a często również niedostateczne informacje o jakości zastosowanych pasz, trudno określić graniczną wartość GLS, powyżej której wzrost świń jest hamowany. W praktycznym żywieniu nie obserwowano szkodliwego wpływu na wzrost świń, jeżeli całkowita zawartość glukozynolanów lub oksazolidyntionu wynosiła odpowiednio 1,0 i 0,5 $\mu\text{M/g}$ [20]. Wyraźne hamowanie wzrostu tuczników stwierdzono po podaniu mieszanek zawierających ponad 7 $\mu\text{M/g}$ sumy glukozynolanów. Doświadczenia wielu autorów [3, 5, 20] wskazują jednak, że zastąpienie śruty sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową może prowadzić do obniżenia wzrostu prosiąt i warchlaków, nawet przy bardzo małej zawartości GLS [5]. W doświadczeniu Baidoo i in. [3], w którym śrutę sojową w mieszance zastępowano w 25, 50, 75 i 100% przez śrutę rzepakową, stwierdzono istotne zmniejszenie przyrostów dobowych prosiąt o masie od 6 do 20 kg. Spadek przyrostu masy wynosił 2 g dziennie, jeżeli udział poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (ŚRz) w mieszance wzrastał o 1%. Zależność tę wyrażono następującym równaniem regresji:

$$Y = 0,39 - 0,002 (\% \text{ ŚRz}) \quad (r = -0,87; \text{SE} = 0,00019; \text{df} = 58; P \leq 0,001)$$

Wyniki wielu doświadczeń, posumowanych w opracowaniu Mawsona i in. [20], wskazują, że kurczęta brojlery są mniej wrażliwe na obecność GLS w diecie w porównaniu z prosiętami. Zależność między zawartością GLS a wzrostem brojlerów można określić następująco:

- przy zawartości 2–4 $\mu\text{M/g}$ GLS w mieszance zarysowuje się tendencja obniżenia wzrostu;
- wzrost brojlerów może być obniżony o 10%, jeżeli zawartość GLS w mieszance wynosi 6–10 $\mu\text{M/g}$;
- zawartość GLS w mieszance przekraczająca 10 $\mu\text{M/g}$ powoduje znaczne obniżenie wzrostu brojlerów [20].

Powyższe dane wskazują, że w mieszankach dla brojlerów śrutę sojową można całkowicie zastąpić śrutą rzepakową o niskiej zawartości GLS. Podobną sugestię w odniesieniu do żywienia niosek wysunął Leeson i in. [17]. Zawartość glukozynolanów w takich mieszankach, ze względu na wcześniej omówione zagrożenie zmianami patologicznymi narządów wewnętrznych, nie powinna przekraczać 4 $\mu\text{M/g}$.

W przypadku bydła jedynie młode cielęta, żywione mieszankami z udziałem niskoglukozynolanowych odmian rzepaku, mogą reagować obniżeniem spożycia paszy i przyrotu masy. Z tego względu zaleca się, aby udział tej paszy w mieszankach dla cieląt nie przekraczał 20% [8]. Jest to zgodne z wynikami doświadczeń, w których nie obserwowano zahamowania wzrostu cieląt otrzymujących mieszankę treściwą,

w której zawartość GLS wynosiła 7,7 $\mu\text{M/g}$. Nawet dwukrotnie większa zawartość GLS w mieszance dla krów nie ma istotnego wpływu na spożycie paszy oraz wydajność i skład mleka [9, 15]. Z tego względu przyjmuje się, że w żywieniu krów śruty poekstrakcyjne z niskoglukozynolanowych odmian rzepaku można stosować równie dowolnie, jak śrutę sojową [15].

Wraz z wprowadzeniem do uprawy i żywienia zwierząt niskoglukozynolanowych odmian rzepaku zamalała liczba doniesień o negatywnym wpływie zastosowania tej paszy na użytkowość rozplodową zwierząt. Wyniki wielu doświadczeń, podsumowane w opracowaniu Mawsona i in. [22], dowodzą, że nie obserwuje się obniżenia płodności sów, jeżeli zawartość GLS w mieszance dla loszek nie przekracza 4 $\mu\text{M/g}$, a całkowite spożycie tej grupy związków nie jest większe od 8,4 mM dziennie. Zwiększenie zawartości GLS w mieszance do 5,2 oraz 7,4 $\mu\text{M/g}$ powodowało obniżenie masy płodów, powiększenie ich tarczycy i zmniejszenie grubości ścian macicy [10]. Nieliczne prace wskazują, że knurki są bardziej wrażliwe na obecność produktów rzepakowych w mieszance. W doświadczeniu Fritz i in. [11], już przy zawartości ok. 0,5 $\mu\text{M/g}$ sumy GLS w mieszance pełnoporcjowej (5% śruty pekstrakcyjnej z odmiany Jantar), stwierdzono powiększenie masy tarczycy knurków o ok. 20%. Zwiększenie udziału poekstrakcyjnej śruty rzepakowej do 12% nie miało wprawdzie ujemnego wpływu na ilościowe i jakościowe cechy nasienia, jednakże istotnie zmniejszyło przyrosty masy knurków. Cytowani autorzy uznali, że 12-procentowy udział śruty rzepakowej w mieszance dla knurków był zbyt duży, mimo iż zastosowano odmianę o niskiej zawartości GLS (9,5 $\mu\text{M/g}$).

Wyniki doświadczeń, w których chakteryzowano zależność między udziałem śruty rzepakowej w mieszance a nieśnością kur i wylęgowością jaj oraz efektami odchowu piskląt, nie są jednoznaczne i nie wykluczają możliwości pogorszenia wskaźników płodności niosek i jakości jaj. Z tego względu zaleca się ograniczenie udziału poekstrakcyjnej śruty rzepakowej do 15% składu mieszanki [29].

W przypadku bytła wpływ żywienia zestawami paszowymi z udziałem produktów rzepakowych na cechy reprodukcyjne jest zwykle mały w stosunku do skutków błędów w technice inseminacji i cech indywidualnych krów. Zdaniem Hilla [15] reguła ta odnosi się również do zestawów paszowych z udziałem produktów rzepakowych. W jednym z nielicznych doświadczeń z długotrwałym zastosowaniem niskoglukozynolanowej odmiany rzepaku (odmiana Topas o zawartości 30 $\mu\text{M/g}$ sumy GLS) w żywieniu krów wykazano istotne zwiększenie okresu międzyciążowego oraz liczby inseminacji na jedno zapłodnienie [1]. W doświadczeniu tym dobowe spożycie glukozynolanów przez krowę wynosiło ok. 75 mM. Podobne następstwa, a również opóźnienie pierwszego zapłodnienia i wzrost liczby inseminacji stwierdzono w doświadczeniu Emanuelson i in. [9], w którym jałówki, a następnie pierwiastki otrzymywały w dobowej dawce pokarmowej 40–58 mM glukozynolanów. W drugiej jednak laktacji, przy podawaniu tej samej ilości, tj. ponad 3 kg produktów rzepakowych dziennie, wskaźniki rozrodu krów

były zbliżone. W dłuższym okresie obserwowano zatem adaptację krów do podawanej dawki pokarmowej, a nie obserwowano kumulacji ujemnego wpływu produktów rzepakowych o niskiej zawartości GLS.

Występowanie pochodnych GLS w produktach zwierzęcych

Żadne z dotychczas przeprowadzonych doświadczeń nie wskazuje na ewentualność przechodzenia produktów rozkładu glukozynolanów do tusz bydła i świń [23]. Ewentualnego, negatywnego lub pozytywnego, wpływu produktów rzepakowych na jakość tuszy, w tym jej kolor, twardość i skład tłuszczu oraz pH mięśni, nie wiąże się zwykle z obecnością GLS w diecie. Analiza wyników wielu doświadczeń [23] nie dowodzi również związku między poziomem GLS w mieszance paszowej, a niekorzystnym posmakiem tuszy brojlerów.

Powszechnie znany związek między obecnością produktów rzepakowych w diecie kur a rybim posmakiem jaj jest pośrednio związany z zawartością GLS w diecie. O rybim posmaku jaj decyduje kumulacja w żółtku trójmetyloaminy (TMA), będącej produktem degradacji naturalnego składnika nasion rzepaku – synapiny [14, 23, 31]. Zawartość synapiny w produktach rzepakowych wynosi ponad 0,5% [14], co znacznie ogranicza ich zastosowanie w żywieniu kur o genetycznie obniżonej zdolności utleniania TMA. Dotyczy to kur znoszących jaja o ciemnej skorupie (np. kur z linii wyprowadzanych z rasy Rhode Island Red). Glukozynolany, a zwłaszcza progoitryna, poprzez obniżenie utleniania TMA, mają wyraźny wpływ na występowanie rybiego posmaku jaj. U kur znoszących jaja o ciemnej skorupie rybi posmak żółtka może wystąpić już przy zawartości 0,3 $\mu\text{M/g}$ progoitryny, tj. w przybliżeniu 0,5 $\mu\text{M/g}$ sumy GLS w mieszance. Przy założeniu, że u kur znoszących białe jaja zawartość graniczna progoitryny jest trzykrotnie wyższa (tj. 1 $\mu\text{M/g}$), rybiego posmaku jaj można spodziewać się już przy zawartości 10% śruty rzepakowej o małej zawartości glukozynolanów (do 20 $\mu\text{M/g}$). Tylko śruty o bardzo małej zawartości GLS (poniżej 5 $\mu\text{M/g}$) można podawać kurom w większej ilości, bez obawy wystąpienia rybiego posmaku jaj [23].

Obecność produktów rozkładu GLS w mleku nie jest zagadnieniem znaczącym zarówno dla funkcjonowania tego gruczołu, jak i zdrowia ludzi [15]. Przyjmuje się, że zaledwie 0,05% spożywanych glukozynolanów trafia (w formie produktów pochodnych – oksazolidyntionu, tiocyjanianu i nienasyconych nitryli) do mleka krów. Przy zastosowaniu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej o małej zawartości GLS, jako jedyne go komponentu wysokobiałkowej dawki pokarmowej dla krów, zawartość produktów rozkładu glukozynolanów w mleku nie powinna przekraczać: 0,1 $\mu\text{M/l}$ oksazolidyntionu, 10 $\mu\text{M/l}$ nienasyconych nitryli i 100 $\mu\text{M/l}$ tiocyjanianu [15, 23]. Nie znaleziono dowodów, że taka zawartość produktów rozkładu glukozynolanów

ma ujemny wpływ na cechy organoleptyczne mleka lub też stwarza zagrożenie zdrowia konsumentów. Oddzielnym zagadnieniem jest możliwość pogarszania smaku mleka przez inne składniki nasion rzepaku, a głównie synapinę [14, 15, 23].

Dopuszczalny udział produktów rzepakowych w mieszankach paszowych

Omówione zależności między zawartością GLS w dawce pokarmowej a efektami żywienia zwierząt pozwalają określić dopuszczalną zawartość produktów rzepakowych, a głównie poekstrakcyjnej śruty, w mieszankach paszowych, bez obawy pogorszenia wyników produkcyjnych i zdrowia zwierząt. Zalecane w tabeli 2 ilości poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, mniejsze od ilości dopuszczalnych, mogą być zwiększone, jeżeli dalsze prace selekcyjne spowodują zmniejszenie zawartości GLS

Tabela 2. Dopuszczalna zawartość glukozynolanów oraz dopuszczalny i zalecany udział poekstrakcyjnej śruty rzepakowej o niskiej zawartości GLS (do 20 $\mu\text{M/g}$) w mieszankach paszowych (wg Pastuszewskiej i in. [25] oraz ustaleń niniejszego przeglądu piśmiennictwa)

Gatunek, grupa zwierząt	Dopuszczalna zawartość w mieszance		Zalecany udział śruty poekstrakcyjnej w mieszance [%]
	GLS [$\mu\text{M/g}$]	śruty poekstrakcyjnej [%]	
Świnie:			
— prosięta i warchlaki	2	10	8
— tuczniaki, I okres	3	15	12
— tuczniaki, II okres	4	20	15
— lochy luźne i niskoprośne	3	15	10
Drób:			
— brojlery	1,5	15	10
— nioski produkcyjne ¹	1,5	15	10
— nioski produkcyjne ²	0,5	3	3
— nioski reprodukcyjne	1,0	10	5
Bydło:			
— cielęta	6	20	15
— krowy ³	15	30	25
— odchów i opas	15	30	25

¹Nioski znoszące białe jaja (np. White Leghorn).

²Nioski znoszące brązowe jaja (np. Rhode Island Red).

³Dopuszczalne dobowe spożycie 50 mM GLS.

oraz związków fenolowych w nasionach rzepaku. Z przedstawionego przeglądu piśmiennictwa wynika, że zawartość GLS nie powinna przekraczać; od 2 do 4 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach paszowych dla różnych grup produkcyjnych świń (od prosiąt do tuczników strasznych), od 0,5 do 1,5 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach dla drobiu oraz poziomu 6 i 15 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach dla cieląt i dorosłego bydła. Zwiększenie udziału poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych, w stosunku do wskazań zamieszczonych w tabeli 2, może być zalecane, jeżeli nowe techniki przetwórstwa nasion obniżą zawartość składników ograniczających wartość pokarmową tej paszy, w tym włókna surowego [24]. Mogą temu służyć, podejmowane również w krajowych ośrodkach badawczych, próby obłuskiwania nasion lub frakcjonowania śruty poekstrakcyjnej [12]. Prace Grali i in. [13] wskazują również, że mniejsza ilość GLS w nasionach nowych odmian umożliwia zmianę warunków technologicznych pozyskiwania oleju, w tym obniżenie temperatury kondycjonowania nasion (do ok. 90°C) i obniżenie (do ok. 100°C) temperatury tostowania śruty poekstrakcyjnej, pozwalające ograniczyć straty lizyny i zwiększyć wartość biologiczną białka.

Podsumowanie

Na podstawie danych omówionego piśmiennictwa można przyjąć, że dopuszczalna zawartość GLS wynosi; od 2 do 4 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach paszowych dla różnych grup produkcyjnych świń, 0,5–1,5 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach dla drobiu oraz 6 i 15 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach dla cieląt i dorosłego bydła. Pomimo radykalnego obniżenia zawartości GLS w ulepszonych odmianach rzepaku do 10–20 $\mu\text{M/g}$, ta grupa związków pozostaje ważnym czynnikiem przeciwozdrowczym w żywieniu zwierząt monogastycznych. Obecność tych związków, jako prekursorów izotiocyanianów (ITC), vinyl-oksazolidynotyonu (VOT-goitryny) nitryli i jonu tiocyjanianowego, może wywołać negatywne następstwa w przypadku paszowego wykorzystywania nasion rzepaku oraz makuchów rzepakowych, uzyskiwanych metodą tłoczenia oleju „na zimno”. W surowych nasionach, a również przy zbyt niskiej temperaturze kondycjonowania nasion przed tłoczeniem „na zimno” myrozynaza zachowuje aktywność i hydrolizuje GLS do szkodliwych produktów.

Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że w przypadku odmian o bardzo małej zawartości GLS (poniżej 5 $\mu\text{M/g}$) inne składniki, a głównie duża zawartość włókna i związków fenolowych ograniczają zastosowanie nasion, makuchów i poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w dawkach pokarmowych intensywnie żywionych zwierząt.

- [1] Ahlin K.-A., Emanuelson M., Edqvist L.E., Larsson K., Wiktorsson H. 1985. Rapeseed products as feeds for dairy cows. Preliminary results from a long study. W „Advance in the production and utilisation of cruciferous crops” Ed Sorensen K.: 222–229 Nijhoff/Junk W.K. Publ. Dordrecht.
- [2] Baidoo S.K., McIntosh M.K., Aherne F.X. 1986. Selection preference of starter pigs fed canola meal and soybean meal supplemented diets. *Can. J. Anim. Sci.* **66**: 1039–1049.
- [3] Baidoo S.K., Mitaru B.N., Aherne F.X., Blair R. 1987. The nutritive value of canola meal for early-weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Techn.* **18**: 45–53.
- [4] Bell J.M. 1984. Nutrients and toxicant in rapeseed meal: a review. *J. Anim. Sci.* **58**: 996–1010.
- [5] Bell J.M., Keith O.M., Hutcheson D.S., 1991. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* **71**: 497–506.
- [6] Bell J.M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can. J. Anim. Sci.* **73**: 679–697.
- [7] Campbell L.D., Slominski B.A. 1991. Nutritive quality of low-glucosinolate canola meal for laying hens. Proc. GCIRC Eighth Inter. Rapeseed Congr. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, vol. 2: 442–447.
- [8] Clandinin R., Robblee R., Slinger J. 1986. Canola meal for livestock and poultry. Canola Council of Canada Publ. No 59.
- [9] Emanuelson M., Ahlin K.-A., Wiktorsson H. 1993. Long-term feeding of rapeseed meal and full-fat rapeseed of double low cultivars to dairy cows. *Liv. Prod. Sci.* **33**: 199–214.
- [10] Etienne M., Dourmad J.Y., Obidzinski W., Evrard J., Vachot C. 1991. Proc. GCIRC Eighth Inter. Rapeseed Congr. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, vol. 2: 376–381.
- [11] Fritz Z., Fuchs B., Wiliczekiewicz A., Schleicher A. 1992. Odchów knurków hodowlanych żywionych mieszankami pełnoporcjowymi z udziałem niskoglukozynolanowej poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olszt. Zoot.* **35**: 173–182.
- [12] Grala W., Pastuszewska B. 1993. Czynniki technologiczne wpływające na wartość pokarmową produktów rzepakowych w żywieniu zwierząt monogastycznych. W: „Rzepak – stan obecny i perspektywy”, Materiały z konferencji zorganizowanej przez Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN i Komitet Badań Naukowych (Radzików 3–4 czerwca 1993): 70–79.
- [13] Grala W., Pastuszewska B., Smulikowska S., Buraczewska L., Gdala J. 1994. Effect of thermal processing on the protein value of double-low rapeseed products. 2. Effects of processing stages in the oil plant and toasting in laboratory condition. *J. Anim. Feed Sci.* **3**(1): 43–55.
- [14] Henkel H., Mosenthin R. 1989. Rapesaat and Rapsprodukte in der Tierernährung. *Übres. Tierernähr.* **17**: 139–190.
- [15] Hill R. 1991. Rapeseed meal in the diets of ruminants. *Nutr. Abstr. and Rev.* (Ser. B). **61**: 139–155.
- [16] Lee P.A., Hill R. 1983. Voluntary food intake of growing pigs given diets containing rapeseed meal, from different types and varieties of rape, as the only protein supplement. *Br. J. Nutr.* **50**: 661–671.
- [17] Leeson S., Atteh J.O., Summers J.D. 1987. The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. *Can. J. Anim. Sci.* **67**: 151–157.
- [18] Mawson R., Heaney R.K., Piskula M., Kozłowska H. 1993. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. 1. Rapeseed production and chemistry glucosinolates. *Die Nahrung* **37**(2): 131–140.
- [19] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1993. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. II. Flavour and palatability. *Die Nahrung* **37**(4): 336–344.
- [20] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1994. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. III. Animal growth and performance. *Die Nahrung* **38**(2): 167–177.

- [21] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1994. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. IV. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Die Nahrung* 38(2): 178–191.
- [22] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1994. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. V. Animal reproduction. *Die Nahrung* 38(6): 588–598.
- [23] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1995. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. VI. Taint in end-products. *Die Nahrung* 39(1): 21–31.
- [24] Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. 1995. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part. VII. Processing. *Die Nahrung* 39(1): 32–40.
- [25] Pastuszewska B., Smulikowska S., Raj S., Ziółcka A. 1992. Rzepak w żywieniu zwierząt. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN, Praca zbiorowa pod red. B. Pastuszewskiej, 27.
- [26] Peć K., Gwiazda S., Krygier K. 1991. Glukozynolany w nasionach rzepaku, ich oddziaływanie i metody oczyszczania. *Przem. Spoż* 5–6: 118–120.
- [27] Pusztai A. 1989. Antinutrients in rapeseeds. *Nutr Abstr. and Rev.* (Ser. B). 59: 427–433.
- [28] Rakowska M. 1989. Osiągnięcia w jakościowej hodowli rzepaku. *Biotechnologia*. 3–4: 12–17.
- [29] Roth-Maier D.A., Kirchgessner M. 1987. Zum Einsatz von Rapsextraktionsschrot aus 00-Sorten in der Broilermast. *Arch. Geflügelk.* 51: 241–246.
- [30] Rundgren M. 1983. Low-glucosinolate rapeseed products for pigs – a review. *Anim. Feed Sci. Techn.* 9: 239–262.
- [31] Rutkowski A., Dąbrowski K. 1984. Żywienie śrutą rzepakową a jakość mleka, jaj i mięsa. *Post. Nauk Rol.* 3: 9–20.
- [32] Schöne F., Kirchheim U., Schumann W. 1994. Glucosinolate degradation by rapeseed myrosinase and effect on rapeseed acceptability by growing pigs. *Anim. Feed. Sci. Techn.* 48: 229–235.
- [33] Słomiński B.A. 1986. Glukozynolany nasion rzepaku (*Brassica napus* L.). Charakterystyka chemiczna, efekt biologiczny, usuwanie. *Post. Nauk Rol.* 1: 43–55.
- [34] Sorensen H. 1988. Analysis of glucosinolates and acceptable concentrations of glucosinolates in oilseed rape and products thereof used as feed to different animals. *GCIRC Bull.* 4: 17–19.

Rapeseed glucosinolates – effect on fodder intake, performance and productivity of animals and quality of animal products

Summary

In comparing literature data an attempt was made to determine whether the lowering of glucosinolates (GLS) content in improved rapeseed cultivars is sufficient and whether the noxious products of the hydrolysis of these compounds, i.e. isothiocyanates (ITC), viny, -oxazolidinone (VOT-goitrin), nitriles and thiocyanate ions pose a threat for animal performance and productivity. The GLS threshold in fodder mixes was accepted as 2 to 4 $\mu\text{M/g}$ for various production groups of pigs, 0,5 to 1,5 $\mu\text{M/g}$ for poultry and 6 and 15 $\mu\text{M/g}$ for calves and cattle, respectively. A conclusion

was drawn that in spite of radical reduction of GLS content in improved rapeseed cultivars to 10–20 $\mu\text{M/g}$ this group of compounds remains an important antinutritional component in feeding monogastrics. The presence of these compounds may limit fodder use of rapeseeds and press-cake obtained by cold oil pressing. In the case of cultivars of very low GLS content (below 5 $\mu\text{M/g}$) other components, mainly high content of fibre and phenolics, limit the use of rapeseeds, press-cake and post-extraction meal in the food rations of intensively fed animals.