

*Jan Krzymański  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu*

## **Możliwości pełniejszego wykorzystania wartości rzepaku podwójnie ulepszanego\***

### **Rzepak podwójnie ulepszony i śruta poekstrakcyjna z rzepaku podwójnie ulepszanego**

Rzepak ozimy podwójnie ulepszony dostarcza:

- bezerukowego oleju,
- śruty o bardzo niskiej zawartości szkodliwych związków siarkowych — glukozynolanów.

Wysoka zawartość kwasu erukowego w oleju z odmian tradycyjnych (około 50%) budziła poważne zastrzeżenia co do stosowania go do celów jadalnych. Olbrzymia ilość doświadczeń przeprowadzonych na różnych gatunkach zwierząt wskazywała, że wysoki poziom kwasu erukowego w pożywieniu jest nie tylko przyczyną zahamowania przyrostów wagowych i gorszego przyswajania pokarmu, lecz powoduje również początkowo otłuszczenie, a następnie zwłóknienie i uszkodzenie mięśnia sercowego. Zmiany mogą wystąpić również w wątrobie, nadnerczu i śledzionie (Krzymański 1970).

Dla oceny znaczenia jakie może mieć śruta rzepakowa w krajowej produkcji białka trzeba uwzględnić, że w osiągniętym w latach 1986–90 średnim krajowym plonie nasion rzepaku wynoszącym 2,52 t/ha uzyskiwano 1030 kg oleju i 1300 kg śruty, w tym 460 kg białka, a roczne zbiory nasion rzepaku w tym czasie wahały się na poziomie od 1,17 do 1,59 mln ton, średnio 1,29 mln ton, co pozwala na wyprodukowanie ponad 660 tys. ton śruty i 530 tys. ton oleju.

Skład aminokwasowy białka śruty rzepakowej jest zbliżony do składu aminokwasowego białka zwierzęcego i lepiej zbilansowany niż skład aminokwasowy białka soi lub kazeiny. Białko nasion rzepaku jest szczególnie bogate w aminokwasy siarkowe, których niedostateczną ilość zawierają białka naszych roślin strączkowych oraz

---

\* referat wygłoszony na seminarium w Kobylnikach zorganizowanym przez IHAR wspólnie z Kujawskimi Zakładami Tłuszczowymi w Kruszwicy w dniu 26.2.1993 roku.

zbożowych i dlatego można uzyskać bardzo korzystne wyniki żywieniowe komponując te składniki w mieszankach paszowych.

Śruta dawnych odmian rzepaku, tak wysokoerukowych jak i niskoerukowych, była bardzo złym źródłem białka dla zwierząt z powodu zawartych w niej szkodliwych związków siarkowych. Związki te należą do grupy tioglukozydów i są nazywane glukozynolanami. Pod działaniem myrozynazy, enzymu zawartego również w nasionach, glukozynolany ulegają hydrolizie wytwarzając toksyczne związki. Głównymi glukozynolanami nasion rzepaku są glukonapina, glukobrassicapina, progoitryna i napoleiferyna. Z powodu zawartości tych szkodliwych związków dawna śruta rzepakowa powodowała złe wyjadanie karmy, zahamowanie wzrostu zwierząt, obniżenie przyrostów wagowych, zahamowanie reprodukcji oraz zaburzenia metabolizmu jodu (przerost tarczycy) (Krzymański 1970, Rakowska i in. 1979, 1981).

Szereg prób usunięcia szkodliwych związków ze śruty rzepakowej na drodze technologicznej nie dało pozytywnych rezultatów, gdyż ubytkom substancji szkodliwych towarzyszyły straty białka, jak i strawności. Jedyną metodą wprowadzoną do produkcji było częściowe odgoryczanie przy pomocy tostowania, poprawiające jakość śruty tylko w małym stopniu. Dopiero usunięcie glukozynolanów na drodze hodowlanej pozwoliło przekształcić śrutę rzepakową w białkowy składnik paszowy wysokiej jakości. Uzyskane na tej drodze obniżenie zawartości glukozynolanów w śrucie zwiększa przyrosty wagowe laboratoryjnych zwierząt monogastrycznych nawet 7-krotnie (Rakowska i in. 1979, 1981).

Usunięcie kwasu erukowego i glukozynolanów na drodze genetycznej łączyło się z dużymi zmianami w metabolizmie rzepaku i spadkiem jego żywotności. Odbudowanie plenności, zimotrwałości, odporności na choroby oraz niekorzystne warunki środowiska wymagało wieloletniej pracy hodowlanej.

Obecnie obowiązują następujące dopuszczalne zawartości związków antyżywniowych w nasionach rzepaku podwójnie ulepszonych:

	Zawartość kwasu erukowego w oleju [%]	Zawartość glukozynolanów alkenowych w beztłuszczowej masie nasion [ $\mu$ M/g]
Materiał siewny		
– Elita	0,5	14
– Oryginał	1,0	16
Nasiona przemysłowe	2,0	25

Utrzymująca się jeszcze uprawa rzepików ozimych, typu Perko lub Brachina, na zieloną paszę, jest poważnym zagrożeniem dla jakości produkowanego rzepaku podwójnie ulepszonych. Są to odmiany o wysokiej zawartości tak kwasu erukowego jak i glukozynolanów. Ich samosiewy, występujące na plantacjach nawet po kilku latach, powodują obniżanie się jakości produkowanego rzepaku, a nawet jego dys-

kwalifikację. Zielonka tych rzepików ze względu na wysoki poziom glukozynolanów ma małą wartość żywieniową i powinna być zastąpiona znacznie bardziej wartościową zielonką rzepaku podwójnie ulepszanego lub żyta.

Śruta rzepaku podwójnie ulepszanego jest to śruta otrzymana z nasion, które odpowiadają powyższym wymaganiom. Zawartość glukozynolanów w takiej śrucie nie powinna przekraczać  $15\mu\text{M/g}$ , ponieważ w trakcie przerobu w olejarni nawet bez tostowania ponad 30% glukozynolanów ulega rozpadowi.

Sprawa tostowania i jego wpływu na wartość żywieniową śruty zostanie omówiona w następnych referatach. Należy jednak zwrócić uwagę, że śruta uzyskana z nasion o wyższej zawartości glukozynolanów, które zostały następnie zniszczone poprzez intensywne tostowanie do poziomu charakterystycznego dla śruty z rzepaku podwójnie ulepszanego, posiada znacznie niższą wartość żywieniową i nie może być używana do fałszowania prawdziwej śruty rzepaku podwójnie ulepszanego. Fakt ten należy uwzględnić w normach zakładowych na śrutę rzepaku podwójnie ulepszanego.

### **Losy glukozynolanów w trakcie przerobu nasion w olejarni**

W nasionach rzepaku prócz glukozynolanów zawarty jest enzym myrozynaza, który katalizuje ich rozpad. Ponieważ oba te składniki są w nasionach oddzielone od siebie poprzez budowę tkankową, działanie myrozynazy jest możliwe dopiero po zniszczeniu ich struktury oraz przy zapewnieniu odpowiednich warunków wilgotności i temperatury. Myrozynaza jest enzymem stosunkowo odpornym na ogrzewanie suchych nasion. Jej dezaktywacja termiczna wymaga obecności wody. Tak na przykład ogrzewanie odtłuszczonej śruty o 11% wilgotności w temperaturze  $90^{\circ}\text{C}$  powoduje dezaktywację, gdy tymczasem sucha śruta nawet przy ogrzewaniu do ponad  $100^{\circ}\text{C}$  zachowuje aktywność myrozynazy.

W czasie przerobu w olejarni, prócz rozkładu enzymatycznego glukozynolanów, może następować ich rozpad termiczny (Campbell, Słomiński 1990). Proces ten jest zależny głównie od temperatury, chociaż wilgotność również wpływa na jego przebieg. Wyraźny rozpad termiczny obserwuje się już od  $90^{\circ}\text{C}$  przy 10% wilgotności. Najbardziej wrażliwe na rozpad termiczny są glukozynolany indolowe.

Produktami rozpadu glukozynolanów, tak enzymatycznego jak i termicznego, mogą być następujące związki: izotiocyaniany, tiocyaniany (rodanki), nitryle + siarka in statu nascendi, oksazolidyntiony.

Są to związki rozpuszczające się w oleju i benzynie ekstrakcyjnej i w większości na tyle lotne, że krążą wraz z benzyną ekstrakcyjną i gromadzą się w niej. Wszystkie wymienione wyżej związki są bardzo aktywne chemicznie i część z nich reaguje z olejem, tworząc trwałe połączenia siarkowe nie dające się usunąć w procesie rafinacji (Drozdowski i in. 1987, 1991). Można przypuszczać, że mechanizm reakcji jest podobny do tego, jaki był używany przy oznaczaniu liczby rodankowej.

Związki siarkowe zawarte w oleju zatruwają katalizator niklowy w czasie utwardzania. Zatrucie to jest znacznie mniejsze przy oleju z rzepaku podwójnie ulepszanego.

go, co powoduje mniejsze zużycie katalizatora. Stopień zatrucia katalizatora ma wpływ na przebieg reakcji utwardzania. Według badań przeprowadzonych przez Jakubowskiego i in. (1965a, 1965b) nad utwardzaniem oleju rzepakowego tradycyjnego, a więc o stosunkowo dużej zawartości siarki, katalizator stymuluje głównie przegrupowanie cis-trans, natomiast nasycanie podwójnych wiązań jest upośledzone. W przypadku oleju z rzepaku podwójnie ulepszanego, przy mniejszym zatruciu katalizatora proces wodorowania odgrywa większą rolę, co może tłumaczyć jego inne zachowanie i konsystencję po utwardzeniu.

Zapobieganie powstawaniu połączeń siarkowych w oleju ma również duże znaczenie ze względu na jego wartość żywieniową. W doświadczeniach żywieniowych obserwowano, że utwardzony olej rzepakowy wysokoerukowy traci część swoich szkodliwych własności po utwardzeniu, co można łączyć z wychwyceniem połączeń siarkowych przez katalizator.

### **Kierunki ulepszania procesu technologicznego olejarni**

Na podstawie wyżej przedstawionych własności glukozyzolanów oraz omawianych w następnych referatach wyników doświadczeń przeprowadzonych na śrucie rzepaku podwójnie ulepszanego można sformułować następujące warunki, których powinno się przestrzegać przy przerobie w olejarni:

- Praca prażni — Należy dążyć do możliwie szybkiego nagrzania spletkowanych nasion do temperatury powyżej 70°C dla uniknięcia hydrolizy enzymatycznej, nie należy natomiast przekraczać temperatury 80–85°C, aby zapobiec rozkładowi termicznemu glukozyzolanów. Wilgotność powinna być niska, jednak wystarczająca dla uzyskania pożądanej struktury wytlóków.
- Oczyszczanie benzyny ekstrakcyjnej — Benzyna ekstrakcyjna zawracana do ekstrakcji po odparowaniu z misceli, a szczególnie benzyna odzyskana przy odbenzynowaniu i tostowaniu śruty, powinna być oczyszczana z produktów rozkładu glukozyzolanów, np. poprzez przepuszczenie przez warstwę węgla aktywnego lub innego sorbentu.
- Odbenzynowanie i tostowanie — Ponieważ w przypadku rzepaku podwójnie ulepszanego nie potrzeba usuwać nadmiaru glukozyzolanów, proces tostowania powinien być krótszy i prowadzony w umiarkowanych temperaturach, przy efektywnym usuwaniu lotnych produktów rozpadu. W trakcie odbenzynowywania należy zwrócić uwagę na proces usuwania reszty benzyny bezpośrednio parą wodną. Następuje wtedy nawilżenie proporcjonalne do ilości ciepła parowania odpędzanej benzyny.
- Chłodzenie śruty przed składowaniem oraz utrzymywanie wilgotności zapobiegającej zagrzewaniu.

### **Spodziewane nowe wymagania co do jakości margaryny**

W czasie pobytu w Kanadzie w 1991 roku stwierdziłem, że są tam wprowadzone nowe przepisy dotyczące margaryny, podobne do przepisów w USA. Mianowicie na



opakowaniu należy podawać zawartość aktywnych biologicznie izomerów niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, a nie sumy kwasów  $C_{18:2}$  i  $C_{18:3}$ . Drugą diskutowaną nowością było wprowadzenie obowiązku podawania zawartości izomerów trans, które według badań angielskich są równie szkodliwe jak nasycone kwasy tłuszczowe.

### **Cele bieżących prac hodowlanych nad rzepakiem**

- Rzepak żółtonasienny — Jak wykazały badania innych gatunków rodzaju *Brassica* żółte nasiona posiadają cieńszą okrywę nasienną, co wiąże się z obniżoną zawartością włókna surowego i skondensowanych barwników polifenolowych, a podwyższoną zawartością oleju i białka. Poekstrakcyjna śruta z takich nasion powinna cechować się wyższą wartością żywieniową i strawnością. Stan zaawansowania prac hodowlanych pozwala przewidywać wyhodowanie odmian żółtonasiennych za około 5 lat.
- Zmiany składu kwasów tłuszczowych — Stosunek kwasu linolowego do linolenowego w obecnych odmianach podwójnie ulepszonych wynosi 2:1, tymczasem badania żywieniowe wskazują, że optymalny stosunek mieści się w granicach od 6:1 do 3:1. Olej dla przemysłu farb i lakierów powinien zawierać jak najwięcej kwasów wielonienasyconych, a olej do napędzania silników jak najmniej. Podobnie olej do smażenia wymaga wyższej zawartości kwasu oleinowego. Prace genetyczne nad uzyskaniem genotypów o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych są prowadzone na drodze mutagenyzy i krzyżowań oddalonych.
- Wykorzystanie nowych osiągnięć biologii molekularnej, takich jak techniki kultury *in vitro* oraz transformowanie roślin obcymi genami
- Odmiany mieszańcowe rzepaku podwójnie ulepszanego — W doświadczeniach nad krzyżowaniem rzepaku stwierdzono występowanie wysokiego efektu heterozji u mieszańców pokolenia  $F_1$ . Efekt ten można wykorzystać w warunkach produkcyjnych, konieczne jest jednak opracowanie metod produkcji nasion mieszańcowych na dużą skalę. W IHAR pracuje się nad kilkoma systemami opartymi o cytoplazmatyczną męską sterylność. Spodziewamy się wytworzenia pierwszych eksperymentalnych odmian mieszańcowych w ciągu kilku lat.
- Stałe doskonalenie jakości i wartości gospodarczej rzepaku podwójnie ulepszanego Trwają również intensywne prace nad ulepszaniem plenności, zimotrwałości, odporności na choroby, wyleganie czy osypywanie, zwiększaniem zawartości oleju oraz dalszym obniżaniem zawartości glukozyolanów. Wynikiem tych prac są zarejestrowane odmiany rzepaku podwójnie ulepszanego: Bolko, Mar, Leo, Polo. Odmiany te wraz dwoma zarejestrowanymi odmianami niemieckimi, Librawo i Ceres, w pełni zaspokajają zapotrzebowanie krajowe.

- Campbell L. D., Słomiński B. A. 1990. *J. A. O. C. S.* **67**: 73-75.
- Drozdowski B., Goraj-Moszora J. E., Hazuka Z., Zając M., Pawłowicz R. 1987. Proc. VII International Rapeseed Congress, Poznań, 11-14.05.1987. 1304-1309.
- Drozdowski B., Hazuka L., Tynek M., Pawłowicz R. 1991. *Zeszyty Problemowe IHAR Rośliny Oleiste – Wyniki Badań za rok 1990.* 191-198.
- Jakubowski A., Krasnodębski P., Kopec K., Modzelewska K. 1965a. *Tłuszcze i Środki Piorące* **2**: 81-95.
- Jakubowski A., Kopec K., Modzelewska K. 1965b. *Tłuszcze i Środki Piorące* **4**: 207-216.
- Krzymański J. 1970. Genetyczne możliwości ulepszenia składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hod. Roślin, Aklim. i Nas.* **14**: 291-308.
- Rakowska M., Twarkowska J., Byczyńska B., Neumann M., Krzymański J. 1979. Effect of glucosinolate content in the seeds of cultivars on the growth, protein efficiency ratio and reproduction of rats. *Biuletyn IHAR (Suplement 1)* **135**: 334-349.
- Rakowska M., Twarkowska J., Szkiłłądz W., Neumann M., Krzymański J., Byczyńska B. 1981. Porównanie współczynników wydajności wzrostowej białka (PER) śruty z nowych form hodowlanych rzepaku ozimego o obniżonej zawartości glukozynolanów. *Hod. Roślin, Aklim. i Nas.* **25**: 163-183.

## Possibilities to take the full advantages of the quality of double low oilseed rape

### Summary

The commercial seed of double low oilseed rape should meet following standards in Poland: erucic acid content in oil below 2 per cent, alkenyl glucosinolate content below 25  $\mu\text{M}$  per g of fat free matter.

Possible fates of glucosinolates during seed processing in oil mill are discussed. Following split products can be formed by enzymatic hydrolysis or thermal degradation: isothiocyanates, thiocyanates (rhodanates), nitriles + sulphur in statu nascendi, oxazolidinethiones.

These compounds are highly active and can react with oil or meal. They are enough volatile to accumulate and circulate with solvent. The sulphur added chemically to oil is the main factor which is poisoning catalizator and changing its activity to transisomer formation.

Low level of glucosinolates obtained by heavy toasting of meal is not an equivalent to low content obtained from good seed quality. Heavy toasting has detrimental influence on feednig value of meal.

Changes in seed processing parameters are proposed to improve oil and meal quality. They concern: temperature and moisture content by cooking, solvent cleaning, mild desolventation and toasting, meal cooling before storage.

Desiderable new directions in oilseed rape breeding are: yellow seed, differentiation in fatty acid composition to meet requirements of different users, hybrid varieties, use of new methods in breeding (tissue culture, genetic engineering).

Four Polish varieties Bolko, Mar, Polo, Leo and two German varieties Ceres and Libravo are cultivated now in Poland.