

MICHAŁ PIASECKI, MARIA CZARNECKA, KAZIMIERZ SZEBIOTKO  
*Akademia Rolnicza w Poznaniu*

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOMASY ROŚLIN ZIELONYCH DO PRODUKCJI SKŁADNIKÓW PASZOWYCH O PODWYZSZONEJ ZAWARTOŚCI BIAŁKA

### *Przegląd dotychczasowych badań*

Problem produkcji i racjonalnego wykorzystania białka pochodzenia roślinnego w żywieniu zwierząt i ludzi należy zaliczyć do bardzo istotnych w gospodarce rolno-żywnościowej nie tylko w naszym kraju.

Na podstawie licznych danych literatury [25, 26 i 29] można stwierdzić, że deficyt białka dotyczy przede wszystkim gospodarki paszowej. Obecnie krajowy deficyt białka paszowego oceniany jest na około 15—17% w stosunku do potrzeb. Podstawową jego przyczyną jest niska efektywność żywieniowa stosowanych mieszanek paszowych. Zużywamy średnio na wyprodukowanie 1 kg białka zwierzęcego 5—6 kg białka roślinnego, podczas gdy np. w Danii przy właściwym zbilansowaniu mieszanek paszowych zużycie białka roślinnego wynosi ok. 3,5 kg [29].

W związku z pogłębiającym się stale niedoborem białka prowadzone są intensywne badania w trzech zasadniczych kierunkach:

— genetyczno-hodowlanym, nad pozyskiwaniem nowych odmian roślin dających duży plon z 1 ha oraz zasobnych w wysoko wartościowe białko,

— intensyfikacji uprawy obecnie stosowanych w praktyce roślin wysokobiałkowych,

— udoskonaleniem metod technologicznych dla otrzymywania i utrwalania koncentratów białkowo-witaminowych.

Prace nad doborem metod technologicznych do produkcji koncentratów białkowo-witaminowych z wysokobiałkowych roślin zielonych są obecnie intensywnie prowadzone w wielu krajach świata. Jedną z przyczyn zainteresowania się problemem wykorzystania biomas roślinnych jako surowca do produkcji koncentratów białkowych jest możliwość zwiększenia ich udziału w żywieniu zwierząt jednożołądkowych. Wiadomo, że rośliny zielone takie jak: trawy, lucerna, koniczyna i inne przeznaczone są głównie dla przeżuwaczy. W okresie letnim ilość skarmianego białka zawartego w tych roślinach przewyższa znacznie zapotrze-

bowanie zwierząt przeżuujących. Z uwagi jednak na zbyt wysoką zawartość w nich włókna (od 20% do 30% w s.s.) rośliny te nie mogą być stosowane jako pasza w pełni wartościowa w żywieniu zwierząt jednożołądkowych [28]. Celuloza jest bowiem dla tych zwierząt nie tylko balastem ale również obniża strawność białka. Dlatego każdy sposób przetwarzania takiego surowca w kierunku obniżenia w nim zawartości włókna wydaje się bardzo celowy.

Jak wynika z danych z literatury [1, 3, 5, 11, 15, 21, 24] badania nad opracowaniem technologii otrzymywania pasz z roślin zielonych o podwyższonej zawartości białka i obniżonej zawartości celulozy prowadzone są w dwóch kierunkach. Pierwszy z nich polega na termicznym wytrącaniu białka z wytłoczonego na drodze mechanicznej soku z roślin zielonych. Prace nad tego rodzaju metodą izolowania białka z roślin zielonych (leaf protein) zapoczątkował angielski uczyony Pirie [4, 20, 24]. Celem tych prac było uzyskiwanie białka, które po oczyszczeniu nadawałoby się na cele spożywcze.

Do wiodących ośrodków pracujących nad tym problemem należą obecnie ośrodki w USA, Francji, Wielkiej Brytanii i na Węgrzech [2, 4, 5, 6, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 27]. Ponadto badania nad otrzymywaniem koncentratów białkowych na tej drodze prowadzone są w Szwecji, we Włoszech, w Nigerii, Czechosłowacji, Indiach oraz w Nowej Zelandii [9, 18].

W Polsce prace nad pozyskiwaniem koncentratów białkowych prowadzone są głównie w Instytucie Przemysłu Fermentacyjnego oraz w Instytucie Zootechniki [10, 29]. Podstawowy skład chemiczny koncentratów otrzymywanych w niektórych ośrodkach podano w tabeli 1 w oparciu o przytoczoną literaturę.

Opracowane dotychczas zasady technologii otrzymywania koncentratów białkowych dla celów zarówno paszowych jak i spożywczych różnią się w szczegółach technologiczno-technicznych. W dalszym ciągu trwają prace nad opracowywaniem optymalnych parametrów w zakresie technologii, szczególnie dotyczące sposobu rozdrabniania masy zielonej, koagulacji białka, utrwalania koncentratu, odbarwiania go (dla celów spożywczych), zagospodarowania odcieków po koagulacji oraz wytłoków po wydzieleniu soku z biomasy. Mają one na celu głównie obniżenie energochłonności poszczególnych etapów produkcji oraz zwiększenie wydajności i jakości gotowych koncentratów.

W badaniach prowadzonych nad oczyszczaniem białka lucerny dla celów spożywczych Knuckles, Edwards i wsp. [13, 14] zastosowali na przykład do rozdzielania frakcji chloroplastów od spożywczych białek cytoplazmatycznych soku lucerny — handlowe flokulanty. Okazało się, że zastosowanie flokulantów wyraźnie polepszyło oddzielenie tej frakcji zarówno w procesie wirowania jak i ultrafiltracji.

Tabela 1

Skład chemiczny (podstawowy) koncentratów białkowych  
otrzymywanych przez niektóre ośrodki [7, 10, 11]

Preparat	Zawartość w g/100 g produktu			
	woda	białko N×6,25	tłuszcz	popiół
VEPEX—koncentrat produkowany przemysłowo na Węgrzech	10	40—44	2—4	12—20
PRO-XAN—koncentrat produkowany w Maire-Sur-Marne we Francji	10	50	8	16
PRO-XAN II—„zielony” koncentrat produkowany w Maire-Sur-Marne we Francji	10	55	13	12
WPC—„biały” koncentrat produkowany w Maire-Sur-Marne we Francji	10	85	1	10
PRO-XAN-WRR Center Berkeley USA	10	56	11	9
KONCENTRAT z wyki — Instytut Zootechniki w Krakowie	7	64	10	2,5
KONCENTRAT z łątów ziemniaczanych Instytut Zootechniki w Krakowie	9	34	8	15

Edwards i wsp. [5] w prowadzonych doświadczeniach stwierdzili, że wydajność skoncentrowanego białka z soku lucerny zależała przede wszystkim od temperatury otoczenia, zawartości białka i włókna w lucernie oraz od zawartości suchej masy rośliny. Wyższą wydajność uzyskano przy niskiej temperaturze otoczenia w czasie zbioru rośliny, przy małej zawartości włókna a wysokiej zawartości białka oraz dużej wilgotności wyjściowej.

Stosowana dotychczas termiczna obróbka soku z masy zielonej oraz metody utrwalania osadu są bardzo energochłonne i mają zasadniczy wpływ na jakość gotowego produktu. Dla uniknięcia tych ujemnych skutków opracowano metody koagulacji białka w temperaturze pokojowej, oparte na zastosowaniu wysokocząsteczkowych organicznych polielektrolitów. Stosowane koagulanty nie budzą zastrzeżeń z żywieniowego punktu widzenia, gdyż są one szeroko stosowane w przemyśle spo-

żywym [cyt. za 9]. Możliwość koagulacji białka bez ogrzewania do temperatury rzędu 80°C opisana jest w patencie Stahmanna z USA (Nr patentu 3.975546). Według tegoż patentu otrzymany sok poddaje się fermentacji beztlenowej określonymi drobnoustrojami. W wyniku fermentacji tworzą się kwasy organiczne z cukrów, które obniżają pH soku do wartości ułatwiającej koagulację białka.

Podsumowując wyniki dotychczasowych prac nad opracowaniem technologii otrzymywania koncentratów białkowo-witaminowych na drodze koagulacji białka z soków uzyskiwanych z roślin zielonych można stwierdzić, że metoda ta może być bardzo korzystna w produkcji białka paszowego w krajach, gdzie uzyskuje się dużą ilość masy zielonej z 1 ha. Ujemną cechą tej metody jest bezsprzecznie jej wysoka energochłonność oraz niezbędne, specjalne do tego celu urządzenia technologiczne.

Odrębne badania prowadzone w niewielu ośrodkach zmierzają w kierunku uzyskiwania produktów o podwyższonej zawartości białka (przy równoczesnym obniżeniu zawartości włókna) z suszów roślin zielonych, przy zastosowaniu różnych metod frakcjonowania danego suszu [1, 3, 16, 17, 21, 23]. Na tej drodze dąży się do wydzielania frakcji, która swym składem jest najbardziej zbliżona do składu liści danej rośliny. Na podstawie danych literaturowych [3, 18] oraz badań własnych stwierdzono na przykład, że zawartość białka w liściach różnych odmian lucerny, w zależności od warunków uprawy i terminu zbioru, waha się w granicach od 25—35%, włókna zaś od 10—20% w s.s. Jeśli którakolwiek z metod mechanicznego rozdziału suszu pozwoliłaby na wydzielenie frakcji o składzie zbliżonym do składu liści danej rośliny tj. o podwyższonej w niej zawartości białka o około 40% jak i obniżonej zawartości włókna w granicach od 20 do 40% w stosunku do ich zawartości w całej roślinie, stanowiłoby to wyraźne polepszenie jakości tego suszu. Wyniki na przykład rozdziału mąki z lucerny Ranger [3] zawierającej w suchej substancji 18,8% białka i 28,9% włókna, w efekcie którego uzyskano frakcję o zawartości białka 25,3% i włókna 17,6% były zadowalające z żywieniowego punktu widzenia.

Pierwsze próby wydzielania frakcji suszu o podwyższonej zawartości białka wykonano na cylindrycznej szczotkarce rotacyjnej o sitach wymiennych, co pozwalało na obniżenie zawartości włókna w wydzielonej frakcji o 2—5% [23]. Adaptacja innego urządzenia młynarskiego — odśiewacza typu cylindryczno-cepowego pozwalała na zwiększenie zawartości białka w otrzymanym produkcie o 21,6%, karotenu o 25% oraz na zmniejszenie zawartości włókna średnio o 8,8% [21].

Mimo że wyniki tych prac nie były zbyt zadowalające, posłużyły one za inspirację prowadzenia badań w tym kierunku. Jedną z takich metod było frakcjonowanie suszu w strumieniu powietrza (pneumoseparacja)

[1, 3, 16, 17]. Metoda ta polega na rozdzieleniu cząstek rozdrobnionego suszu na frakcje drobną (liście, kwiatostany) i grubą (łodygi) w zależności od właściwości aerodynamicznych i gęstości cząstek suszu. Jakość uzyskiwanych frakcji zależy od właściwości fizycznych suszu oraz stosowanych parametrów frakcjonowania, przede wszystkim zaś od prędkości przepływu powietrza przez separator.

Badania prowadzone w Berkeley [3] pozwoliły na opracowanie nomogramu, który w oparciu o znaną zawartość białka w suszu wyjściowym umożliwia określenie wydajności otrzymywanych frakcji o danej zawartości białka. Korzystając z tego nomogramu można na przykład teoretycznie obliczyć, że w efekcie rozdziału suszu z lucerny o zawartości białka 18% w s.s. powinno się otrzymać 42,5% frakcji o zawartości białka 22% w s.s. oraz 57,5% frakcji o zawartości białka 15%.

W tym samym ośrodku [3] zastosowano inną metodę frakcjonowania suszów roślin zielonych a mianowicie separowanie sitowe. Przeprowadzono badania na czterech odmianach lucerny przy użyciu Separatora Sweco z sitami o wielkości oczek 2,1 mm i 3,2 mm. Na sicie „2,1 mm” uzyskano średnio 45,6% frakcji przesianej, w której stwierdzono wzrost zawartości białka z 20,5% do 26,6% w s.s. przy obniżonej zawartości włókna z 23,9% do 14,7% w s.s.

#### *Badania własne*

Prace nasze nad pozyskiwaniem frakcji wysokobiałkowych z suszu roślin zielonych prowadzone są od roku 1976 w ramach Programu Rządowego PR-4, który koordynowany jest przez Instytut Zootechniki w Krakowie. W ramach tych badań wykazano możliwość otrzymywania frakcji wysokobiałkowych z suszu roślin zielonych metodą pneumoseparacji czyli frakcjonowania powietrznego [1]. W wyniku frakcjonowania suszu lucerny w pneumoseparatorze Alpine uzyskano dwie frakcje drobne, które charakteryzowały się wzrostem zawartości białka o 8,2% oraz 5,1% w s.s. przy obniżeniu zawartości włókna odpowiednio o 5,1% i 2,3% w s.s. w stosunku do surowca wyjściowego. W otrzymanych dwóch frakcjach grubych zawartość włókna była wyższa od jego zawartości w surowcu wyjściowym odpowiednio o 5,7% i 15,7% w s.s., natomiast zawartość białka obniżyła się o 3,3% i 8,6 w s.s.

Efektywny rozdział suszu na frakcje różniące się wyraźnie składem chemicznym można uzyskać tą metodą przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń oraz surowca o dobrej jakości. Metoda ta może jednak znaleźć zastosowanie w gospodarstwach wielkotowarowych, wyposażonych w odpowiednie linie suszarnicze oraz linie sortowania suszu.

Mając na uwadze fakt, że produkcja rolna w naszym kraju opiera się przede wszystkim na gospodarstwach małych i średnich podjęto badania dla wskazania możliwości pozyskiwania „koncentratu białkowego”

Tabela 2

## Wyniki rozdziału sitowego suszu wybranych roślin

Nazwa rośliny	Procentowy udział frakcji	Zawartość białka w % ss	Zawartość włókna w % ss	Zawartość popiołu w % ss
<b>LUCERNA</b>	cała roślina	24,6	23,0	10,2
	frakcja drobna	32,9	17,5	—
	frakcja pośrednia	25,4	21,6	—
	frakcja gruba	16,4	28,8	—
<b>KONICZYNA CZERWONA</b>	cała roślina	23,1	26,9	13,8
	frakcja drobna	30,8	20,6	—
	frakcja pośrednia	27,3	21,5	—
	frakcja gruba	14,8	33,5	—
<b>GROCH</b>	cała roślina	26,8	19,8	11,7
	frakcja drobna	32,8	15,3	—
	frakcja pośrednia	30,4	18,1	—
	frakcja gruba	19,4	23,2	—
<b>BOBIK</b>	cała roślina	17,5	26,5	11,7
	frakcja drobna	26,0	16,3	—
	frakcja pośrednia	22,8	21,0	—
	frakcja gruba	13,9	30,9	—

z suszu roślin zielonych w oparciu o istniejące urządzenia, którymi dysponują gospodarstwa rolne tego typu. W związku z tym w badaniach tych zastosowano:

- sitowe frakcjonowanie suszu z różnych roślin zielonych,
- rozdział suszów z niektórych roślin na wialni zbożowej,
- rozdział suszu z lucerny na kombajnie Bizon-Super.

Zastosowana metoda separowania suszów z roślin zielonych polegająca na rozdrobieniu suszów (o wilgotności ok. 10%) na gniotowniku walcowym i następnie rozdzieleniu go na sitach dała pozytywne rezultaty (tab. 2). Szczególnie widoczny rozdział suszów na frakcje o wyraźnie podwyższonej koncentracji białka i obniżonej zawartości włókna uzyskano w przypadku takich roślin jak: lucerna, koniczyna czerwona, groch i bobik. Wydzielone z tych roślin frakcje o wielkości cząsteczek poniżej 3,1 mm oraz pomiędzy 3,1—4,0 mm zawierały ilość białka bardzo zbliżoną do jego ilości w liściach tych roślin. Stanowiło to wzrost koncentracji białka od 18 do 28% w stosunku do jego koncentracji w całej roślinie.

Stosowane sposoby sitowego rozdziału suszu z różnych roślin mimo dobrych rezultatów uzyskanych w warunkach laboratoryjnych mogą stwarzać pewne trudności przy zastosowaniu ich na większą skalę, z uwagi na dobór odpowiednich urządzeń.

W ramach prac nad możliwością wykorzystania niektórych maszyn rolniczych do otrzymywania produktu o podwyższonej zawartości białka z suszu wybranych roślin (lucerny, seradeli i peluszki) przeprowadzono próby ich rozdziału na wialni zbożowej (tab. 3). Zastosowanie wialni zbożowej do rozdziału suszów z roślin zielonych pozwala na wydzielenie frakcji drobnej o podwyższonej koncentracji białka od 20 do 40% (w zależności od rodzaju rośliny) oraz obniżonej zawartości włókna od 19 do 38% w stosunku do ich zawartości w całej roślinie. Swoim składem chemicznym frakcje drobne były zbliżone do składu chemicznego liści tych roślin.

Frakcje te stanowiły w zależności od gatunku od 21% do 55% masy suszu z całych roślin.

Mimo uzyskiwania pozytywnych efektów rozdziału suszu na wialni zbożowej, urządzenie to okazało się za mało wydajne dla otrzymywania w stosunkowo krótkim czasie znacznych ilości tego produktu. Podjęto więc próby przystosowania dla powyższych celów kombajnu zbożowego Bizon-Super. Uzyskane w tych doświadczeniach wyniki przedstawia tabela 4.

Do doświadczeń użyto wysuszoną w warunkach naturalnych całą roślinę (lucerne) z pierwszego pokosu. Przy odpowiednim doborze parametrów pracy kombajnu uzyskano frakcję pozbawioną łądyg o zawar-

Tabela 3

## Wyniki rozdziatu suszu z wybranych roślin na wialni zbożowej

Nazwa rośliny	Rozdział rośliny	Procentowy udział frakcji	Zawartość w % s.s.		
			białka	włókna	popiołu
LUCERNA	cała roślina	100,0	18,2	25,8	10,9
	liście	44,0	26,4	18,5	—
	łodygi	55,8	14,2	34,0	—
	frakcje:				
	drobna	26,6	26,2	17,0	—
	pośrednia	34,4	18,4	26,2	—
	gruba	37,0	13,6	34,3	—
	cała roślina	100,0	15,3	23,2	9,9
	liście	46,8	20,7	17,8	—
	łodygi	52,2	9,8	28,9	—
SERADELA	frakcje:				
	drobna	55,4	19,7	18,8	—
	gruba	34,8	11,0	27,9	—
	cała roślina	100,0	15,3	24,9	6,6
PELUSZKA	liście	36,1	24,6	14,6	—
	łodygi	63,9	11,0	32,2	—
	frakcje:				
	drobna	21,1	20,9	15,5	—
	pośrednia	26,9	18,0	23,1	—
	gruba	48,0	12,4	29,6	—

Tabela 4

## Wyniki rozdziału suszu z lucerny na kombajnie

Rozdział rośliny	Procentowy udział frakcji	Zawartość w % s.s.		
		białka	włókna	popiołu
Cała roślina	100,0	20,1	32,7	11,0
Liście	24,8	28,3	20,7	—
Łodygi	74,2	17,5	35,4	—
Frakcje: drobna	17,8	26,8	22,7	—
pośrednia	11,8	23,0	28,5	—
gruba	68,0	17,8	34,9	—

tości białka 26,8%, co stanowi wzrost koncentracji białka w stosunku do białka w całej roślinie o 33%. Udział tej frakcji w stosunku do masy surowca wyjściowego wynosił ok. 18%. Ocena chemiczna otrzymanego produktu wskazuje na przydatność w/w metody do jego otrzymywania w praktyce rolniczej. Testy biologiczne, które przeprowadzane są w Instytucie Zootechniki w Krakowie dadzą pełniejszą odpowiedź na temat jakości paszowej uzyskiwanej frakcji suszu.

Na podstawie dotychczas uzyskiwanych rezultatów rozdziału badanych suszów przy użyciu wialni zbożowej i kombajnu wynika konieczność dalszych prób nad poprawieniem parametrów technicznych prowadzonego procesu, głównie poprzez optymalną regulację mechanizmów w ramach możliwości tych urządzeń.

Ponadto wydaje się, że nieodzowne jest prowadzenie prac nad doбором odpowiednich roślin do produkcji tego typu składników paszowych.

Wyniki badań zarówno krajowych jak i zagranicznych wskazują na fakt, że niezależnie od doboru metody technologicznej najistotniejszą rolę przy produkcji komponentów paszowych o podwyższonej zawartości białka odgrywa jakość surowca wyjściowego. Ma na to wpływ przede wszystkim rodzaj rośliny, stopień jej dojrzałości fizjologicznej, stosunek liści do łodyg oraz skład chemiczny poszczególnych części anatomicznych tj. zawartość białka-włókna, karotenów itp. Dotychczas przeprowadzone badania pozwalają na ukierunkowanie dalszych prac, przede wszystkim w zakresie technologicznych modyfikacji metod suszenia, rozdrabniania i rozdziału suszów.

## LITERATURA

1. Bogaczyński K. i wsp.: *Przemysł Fermentacyjny i Rolny* 8, 20, 1973.
2. Bray W.J., Humphries C., Interite'i' M.S.: *J. Sci. Food Agric.* 29, 165 1978.
3. Chrisman J. i wsp.: *High and Low Protein Fractions by Separation Milling of Alfalfa*. USDA, ARS 74 1971.
4. Devys M.N.G., Pirie N.W.: *J. Agr. Eng. Res.* 10, 142 1965.
5. Edwards R.H. i wsp.: *Factors Affecting Juice Extraction and Yield of Leaf Protein Concentrate from Chopped Alfalfa*. Transaction of the ASAE, 423 1977.
6. Enochian R.V. i wsp.: *Leaf Protein Concentrate (Pro-Xan) from Alfalfa: An Updated Economic Evaluation-doniesienie-American Society of Agricultural Engineers, Chicago 1977*.
7. Gastineau Ch.: *Materiały Twelfth Technical Alfalfa Conference Proceeding, Overland Park Kan, USA, 6—7 November 1974*.
8. Hańczakowski P.: *Roczniki Naukowe Zootechniki* z. 1 1976.
9. Hańczakowski P.: *Postępy Nauk Rolniczych* 2, 59 1983.
10. Hańczakowski P.: *Przemysł Fermentacyjny i Rolny* 14 10, 25 1970.
11. Hollo J., Koch L.: *Biochem.* 5, 10, 37 1970.
12. Horigome T., Kandatsu M.: *Agr. Chem. Soc. Japan J.* 40, 246 1966.
13. Knuckles E.B. i wsp.: *J. Agric. Food Chem.* 28, 32 1980.
14. Knuckles E.B. i wsp.: *J. of Food Sci.* 45, 730 1980.
15. Knuckles E.B., Kohler G.O.: *J. Agric. Food Chem.* 30, 4, 749 1982.
16. Kohler G.O., Chrisman J.: *Separation Milling of Alfalfa. Proceedings of the 20 th Alfalfa Improvement Conference, University Park, July 6—8 1966*.
17. Kohler G.O. i wsp.: *Separation Milling and Grass Juice — Southern California Style American Dehydrators Association, Convention Proceedings 1969*.
18. Kohler G.O. i wsp.: *Leaf Protein in Relation to Forage Crop Production and Utilization. In Protein Resources and Technology. Status and Research Needs AVI Publishing Company INC 1978*.
19. Kohler G.O., de Fremery D., Edwards R.H.: *LPC for Feeds and Foods — The Pro-Xan Process. In „Leaf Protein” AVI Publishing Ca, Wesport, CO 1979*.
20. Morrison J.E., Pirie N.W.: *J. Sci. Food Agr.* 12, 1 1961.
21. Ostrowski B.: *Przemysł Fermentacyjny i Rolny* 8, 298 (1967).
22. Payne R.E., Hill G.G.JR: *J. of Food Sci.* 43, 385 1978.
23. Piekalkiewicz L.: *Przemysł Fermentacyjny i Rolny* 7, 265 1967.
24. Pirie N.W.: *Nature* 253, 239 1975.
25. *Praca zbiorowa: Optymalizacja produkcji białka na użytkach zielonych i w uprawach polowych. Materiały Konferencji Naukowej (dyskusja i wnioski). Lublin 22—24 wrzesień 1977 1978*.
26. Ryś R.: *Międzyn. Czas Rol.* 3, 52 1975.
27. Schwartzberg H.G. i wsp.: *AIChE Symposium Series*, 74, 172, 166 1978.
28. Skomiał J.: *Postępy Nauk Rolniczych* 4, 205, 81, 1984.
29. Szebiotko K.: *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* z. 238, 19 1983.