

KRYSTYNA BYTNIIEWSKA

Zakład Fizjologii Roślin Uniwersytetu Łódzkiego

NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA BIAŁKA

Niedożywienie ludności wielu krajów jest przedmiotem szerokiego zainteresowania i badań licznych ośrodków naukowych całego świata. Ludność takich obszarów jak Azja, Afryka nie ma zapewnionej odpowiedniej ilości i jakości pożywienia. Uważa się, że 15—20% ludności świata nie otrzymuje dostatecznej ilości pożywienia lub głoduje, a połowa otrzymuje pożywienie niepełnowartościowe (3, 4, 22). Dawniej uważano, że brak jednych składników pożywienia można zastąpić innymi np. zamiast białka podawać skrobię. Obecnie jednak sądzi się, że niedostateczna ilość białka jest głównym brakiem dietetycznym i nie można go uzupełnić żadnym innym składnikiem pożywienia. Nie określono dokładnie jaka ilość białka jest potrzebna, ponieważ sprzeczne są dane dotyczące dziennego zapotrzebowania człowieka na białko i rozmiarów białkowego niedożywienia. Altschul (3) i Pirie (47) podają, że niektórzy rzeczoznawcy są zdania, iż zapotrzebowanie człowieka wynosi 40 g białka na dobę. Natomiast Pirie (47) ocenia je na 100 g. Uważa się, że zapotrzebowanie ludności na białko i pożywienie wysokoenergetyczne będzie wzrastać w szybkim tempie i na przestrzeni 20 lat tj. od 1965 do 1984 roku wzrośnie w świecie o 50%, w Indii o 100%, w Pakistanie o 130%.

Najobfitszym źródłem białka są rośliny. W roku 1960 wyprodukowano 33 mln ton białka ze zbóż, podczas gdy cała ilość uzyskanego wtedy białka wynosiła 69 mln ton (4). W roku 1967 Altschul (2, 3) podawał, że na świecie produkuje się 40 mln ton białka zbożowego, 25 mln ton białka zwierzęcego, 12 mln ton białka z roślin motylkowych. Borgstrom (11) w książce zatytułowanej „Głodująca planeta” wydanej w Polsce w 1971 roku, wykazuje, iż ludność świata spożywa rocznie aż około 110 mln ton białka, w tym 85 mln ton białka roślinnego. Najbardziej wartościowym białkiem spożywanym przez ludzi jest białko zwierzęce, ponieważ zawiera ono pełny skład aminokwasowy. Produkcja zwierzęca, jako biologicznie wtórna jest bardziej kosztowna niż produkcja roślinna, a także jest niewystarczająca (10). Zwierzęta spożywają bardzo dużą ilość białka w postaci paszy. Jak podaje Pirie (47), dostawa paszy jest częściowo podtrzymywana przez import paszy zielonej, mączki rybnej z takich krajów

jak: Peru, Nigeria, India, cierpiących jednocześnie na niedostateczną ilość pożywienia dla własnej ludności. Niedobór pasz w Polsce wynosi około 30% w skali rocznej i jest częściowo także uzupełniany paszami z importu (10). Polska importowała w 1970 roku pasze białkowe (śruty, mączka rybna) za około 0,25 mld dolarów.

Na podstawie przytoczonych danych sądzi się, że produkcja białka zwierzęcego będzie stopniowo ograniczana w świecie na korzyść produkcji białka roślinnego. Jednocześnie wiadomo, że w najbliższych 30—40 latach nastąpi podwojenie liczby ludności. W ciągu 100 lat ludność osiągnie liczbę około 9 miliardów. Zapotrzebowanie na żywność w roku 1985 będzie 2,5 raza większe niż było w roku 1962 (22). W tych warunkach konieczne jest więc zwrócenie uwagi na nowe sposoby produkcji białka dla ludzi i zwierząt. Specjalista od spraw wyżywienia Pirie (47) jest zdania, iż konwencjonalne rolnictwo, mimo stale wzrastającego poziomu, nie zdoła jednak osiągnąć w najbliższym czasie tak wysokiego poziomu produkcji, aby całkowicie zaspokoić zapotrzebowanie ludności na białko. W tych warunkach dużego, praktycznego znaczenia nabierają białka roślin dotychczas nie wykorzystywanych w sposób konwencjonalny lub wykorzystywanych tylko częściowo. Sądzi się, iż bogatym źródłem białka są: nasiona roślin oleistych, liście, warzywa, glony, drobnoustroje. Wszystkie wymienione wyżej roślin lub fragmenty roślin mogą służyć w przyszłości jako źródło białka, jeśli uzyskane z nich preparaty białkowe będą odpowiadać pewnym warunkom. Jeśli preparaty białkowe będą przeznaczone do spożycia dla ludzi to ich produkcja i technologia muszą być dokładnie opracowane tak, aby były całkowicie nietoksyczne, pozbawione wszelkich związków trujących. Powinny być wartościowe pod względem odżywczym i zawierać aminokwasy egzogenne. Smakiem i zapachem powinny przypominać produkty spożywane obecnie. Niekonwencjonalnym źródłem białka powinny być rośliny hodowane zasadniczo na danym terenie lub łatwo dostępne z importu. Koszty produkcji białka niekonwencjonalnego powinny być niskie, a samo białko łatwo dostępne nawet dla najuboższej ludności (2, 3).

Aminokwasy syntetyczne

Altschul (4) sądzi, że wzrost ilości białka można uzyskać przez zwiększenie ilości i poprawę jakości białka zbóż. W wielu krajach bowiem, białko zbóż stanowi 70—80% białka ogólnie dostępnego. Jest to jednak białko niepełnowartościowe, ponieważ nie zawiera wszystkich egzogennych aminokwasów. Aminokwasem limitującym wartość odżywczą jest przede wszystkim lizyna, a także w niektórych przypadkach treonina i tryptofan. Bardzo istotne znaczenie w procesie poprawy jakości białka

zbóż i wartości odżywczej niektórych pasz ma uzupełnianie powyższych produktów aminokwasami syntetycznymi. Podstawy do zastosowania takiej procedury zawarte są w klasycznych doświadczeniach Willcocka i Hopkinsa oraz Osborne'a i Mendla przeprowadzonych w początkach bieżącego stulecia (51). W eksperymentach tych wykazano, że wartość pokarmową różnych białek (zeiny, gliadyny) można poprawić poprzez dodatek krystalicznych aminokwasów. Od tego czasu wykonano wiele doświadczeń nad częściowym i całkowitym uzupełnianiem produktów zbożowych i pasz kilkoma aminokwasami. W ostatnim 20-leciu jeden z aminokwasów — metionina znalazł szerokie zastosowanie w produkcji przemysłowych mieszanek paszowych w USA, Europie Zachodniej, Japonii, ZSRR. Produkuje się zwłaszcza tzw. metioninę paszową, która zawiera około 98% czystej metioniny. Inny aminokwas — lizyna — jest szeroko stosowany w USA i Japonii do wzbogacania niektórych produktów zbożowych i mąki do wypieku chleba (4, 51). Poza tym prowadzi się eksperymenty dotyczące możliwości dodawania lizyny do ryżu. Syntetyczną lizynę otrzymuje się z węglowodanów na drodze fermentacji lub za pośrednictwem syntezy chemicznej z ϵ -kaprolaktamu. Schematy produkcji lizyny podaje Altschul (4). Bujak (14) donosi, że na drodze syntezy chemicznej można uzyskać serynę i kwas asparaginowy z nitrometanu, metioninę z akroleiny i metylomerkaptanu, a fenyloalaninę i leucynę ze skondensowanego z aldehydami estru nitrooctowego. Koszt chemicznie syntetyzowanej metioniny i lizyny jest niewielki. Natomiast koszt produkcji i szerokiego zastosowania pozostałych aminokwasów jest obecnie dość wysoki. W wyniku syntezy chemicznej otrzymuje się bowiem racematy aminokwasów, których rozdzielenie na L- i D-formę jest bardzo trudne i kosztowne. Formy D-aminokwasów mogą mieć niekorzystny wpływ na organizmy wyższe i niższe, mogą być mutagenne lub powodować ujemne skutki w procesach biosyntezy.

Bardzo korzystna jest produkcja aminokwasów za pomocą metody mikrobiologicznej. Niektóre szczepy bakterii i grzybów wykorzystuje się w skali przemysłowej do produkcji poszczególnych cennych aminokwasów. Jednak drobnoustroje bardzo rzadko mają zdolność do biosyntezy aminokwasów ponad własne potrzeby (14). Własność ta występuje dopiero wtedy, gdy drogą fizycznych lub chemicznych bodźców nastąpi uszkodzenie lub wypaczenie ich mechanizmów genetycznych. Powstałe mutanty zdolne są do nadmiernego gromadzenia niektórych aminokwasów. W tej mikrobiologicznej metodzie syntezy aminokwasów stosuje się m. in. bakterie: *Corynebacterium acetophili* i *C. hydrocarboclastus*, *Micrococcus glutaminus*, *Nocardia* oraz drożdże: *Schizobacterium pseudomonas*, *Ustilago*. Podłożem do hodowli mogą być węglowodany, węglowodory, kwas octowy lub jego sole. Produkcja aminokwasów na drodze

mikrobiologicznej odbywa się m.in. w Japonii, gdzie otrzymuje się lizynę, tryptofan, kwas glutaminowy, metioninę.

Białko z nasion oleistych

Nasiona roślin oleistych są bogatym i nie wykorzystanym całkowicie źródłem białka roślinnego. Mogą zawierać ponad 50% białka. Altschul (4) wykazał, że gdyby nasiona te były odpowiednio wykorzystane, uzyskano by z nich 20—25 mln ton dodatkowego białka dla zwierząt lub ludzi tj. ilość, jaką obecnie dostarcza produkcja zwierzęca, przy czym białko z nasion oleistych byłoby dużo tańsze niż białko zwierzęce. Wśród roślin oleistych największe znaczenie mają: soja, bawełna, orzechy ziemne, a także rzepak, słonecznik, orzechy kokosowe. W latach 1965—66 wyprodukowano z nich odpowiednio — 13,7, 4,4, 3,2 mln ton białka. Obecnie białko roślin oleistych jest wykorzystywane głównie jako pasza dla zwierząt, a tylko częściowo znalazło zastosowanie w produkcji preparatów białkowych dla ludzi. Jednak w przyszłości będzie ono z powodzeniem wykorzystywane całkowicie jako pożywienie dla ludzi.

Soja jest źródłem białka wykorzystywanym przez ludzi w wielu częściach świata. Rośnie dobrze w klimacie umiarkowanym, jej hodowla w klimacie tropikalnym nie jest dotychczas opłacalna. W takich częściach świata jak: Ameryka Środkowa, częściowo Ameryka Południowa, Afryka, India, Pakistan zbiory soi nie są duże. Ponieważ soja stanowi bardzo tanie źródło białka roślinnego, próbuje się określić jej najbardziej ekonomiczny zasięg. Jeżeli w wyniku tych zabiegów soja stanie się rośliną autochtoniczną np. dla Indii, to kraj ten otrzyma duże, nowe źródło białka. Dotychczas ponad 40% światowej produkcji soi przypada na Stany Zjednoczone, a w ostatnich latach uprawa tej rośliny jest tam szczególnie rozwijana (50). Nowoczesne metody produkcji pozwalają na otrzymanie z nasion soi 4—5 różnych produktów odżywczych, takich jak koncentrat białka sojowego, izolowane białko sojowe, pełnotłusta lub nietłusta mąka sojowa, mleko sojowe. Produkty te posiadają różną zawartość białka i tłuszczu. Koncentraty białkowe zawierają zwykle 60—70% białka, natomiast izolaty mogą zawierać nawet do 95% białka (4). Importowany do Polski izolat białka sojowego — „Promina D” zawiera 90% białka w suchej masie (17). Wszystkie preparaty białkowe są smaczne i wolne od substancji szkodliwych takich jak rafinoza, stachyzoza, które zwykle powodują wzdęcia. Koncentraty białka sojowego uzyskuje się z nasion po uprzednim usunięciu ich okrywy, tłuszczu i węglowodanów. Mąka sojowa zawiera zwykle około 40% białka. Białko soi znalazło zastosowanie jako dodatek do mąki zbożowej przy produkcji chleba oraz

przy produkcji napojów, otrzymuje się z niego także preparaty podobne do produktów mięsnych. Białko soi jest bogatym źródłem lizyny, izoleucyny, nie zawiera natomiast odpowiednich ilości metioniny. Lizyny jest w całym ziarnie średnio 6,5%, w śrucie poekstrakcyjnej 6,1%. Isoleucyny jest odpowiednio 5,8%, 5,6% (10). Pomimo, iż soja nie jest hodowana w naszym kraju, jednak ze względu na wysokie walory białka sojowego, także w Polsce prowadzi się badania, których celem jest m.in. zastosowanie białkowych półproduktów sojowych do podnoszenia wartości odżywczej pieczywa. Chabrowski i wsp. (17) podjęli próbę wzbogacania mąki przeznaczonej do wypieku mąką sojową. W pracy zastosowano odzyskaną ze śruty sojowej mąkę i skoncentrowany preparat białka sojowego. Stwierdzono, że 10% dodatek mąki sojowej lub 5% dodatek białkowego preparatu wpłynął korzystnie na aromat pieczywa i zachowanie jego wilgotności. Korzystnym efektem wzbogacania pieczywa było podniesienie w nim zawartości białka. W przeliczeniu na suchą masę ilość białka wzrastała wraz z dodatkiem mąki sojowej z 9,89 do 13,54% i z dodatkiem preparatu białkowego z 10,85 do 16,58%.

Nasiona bawełny stanowią dalsze obfite źródło niekonwencjonalnego białka roślinnego. Po usunięciu z nich okrywy i oleju pozostałość stanowi odpowiedni produkt do otrzymywania koncentratów białkowych. Koncentraty zawierają zwykle 50—55% białka (3, 4). Większe stężenie białka, tj. około 70%, można otrzymać po uprzednim wyekstrahowaniu węglowodanów. Białko z nasion bawełny jest nieco mniej wartościowe od białka sojowego, lecz wartość ta może wzrosnąć po dodaniu niewielkich ilości np. syntetycznej lizyny. Zawartość lizyny w makuchach bawełny wynosi tylko 2,4%, izoleucyny 3,8%, fenyloalaniny 3,8%, tryptofanu 0,9% (10). Białko z nasion bawełny najczęściej dodawane jest do pasz dla trzody chlewnej i drobiu. Jednak część tego białka stanowi dodatek do pożywienia dla ludzi. Pewne ilości koncentratów białkowych z nasion bawełny wykorzystuje się w USA i w Ameryce Środkowej do produkcji odżywek dla dzieci (4, 5). Bawełna zawiera toksyczną substancję, gossypol, która podczas produkcji białka jest usuwana prawie całkowicie na drodze specjalnej procedury. Wydaje się, że duże znaczenie w produkcji białka mieć będzie nowa odmiana bawełny (glandless) o nasionach nie zawierających gossypolu i nie toksycznych (4, 39). Koncentraty białkowe uzyskane z tych nasion są całkowicie nietoksyczne. Wykazano, iż mają większą wartość odżywczą niż koncentraty z nasion zawierających gossypol, barwa ich jest jaśniejsza. Białko z nasion bawełny jest jednak produktem ubocznym i dlatego obszar i zasięg dwu wymienionych odmian nie zależy od ilości i jakości białka ale od jakości włókna. Jednak nasiona bawełny mają bezsporną wartość, jako źródło białka, która pole-

ga na tym, iż bawełna jest uprawiana na terenach dotkniętych brakiem żywności.

Orzechy ziemne uprawiane są w wielu regionach świata: Afryka, Ameryka Południowa, Azja. Stanowią bogate źródło tłuszczu i białka roślinnego, wchodzi w skład wielu diet. W USA produkuje się z nich masło roślinne, a także otrzymuje się kilka typów produktów białkowych wykorzystywanych przez ludzi. Są to: beztłuszczowy koncentrat białkowy zawierający 45—55% białka, koncentrat białkowo-tłuszczowy, który składa się z 70% białka i 30% tłuszczu. Białko orzechów ziemnych jest mniej wartościowe niż białko bawełny, a przede wszystkim soi. Zawiera małe ilości takich aminokwasów jak lizyna, metionina, treonina.

Poza wymienionymi wyżej roślinami oleistymi istnieje szereg roślin, których nasiona oleiste zawierają znaczne ilości łatwo przyswajalnego białka (4, 10, 50, 57). Można tu zaliczyć orzech kokosowy, rzepak, słonecznik, len. Rośliny te mają uboższy skład aminokwasowy, niż wiodąca w tej grupie soja, jednak mogą służyć jako źródło białka paszowego lub spożywczego. Makuchy, śrut, i mączka poekstrakcyjna nasion tych roślin jest cennym składnikiem mieszanek paszowych i przemysłowych. Białko nasion oleistych obok niedostatku jednych aminokwasów, może zawierać duże ilości innych np. białko sezamu zawiera aż 1,8% tryptofanu, podczas gdy zawartość tego aminokwasu w jajku kurzym wynosi 1,5% w mleku 1,4% (10).

Tabela 1

Srednia zawartość niektórych aminokwasów w mączce poekstrakcyjnej nasion oleistych (50)

Mączka poekstrakcyjna	Aminokwasy w % białka całkowitego			
	lizyna	metionina	tryptofan	cystyna
Sojowa	6,2	1,4	1,7	1,7
Lniana	3,6	1,7	1,7	1,9
Słonecznikowa	3,8	2,2	1,4	1,5
Bawełniana	4,2	1,5	1,6	2,0
Orzecha ziemnego	3,5	1,0	1,2	1,6

W warunkach Polski zainteresowanie technologią idzie w kierunku wykorzystania nasion rzepaku, słonecznika, maku (48, 57). Zwiększenie hodowli wymienionych roślin mogłoby się przyczynić do ograniczenia wzrastającego stale importu białka sojowego. Pogorzelska (48) wykazała w swych badaniach, że preparaty białka z nasion rzepaku mogą poprawić wartość odżywczą pieczywa i wędlin. Janicki i wsp. (35) oznaczali skład

aminokwasowy białek nasion rzepaku, maku, słonecznika, soi. Białka badanych nasion zawierały znaczne ilości argininy, kwasu asparaginowego, lizyny. Ubogę w lizynę były jedynie nasiona słonecznika. Zawartość lizyny w nasionach rzepaku, soi, maku, słonecznika w przeliczeniu na 100 g N wynosiła: 37,25 g, 38,93 g, 48,63 g, 19,93 g, a kwasu asparaginowego odpowiednio: 45,50 g, 70,87 g, 64,62 g, 57,31 g. Białko rzepaku posiadało znaczne ilości aminokwasów siarkowych. Wskazane są dalsze prace nad wyhodowaniem odmian rzepaku o obniżonym poziomie substancji wolotwórczych i kwasu erukowego (57).

Białko nasion oleistych znalazło praktyczne zastosowanie przy produkcji wielu środków spożywczych lub jest wykorzystywane do udoskonalania i zwiększania zawartości białka w produktach konwencjonalnych. Otrzymuje się z niego płynne lub stałe środki odżywcze. Do wysokobiałkowych należą: Incaparina, CSM, Bal Amul, Solein (3, 4, 5, 27). Incaparina jest mieszaniną białka nasion kukurydzy i bawełny, zawiera 25—28% białka. Polecana jest przez Instytut Żywności Centralnej Ameryki i Panamy (INCAP). Wartość odżywczą Incapariny podwyższa się dodając do niej 0,1% lizyny, a także witamin i związków mineralnych. Jest odżywką przeznaczoną dla dzieci. Ciekawym przedstawicielem tej klasy związków jest CSM — mieszanina zawierająca 20% białka. Składa się z wyciągu kukurydzy (70%), białka nasion soi (25%), mleka nietłustego (5%), produkuje się ją w wielu krajach, przeznaczona jest także dla dzieci. Mieszanka o nazwie Duryea zawiera 20% białka otrzymanego z nasion soi i kukurydzy oraz małe ilości nietłustego mleka. W Indii spożywany jest produkt o nazwie Bal Amul, który zawiera mąkę sojową. Białko nasion soi i bawełny jest wykorzystywane w USA do produkcji wyrobów, które wartością odżywczą, smakiem i wyglądem przypominają mięso (4). Do produkcji podobnych środków spożywczych w Polsce można byłoby wykorzystywać poekstrakcyjną śrutę rzepakową lub słonecznikową.



Białko liści i roślin zielonych

Opisane wyżej nasiona roślin oleistych nie stanowią jedyne źródła, które może dostarczyć dużych ilości niekonwencjonalnego białka. Wielu autorów uważa, iż bogatym i nie wykorzystanym źródłem białka są liście i całe rośliny zielone (7, 8, 9, 15, 28, 29, 31, 32, 47, 60). Zagadnienie dotyczące otrzymywania białek z liści i fragmentów roślin zielonych przedstawione zostało w 1969 roku przez Pirie (47) na ostatnim, tj. XI Międzynarodowym Kongresie Botanicznym w Seattle pod Waszyngtonem. Pirie sądzi, iż znaczne ilości białka zawarte są w zielonych liściach, zielonych fragmentach warzyw i w owocach. Dotychczas warzywa i owoce uważane były jedynie za obfite źródło witamin i związków mineralnych.

Okazuje się jednak, że części kalafiorów, brukselki i innych warzyw zawierają 5—5,5% azotu, z czego część stanowi azot białkowy. Przyrost zielonej masy warzyw następuje bardzo szybko, a plony przy odpowiednio prowadzonej hodowli są wysokie. Plon brukselki, jaki uzyskuje się w Wielkiej Brytanii, wynosi 30 ton/ha, co odpowiada 1 tonie białka. Odpowiednio dobrane warzywa dadzą prawdopodobnie w krajach o klimacie tropikalnym plony zwielokrotnione. Liście, kwiaty lub inne fragmenty roślin tropikalnych, np. *Saccharum edule*, *Moringa oleifera*, *Amaranthus* sp. zawierają znaczne ilości białka. Wiele nadziei pokłada się właśnie w niewykorzystanych roślinach tropikalnych. Wydaje się, iż kraje tej strefy klimatycznej będą w przyszłości dostarczać dużych ilości pożywienia. W nich należy szukać nowych źródeł białka. Liście roślin tropikalnych są zwykle duże, charakteryzują się aktywną przemianą materii, posiadają znaczne ilości enzymów o cennym składzie aminokwasowym. Pirie podaje, że w skali laboratoryjnej otrzymano wyciągi białkowe z około 100 gatunków liści. Uzyskane wyniki były zadowalające. Pirie sądzi, iż białko można otrzymywać z liści roślin uprzednio wykorzystywanych w pewnych procesach technologicznych, np. z liści buraków cukrowych. W Indii białko ekstrahuje się z liści bawełny i juty. Dużym źródłem białka wg Pirie będą liście i rośliny wodne, bagienne, liście roślin z terenów okresowo nawadnianych. Źródłem białka mogą okazać się dotychczas intensywnie niszczone za pomocą herbicydów chwasty. Liście mogą być wykorzystane w bardzo szerokim zakresie, a produkty z nich uzyskane dadzą się zastosować jako pożywienie dla ludzi lub jako pasza dla zwierząt. Głównym celem wykorzystania liści jest produkcja z nich koncentratów białkowych. Ogólny schemat tego procesu podaje Pirie. W pierwszym etapie przerobu liście ulegają zgnieceniu, dokładnemu zhomogenizowaniu, po czym część płynna zostaje odseparowana od włóknistej pozostałości. Roztwór, który zawiera białka, tłuszcze, węglowodany, poddaje się koagulacji i zagęszczeniu. Zależnie od potrzeby można uzyskać z niego białko odpowiednio oczyszczone, a także tłuszcze i węglowodany. Preparaty te mogą stanowić pożywienie dla ludzi lub zwierząt. Roztwór uzyskany po odseparowaniu wymienionych preparatów będzie jeszcze zawierał aminokwasy niebiałkowe, aminy, cukry proste, sole mineralne i w związku z tym może być doskonałą pożywką dla mikroorganizmów. Włóknista pozostałość liści zawierająca celulozę, hemicelulozę, ligninę, pektyny, a także niewyekstrahowane białka, tłuszcze, węglowodany może stanowić dodatek do pasz dla zwierząt lub pożywkę dla drobnoustrojów. W ten sposób liście zostaną wykorzystane całkowicie. Powyższa procedura będzie szczególnie korzystna dla krajów tropikalnych, gdzie liście rozwijają się w ogromnych ilościach, a upraw zbożowych jest bardzo mało.

Bardziej się tam opłaca i lepiej udaje hodowla roślin, które będą dawać białko z liści niż roślin dających białko z nasion.

Prace nad uzyskaniem koncentratów białkowych są prowadzone w USA, Anglii, Francji, RFN, Indii, Polsce. Produkcję białka skoncentrowanego z zielonej masy liści podjęto także na Węgrzech, gdzie występuje ostry deficyt pasz. Węgry importowały w 1971 roku 0,5 mln ton pasz treściwych za około 70 mln dolarów, a także mączkę rybną i śrutę sojową. Produkcja koncentratów białkowych dla celów paszowych została opracowana przez Katedrę Technologii Chemiczno-Rolniczej Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie pod kierunkiem prof. J. Hollo (32, 46). Ze względu na zawartość białka dobrano odpowiednie zestawy roślin takie jak: mieszanka żyta z wyką, pszenicy z wyką, gorczyca, lucerna, sorgo, kukurydza, słonecznik, proso, kapusta pastewna, amarantus, szpinak. Produkcja przemysłowa została uruchomiona w 1972 roku w miejscowości Tomasi i ma wynosić 2,5 tys. ton gotowego produktu białkowego rocznie. Procedura wygląda następująco. Zielona masa roślin wkrótce po sprzątnięciu z pola jest przewożona do zakładu przemysłowego, gdzie po krótkotrwałym podsuszeniu jest rozdrabniana na młynach. Z uzyskanej masy wyciska się sok, z którego po cieplnej koagulacji (85°C) odseparowuje się w sposób ciągły białko, które suszy się metodą rozpyłową. Odbiałczony sok jest wykorzystywany ponownie do przemywania wytlóków, a część jego poddana jest także fermentacji drożdżowej. Uzyskane drożdże (dodatkowa ilość białka) dodawane są do białka otrzymanego bezpośrednio z liści. Powstaje w ten sposób wzbogacony koncentrat białka. Z surowca, jakim są zielone rośliny, uzyskuje się około 9,4% koncentratu białkowego zawierającego 40—44% białka ogólnego, 1—5% włókna, 2—4% tłuszczów, 12—18% soli mineralnych. Należy zaznaczyć, iż wiele krajów zainteresowanych jest importem opisanego wyżej koncentratu białka.

Także w Polsce od wielu lat przeprowadza się próby otrzymania koncentratów białkowych z liści zielonych. Hanczakowski (29) przeprowadzał w Polsce jedne z pierwszych prac tego typu, w wyniku których uzyskał dość trwały zielony koncentrat białka o konsystencji zbliżonej do sera, zawierający do 60% białka w suchej masie. Produktem wyjściowym dla koncentratu była wyka i lęty ziemniaczane. Koncentrat białkowy z lętów ziemniaczanych był bardziej wartościowy pod względem zawartości aminokwasów egzogennych oraz chętniej spożywany przez zwierzęta niż koncentrat z wyki. Nie stwierdzono toksycznego działania koncentratów. Lech i wsp. (40) badali późnojesienne, opadnięte już z drzew liście klonowe żółte i brunatne. Liście wstępnie odtłuszczano i pozbawiano barwników. Stwierdzono, że zawierają one jeszcze znaczne ilości białka (żółte 5,5% białka, brunatne 6,75%). Wartość biologiczna białka żółtych liści klon-

wych była stosunkowo wysoka i zbliżona do wartości biologicznej kazeiny.

Przemysłowa produkcja białka z liści wymaga opracowania odpowiednich warunków i metod ekstrakcji i zagęszczania roztworów białkowych. Wykorzystanie białka roślinnego jest ograniczone obecnością substancji toksycznych w niektórych gatunkach roślin (7). Dla umożliwienia i ułatwienia konsumpcji, białko liści powinno być ekstrahowane roztworami wodnymi, a następnie zagęszczane. Jak wspomniano, opracowano już wiele metod ekstrakcji białka. Zależnie od procedury ekstrahuje się 35—80% białka całkowitego. Ilość wyekstrahowanego białka zależy od wielu czynników (7). Bardzo istotne jest maksymalne zhomogenizowanie materiału liściowego, podczas którego powinno nastąpić całkowite rozbicie celulozowych ścian komórkowych i błon cytoplazmatycznych. Betschart i wsp. (7) homogenizowali liście używając do tego celu młódcierz z tłuczkiem oraz różnego rodzaju młynki. Najlepsze rozdrobnienie materiału liściowego osiągnięto po zastosowaniu mikromłynka. Pojemnik tego homogenizatora wykonany był z nierdzewnej stali, zawierał stalowe ostrze, które obracało się ze zmienną prędkością. Dużą rolę w procesie ekstrakcji białka z liści mają pewne cechy materiału roślinnego takie jak: gatunek liści, ich stan fizjologiczny, dojrzałość i świeżość. Byers i wsp. (15), Arkcoll i wsp. (6), Chayen i wsp. (18) donoszą, iż najwięcej białka ekstrahuje się z liści młodych i świeżych. Ilość wyekstrahowanego białka zależy od pH i składu chemicznego ekstrahujących roztworów, od stosunku objętości materiału liściowego i roztworu a także od czasu i temperatury ekstrakcji (7, 41). Powszechnie uważa się, iż więcej białka można wyekstrahować po zastosowaniu roztworów alkalicznych. Frestenstein (24), Lu i wsp. (41), Betschart i wsp. (7) stwierdzili, iż najwięcej białka ekstrahuje się przy pH 12. Chayen i wsp. (18), Stahmann i wsp. (59) sądzą, iż w roztworach o wyższych wartościach pH białko jest bardziej rozpuszczalne a chloroplasty łatwiej ulegają rozbiciu. Badania Betschart i wsp. (7) wykazują, iż białko liści należy ekstrahować w pH 7,2—8,0, bowiem uzyskuje się prawie maksymalną ilość białka, a ponadto nie jest ono zdenaturowane. Autorzy ci przebadali zawartość białka w liściach lucerny, soi, orzecha ziemnego i stwierdzili, iż liście tych roślin są bogatym źródłem białka, najbogatsze w białko są w tym przypadku liście lucerny, a także liście soi i mogą one służyć do produkcji koncentratów białkowych (7, 8, 9). Sądzi się, iż liście lucerny będą mieć ogromne znaczenie w produkcji koncentratów białkowych (36). Saunders i wsp. (58) podają propozycję wykorzystania liści lucerny i metodę badania strawności koncentratów białkowych. Zastosowana tu procedura nosi nazwę procesu PRO-XAN i była już wielokrotnie stosowana przez cytowanych przez Saunders'a i wsp. (58) autorów. Procedura polega na uzyskiwaniu z liści lucerny mączki odpowied-

nio odwodnionej oraz koncentratów zawierających 50% białka i duże ilości ksantofilu. Mączka i koncentraty białkowo-ksantofilowe są przeznaczone na paszę dla zwierząt. Dalsza procedura przewiduje m.in. otrzymywanie koncentratów białkowych wolnych od barwników.

Badania wykazały, że skład aminokwasowy koncentratów białkowych otrzymanych z liści różnych gatunków roślin jest bardzo podobny (16, 28, 41, 45, 60). Sugestie tego typu wysuwał już Chibnall (cyt. poz. 45), ponadto podawał on, iż skład aminokwasowy białka jest prawie niezależny od wieku, stanu rośliny, warunków nawożenia. Białko liści zawiera wszystkie niezbędne aminokwasy egzogenne i poza metioniną ich zawartość jest odpowiednia (1, 28, 44, 45, 60). Białko liści zawiera znaczne ilości takich aminokwasów jak: kwas glutaminowy, kwas asparaginowy, leucyna. Jest także źródłem dość dużych ilości lizyny, tj. aminokwasu limitującego wartość odżywczą białka zbóż (45, 60). Zawartość aminokwasów

Tabela 2

Skład aminokwasowy białka liści kilku gatunków roślin (60)

Nazwa aminokwasu	Aminokwasy w g na 16 g azotu				amino- kwasy wzorc. wg FAO (23)
	mar- chew	burak ćwikło- wy	lucer- na	kala- fior	
Egzogenne					
Treonina	5,42	5,64	5,35	5,82	2,9
Walina	6,70	6,85	6,92	7,09	4,3
Cystyna	0,92	1,07	1,65	1,63	2,1
Metionina	2,21	1,62	2,20	2,38	2,3
Izoleucyna	5,23	5,67	5,59	5,27	4,3
Leucyna	10,12	10,66	10,12	10,57	5,0
Fenylalanina	6,42	6,63	6,56	6,91	2,9
Lizyna	6,10	6,94	7,33	7,16	4,3
Histydyna	2,29	2,45	2,63	2,70	
Arginina	6,60	7,01	7,26	7,25	
Endogenne					
Kwas asparaginowy	10,99	10,66	10,41	10,56	
Seryna	5,31	5,54	4,53	4,86	
Kwas glutaminowy	12,39	12,87	12,40	13,22	
Prolina	5,59	5,36	4,88	5,27	
Glicyna	6,23	6,23	5,80	6,33	
Alanina	6,68	6,84	6,72	6,84	
Tyrozyna	4,64	4,84	5,08	5,07	
Amoniak	2,40	1,73	1,88	1,34	
EAAI (%)	82,3	80,8	83,5	84,4	
Tryptofan		nie oznaczono			

w koncentratach białkowych z liści odpowiada wymaganiom stawianym wysokowartościowemu pożywieniu białkowemu (1, 28, 45, 47). Oke porównał zawartość aminokwasów w białku liści kilku gatunków roślin hodowanych w Nigerii ze składem aminokwasowym niektórych białkowych produktów spożywczych i stwierdził, iż białko liści jest białkiem wartościowym (45).

Tabela 3

Zawartość kilku aminokwasów w pożywieniu konwencjonalnym i w białku liści (45)

Produkt	Aminokwasy w mg na g azotu										
	ile.	leu.	lys.	met.	phe.	thr.	wal.	cys.	arg.	tyr.	his.
Kukurydza	230	783	167	120	305	225	303	97	262	239	170
Ryż	238	514	237	145	322	244	344	67	516	218	156
Fasola	262	476	450	66	326	248	287	53	355	158	177
Soja	284	486	399	79	309	241	300	83	452	196	158
Wołowina	301	507	556	169	275	287	313	80	395	225	213
Mleko	295	596	487	157	336	278	362	51	205	297	167
Jajo	393	551	436	210	358	320	428	152	381	260	152
Białko orzecha kokosow.	225	561	300	177	358	251	366	116	971	211	168
Białko liści	378	675	473	153	425	356	430	143	440	324	168

Mimo iż białko liści ma zwykle korzystny skład aminokwasowy pomiar wartości odżywczej tego białka często nie potwierdza oczekiwanych rezultatów i przedstawia wartość niższą niż można się było spodziewać (58). Uważa się, iż strata wartości odżywczej koncentratów białkowych może nastąpić podczas procesu suszenia tych preparatów (16, 20). Finley i wsp. (25) sądzą, że wartość odżywcza białkowych preparatów zależy nie tylko od składu i zawartości aminokwasów lecz także od ich fizjologicznej dostępności. Aminokwasy nie mogą być przyswajane przez organizm zwierzęcy, jeżeli znajdują się w komórkach tkanek zabezpieczonych przed działaniem enzymów proteolitycznych lub też, jeśli wchodzą w połączenia z innymi związkami chemicznymi, a wiązania między nimi są bardzo trwałe. Pomiar wartości odżywczej preparatów białkowych jest więc badaniem bardzo istotnym przed ostatecznym zaproponowaniem wyizolowanych koncentratów białkowych jako substytutów białkowych dla zwierząt lub ludzi. W celu określenia wartości pokarmowej koncentratów białkowych z lucerny Saunders i wsp. (58) zastosowali enzymatyczne trawienie białka. Autorzy sądzą, iż wyniki uzyskane tą metodą dają możli-

wość postulowania optymalnych warunków procesu ekstrakcji białka, w którym strata wartości odżywczej byłaby minimalna. Do trawienia białka użyto systemy enzymatyczne: pepsyna — pankreatyna, papaina oraz pepsyna — trypsyna. Strawność białka w granicach 80—90% oraz korzystny skład liści może stanowić wartościową masę pokarmową dla zwierząt. Przemawia za tym fakt, iż białko izolowane z liści rzepy i łubinu wykazuje strawność równą 96 i 86% i w związku z tym materiał z rzepy charakteryzuje się większą wartością biologiczną niż kazeina (31). Eggum (21) podaje szereg metod umożliwiających oznaczanie wartości biologicznej koncentratów białkowych pochodzenia roślinnego, np. pomiar wartości wzrostowej (PER), pomiar wartości biologicznej (BV), pomiar wskaźnika aminokwasów egzogennych (EAAI), oznaczanie wskaźnika dostępnej lizyny (AVL). Metody te nie będą omawiane w niniejszym artykule, ponieważ są opisane przez Bęzę (10) oraz przez Popova (49).

Białko bakterii, glonów, grzybów

Białko do celów paszowych lub konsumpcyjnych może być produkowane z roślin niższych takich jak: bakterie, glony, grzyby. Mikroorganizmy te mają zwykle małe wymagania, rosną dobrze na prostych pożywkach mineralnych lub organicznych. Ich wzrost i rozwój bywa bardzo intensywny. Pirie (47) proponuje wykorzystywać bakterie i glony podwójnie: do oczyszczania ścieków kanalizacyjnych i jednocześnie do namnażania masy białkowej. Autor ten twierdzi, że bakterie i glony można uprawiać w ściekach kanalizacyjnych nieskażonych substancjami toksycznymi. Glony będą tam odżywiać się rozłożonymi przez bakterie substancjami mineralnymi, będą także dostarczać bakteriom tlenu. Masa białkowa złożona z bakterii i glonów, odpowiednio pozbawiona substancji zanieczyszczających, może służyć jako pasza lub dodatek do paszy dla zwierząt. Taki proces jest już z powodzeniem prowadzony w Kalifornii. Wyniki jego są bardzo zadowalające. Glony rosną pod kontrolą, a oczyszczona przez nie woda wykorzystywana jest powtórnie. Masa uzyskana z glonów i bakterii jest dodawana do karmy dla zwierząt. W nielicznych przypadkach taki produkt podawano także ludziom. Hedén (30) podaje, że roczna produkcja glonów i bakterii wynosi w Kalifornii ok. 20 ton suchej masy na powierzchnię 1 akra (akr = 40 arów). Istotną cechą takich plantacji jest fakt, iż wykorzystuje się w nich wodę ściekową, a jednocześnie uzyskuje się tanią masę białkową. Wyniki karmienia zwierząt tak uzyskanym białkiem są pozytywne, choć stwierdzono, iż białko bakterii nie dorównuje wartością składu aminokwasowego białku mleka i jaj. Obfitym i nie wykorzystanym źródłem białka są ogromne ilości planktonu oceanicznego. Według danych Holta (33) ocean może produkować rocznie około 150

bilionów ton planktonu roślinnego w 2—3% masy wody, czyli w części oświetlonej, w której jest możliwa fotosynteza. Plankton taki jest odpowiednim pożywieniem dla ryb. Masową uprawę glonów przeznaczonych do celów spożywczych prowadzi się w Japonii (33, 62). Hoduje się tam krasnorosty z rodzaju *Porphyra*, które zawierają około 30—50% białka a także liczne witaminy. Tamiya (62) i Hedén (30) donoszą, iż uprawiając takie glony jak: *Chlorella*, *Scenedesmus* można uzyskać bardzo wysokie plony suchej masy. Glony te mają dużą wartość odżywczą dla człowieka i zwierząt. Zawierają około 50% białka, 20% węglowodanów, 20% lipidów, 10% soli mineralnych (62). Poczyniono więc próby mające na celu przemysłową produkcję tych glonów. Aby otrzymać znaczny przyrost glonów trzeba dostarczyć im światła, dwutlenku węgla i soli mineralnych. Ponadto konieczne jest stałe lub okresowe wstrząsanie kultur. Zbudowane w Japonii zbiorniki do przemysłowej uprawy glonów umieszczone są na powietrzu, a hodowlę prowadzi się przez cały rok. W związku z tym wykazano, iż wydajność uprawy glonów zależy od pór roku. W zimie jest najniższa, w lecie najwyższa, osiąga średnio 13 ton suchej masy rocznie z 1 akra lub 7 ton białka. Jest to więc produkcja olbrzymia w porównaniu z 100—300 kg białka, których dostarczają plony tradycyjnego rolnictwa lub też z 25—45 kg jakie zapewniają nam mięso i mleko (42).

Zanim jednak uprawy glonów będą mogły dostarczyć ludziom pokarmu, należy rozwiązać szereg zagadnień związanych z opracowaniem systemu budowy zbiorników do hodowli i przemysłowej produkcji glonów, następnie ulepszyć strawność białka glonów i opracować metody przyrządzania z nich smacznych potraw. W obecnie znanej formie potrawy z glonów są niestrawne dla ogromnej ilości ludzi. Jak dotąd, tylko Japończycy wprowadzili glony do swego jadłospisu, a prawdopodobnie było to możliwe dzięki osiedleniu się w ciągu wieków w ich przewodzie pokarmowym specjalnej mikroflory ułatwiającej trawienie glonów (53). W Polsce, w Instytucie Żywności i Żywienia oznaczano wartość odżywczą białka glonów *Chlorella* wyhodowanych przez Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki w Krakowie (61). Stwierdzono, iż wartość ta jest niska i wynosi 29% w stosunku do białka całkowitego jaja oraz 39% w stosunku do białka standardowego (23). Dam i wsp. (19) stwierdzili, że 30—40% białka glonów jest nieprzyswajalne dla człowieka. Natomiast Powell i wsp. (54) podając ludziom 10—500 g glonów dziennie przez kilkanaście dni nie zanotowali toksycznego działania takiego pokarmu. Konbratev i wsp. (37) dodawali ochotnikom do posiłków 50 i 100 g biomasy *Chlorella* i *Scenedesmus*. Zaobserwowali, że po krótkotrwałym okresie adaptacji ludzie przyzwyczajali się do spożywania glonów, przy czym nie zaobserwowano ujemnego wpływu glonów na ich zdrowie. Wachowicz i Zagrodzki (63) stwierdzili, że glon *Spirulina platensis* zawiera aż 63% białka w stosunku

do suchej masy. Największą część tego białka stanowią albuminy (52,0%), a następnie gluteliny (36,8%). Duża zawartość białka całkowitego i albumin stwarza szanse wykorzystania tego glonu do celów żywieniowych lub paszowych. Fofanov i Abukumova (26) badali skład aminokwasowy *Chlorella*, *Spirulina platensis*, *Chlamydomonas reinhardi* i stwierdzili, że aminokwasem limitującym wartość odżywczą białka tych glonów jest metionina, poza tym *Spirulina* nie zawiera dostatecznej ilości lizyny, a *Chlamydomonas* tryptofanu. Boyd (13) przebadał zawartość białka i skład aminokwasowy kilku gatunków glonów. Takie glony jak: *Chara*, *Nitella*, *Spirogyra* zawierają 10—20 g białka na 100 g suchej masy, lecz sinice: *Anabaena*, *Microcystis*, a także zielenica *Euglena* posiadają 42—46 g białka w 100 g s.m. Boyd (12) podaje, że sinice przez niego przebadane zawierają więcej białka niż rośliny wyższe wodne. Skład aminokwasowy białka glonów i białka wodnych roślin wyższych był podobny, jednak zawartość lizyny, alaniny, cysteiny była wyższa w białku glonów niż w białku roślin wyższych. Rezultaty przytoczonych prac są kontrowersyjne, niemniej wydaje się, że można stosować glony w żywieniu jeżeli jeszcze nie ludzi to zwierząt.

Popov (52) porównał zawartość niektórych aminokwasów w białku roślin wyższych, glonów jedno- i wielokomórkowych, wyniki podaje tabela 4.

Tabela 4

Zawartość aminokwasów w roślinach wodnych w % białka (52)

Aminokwasy	Rośliny wyższe	Głony jedno-komórkowe	Głony wielo-komórkowe
Lizyna	5—6	10,2	3,3
Metionina	0,9—1,6	1,4	0,4—2,0
Cystyna	1,3—2,0	0,5	—
Tryptofan	1,1—1,8	2,1	0,6—1,1
Arginina	4,6—5,2	15,8	2,4—4,4
Histydyna	1,5—1,8	3,3	1,1—1,5
Leucyna	7—9	6,1	3,6—5,5
Izoleucyna	4,1—5,8	3,5	2,4—4,1
Fenylalanina	3,0—4,5	2,8	2,4—3,6

Bardzo istotnym źródłem białka poza bakteriami i glonami są drożdże, które mogą być hodowane na podłożach zawierających węglowodany lub węglowodory jako źródło węgla (30). Drożdże hodowane w sposób konwencjonalny (na węglowodanach) znalazły dawno powszechne zastosowanie jako dodatek do produktów zbożowych i mięsnych. Do hodowli

drożdży wykorzystuje się często produkty uboczne: wywar pospirytusowy, malasę lub hydrolizaty trocin (ługi posiarczynowe). W Polsce produkcja drożdży paszowych do 1960 roku odbywała się na niewielką skalę i nie przekraczała 9 tys. ton rocznie (38). Podstawowym produktem był wywar pospirytusowy z gorzelnii przemysłowych. W roku 1980 zapotrzebowanie na drożdże paszowe wyniesie w naszym kraju około 120 tys. ton. Drożdże zawierają bowiem 45—52% białka w suchej masie i stanowią jeden z niezbędnych wysokobiałkowych komponentów do produkcji pasz przemysłowych. Przy pewnych uproszczeniach można przyjąć, że wartość 1 tony białka zawartego w drożdżach odpowiada średniej cenie 1 tony białka złożonego w 50% z białka śruty sojowej i w 50% z białka mączki rybnej. Ługi posiarczynowe są zdrożdżowywane w ZSRR, Czechosłowacji, Finlandii. W Polsce pierwszą drożdżownię produkującą drożdże na bazie ługów posiarczynowych uruchomiono w 1968 roku w Niedomicach. Wiele prac doświadczalnych dotyczy hodowli drożdży na odpadach celulozowych. Witkowski i Nawrotek (65) hodowali szczep drożdży *Monilia murmanica* Bf na odpadach z fabryki celulozy (wodny hydrolizat bukowy). Wyhodowane drożdże nie były gorsze od żadnego rodzaju drożdży paszowych produkowanych w Polsce, a nawet charakteryzowały się wyższym poziomem treoniny, metioniny, leucyny, izoleucyny. Zawierały 44,2% białka surowego. Malanowska (43) hodowała drożdże z rodzaju *Candida* na hydrolizatach trocin sosnowych. Ze 100 kg trocin uzyskała 17—23 kg drożdży zawierających 92% suchej masy. Białko ogólne stanowiło 51,4% s.m. i zawierało po około 5% kwasu glutaminowego, kwasu asparaginowego, argininy, lizyny, seryny, alaniny, glicyny, treoniny. Badania polskich autorów przewidują możliwość zdrożdżowywania różnych produktów odpadowych pochodzenia roślinnego. Witkowski i Murawski (64) poddawali hydrolizie słomę rzepakową i na uzyskanym produkcie hodowali drożdże *Monilia murmanica* Bf. Jakubowski i wsp. (34) hodowali różne szczepy drożdży i pleśni oraz *E. coli* na odbiałczonej serwatce, ziemniakach i plewach pszennych. Otrzymywali preparaty paszowe zawierające około 20% białka właściwego tj. 2 razy więcej niż w substracie. Poznański i wsp. (55) wzbogacali odbiałczoną serwatką bezściółkowy nawóz bydlęcy i na tak spreparowanym podłożu prowadzili namnażanie biomasy pleśni. Uzyskali preparat o przyjemnym wyglądzie i zapachu, zawierający 13,16—14,37% białka.

Coraz większą popularnością i uznaniem cieszy się wykorzystywanie węglowodorów do hodowli drożdży (30, 42). Maheshwari (42) podaje, iż w roku 1952 Felix Just jako pierwszy zastosował pożywkę z węglowodorów parafinowych do hodowli drożdży. Od tego czasu opracowano na skalę przemysłową metody namnażania drożdży na podłożach parafinowych. Ten sposób wykorzystywania odpadów ropy naftowej jest obecnie sto-

sowany w takich krajach jak: Japonia, Związek Radziecki, Czechosłowacja, Anglia, Francja, Stany Zjednoczone (30). We Francji np. (38) w roku 1970 dopuszczono stosowanie drożdży parafinowych dla celów paszowych, a obecnie czynione są starania o dopuszczenie ich do obrotu ze wszystkimi krajami EWG. W Japonii w 1974 roku wyprodukowano 240 tys. ton białka z ropy naftowej. Zwykle hoduje się drożdże z rodzaju *Torulopsis*, *Endomyces*, *Rhodotorula*. Wydajność powyższego procesu jest wysoka, a świadczą o tym następujące liczby: 500 kg masa zwierząt produkuje 0,5 kg białka w ciągu 24 godzin, podczas gdy 500 kg drożdży z rodzaju *Torulopsis* wytwarza w tym samym czasie 2000 kg białka (42). Wydaje się także, iż wzrost drożdży na podłożu węglowodorowym jest bardziej wydajny niż na podłożu węglowodanowym, ponieważ 1 kg węglowodorów może produkować około 1 kg drożdży, podczas gdy 1 kg cukru pozwala na wzrost jedynie 0,5 kg białka drożdżowego. Wartość odżywcza białka drożdży parafinowych jest niewątpliwie bardzo wysoka. Białko to zawiera bogaty skład aminokwasowy oraz liczne witaminy. Maheshwari (42) uważa, iż dodatek drożdży do pożywienia zbożowego będzie korzystnym uzupełnieniem niedoboru takich aminokwasów jak: lizyna, metionina, tryptofan.

Wiele zagadnień dotyczących drożdży parafinowych nie będzie umieszczonych w niniejszej pracy, ponieważ Ryś (56) w swym artykule przeglądowym scharakteryzował bardzo dokładnie takie tematy jak: zawartość aminokwasów i witamin w drożdżach parafinowych, toksyczność paszy uzyskanej z drożdży parafinowych, oraz perspektywy stosowania drożdży parafinowych w żywieniu zwierząt. W Polsce istnieje bowiem duże zainteresowanie możliwością produkcji drożdży z ropy naftowej (38). Pierwsze eksperymenty wykonane w skali półtechnicznej nie wypadły korzystnie w doświadczeniach żywieniowych. Tym niemniej dalsze prace są w toku.

Niekonwencjonalne źródła białka: aminokwasy syntetyczne, białko z wycieków nasion olejnych, białko z liści i drobnoustrojów stanowią dużą masę białka, która będzie w przyszłości coraz lepiej i pełniej wykorzystywana. Obecny stan badań nad poszukiwaniem dodatkowych ilości pożywienia na świecie pozwala na stosowanie białka niekonwencjonalnego w postaci dodatku do paszy dla zwierząt, a tylko w nielicznych przypadkach w postaci dodatku do produktów spożywczych dla ludzi. Doświadczenia wskazują jednak, iż otrzymane koncentraty białkowe nie ustępują składem aminokwasowym i wartością pokarmową białku zwierząt. Aby koncentraty te mogły być stosowane jako produkty spożywcze należy udoskonalić metodę ich oczyszczania oraz opracować sposoby przygotowywania produktów przypominających smakiem i wyglądem produkty obecnie spożywane.

LITERATURA

1. Akeson W. F., Stahman M. A.: Nutritive value of leaf protein concentrate an in vitro digestion study. *J. Agric. Food Chem.* 13, 145—148, 1965.
2. Altschul A. M.: The agricultural scientific and economic basis for low-cost protein foods. International Conference on Single-Cell Protein. MIT, 1967.
3. Altschul A. M.: Food proteins. New sources from seeds. *Sci.* 158, 221—226 1967.
4. Altschul A. M.: Food. Proteins for humans. *Chem. Engin. News.*, 47, 68—81, 1969.
5. Altschul A. M., Rosenfield D.: Protein supplementation: satisfying man's food needs. *Unilev. Quart.*, 54, 76—86, 1970.
6. Arkcoll D. B., Festenstein G. N.: A preliminary study of the agronomic factors affecting the yield of extractable leaf proteins. *J. Sci. Food Agric.*, 22, 49—56, 1971.
7. Betschart A. A., Kinsella J. E.: Extractability of leaf protein. *Agr. Food Chem.*, 21, 60—65, 1973.
8. Betschart A. A., Kinsella J. E.: Influence of storage on composition, amino acid content and solubility of soybean leaf protein concentrate. *J. Agr. Food Chem.*, 22, 116—123, 1974.
9. Betschart A. A., Kinsella J. E.: Influence of storage on in vitro digestibility of soybean leaf protein concentrate. *J. Agr. Food Chem.*, 22, 672—675, 1974.
10. Bęza R.: Aminokwasy w żywieniu zwierząt. PWRiL Warszawa 1967.
11. Borgstrom G.: Głodująca planeta. PWRiL Warszawa 1971.
12. Boyd C. E.: Amino acid, protein, and caloric content of vascular aquatic macrophytes. *Ecology*, 51, 902—906, 1970.
13. Boyd C. E.: Amino acid composition of freshwater algae. *Arch. Hydrobiol.*, 72, 1—9, 1973.
14. Bujak S.: Biosynteza niektórych aminokwasów na drodze mikrobiologicznej. *Przem. Ferm. Rol.*, XVII, 6, 11—14, 1973.
15. Byers M., Sturrock J. W.: The yield of protein extracted by large-scale processing of various crops. *J. Sci. Food Agric.*, 16, 341—355, 1965.
16. Byers M.: Amino acid composition and in vitro digestibility of some protein fractions from three species of leaves of various ages. *J. Sci. Food Agr.*, 22, 242—251, 1971.
17. Chabrowski K., Majewska J., Szkuta B., Barnik J.: Badania zastosowania białkowych półproduktów sojowych do podnoszenia wartości odżywczej pieczywa. *Roczniki Technol. Chemii Żywności.*, XXIII, 2, 155—166, 1973.
18. Chayen I. H., Smith R. H., Tristram G. R., Thirdell D., Webb T.: The isolation of leaf components I. *J. Sci. Food Agric.*, 12, 502—512, 1961.
19. Dam R., Lee S., Fry P. C., Fox H.: Utilization of algae as a protein source for humans. *J. Nutr.*, 86, 376—382, 1965.
20. Duckworth J., Woodham A. A.: Leaf protein concentrates. I Effect of source of raw material and method of drying on protein value for chicks and rats. *J. Sci. Food Agr.*, 12, 5—15, 1961.
21. Eggum B. O.: Current methods of nutritional protein evaluation. Reprint from: „Improving plant protein by nuclear techniques”. International Atomic Energy Agency. Vienna. 289—302, 1970.

22. FAO. — What it is — What it does — How it works? (broszura) 1972.
23. FAO — WHO Technical Report Series, No 301. Protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Group, Food and Agriculture Organization of the U.N., Rome, 1965.
24. Festenstein G. N.: Extraction of proteins from green leaves. *J. Sci. Food Agr.*, 12, 305—312, 1961.
25. Finley J. W., Friedman M.: Chemical methods for available lysine. *Cereal Chem.*, 50, 101—105, 1973.
26. Fofanov W. I., Abakumova I. A.: Ocena odnokletocznych wodoroslej w swiazi z perspektywami ispolzowania ich w kaczestwie istocznika puszczewego bialka. *Woprosy pitania*, 2, 12—16, 1974.
27. Galliver G. B.: Economic and production problems in the development of new protein sources. *Proc. Nutr. Soc.*, 28, 97—102, 1969.
28. Gerloff D., Lima I. H., Stahmann M. A.: Amino acid composition of leaf protein concentrates. *J. Agric. Food Chem.*, 13, 139—143, 1965.
29. Hanczakowski P.: Produkcja i własności koncentratów białkowych z roślin zielonych. *Przem. Ferm. Roln.*, XIV, 10, 25—27, 1970.
30. Hedén C. G.: The potential of microbial food resources. XI International Botanical Congress. All-Congress Symposium World Food Supply. Seattle-Washington, 1969.
31. Henry K. M., Ford J. E.: The nutritive value of leaf protein concentrates determined in biological tests with rats and by microbiological methods. *J. Sci. Food Agr.*, 16, 425—432, 1965.
32. Hollo J., Koch L., Koch B.: Możliwości uzyskania białek i egzogennych aminokwasów z zielonek w Europie Środkowej. *Mat. konf. „Nowe kierunki pozyskiwania i wykorzystywania białka spożywczego. NOT, Warszawa, 21—30, 1971.*
33. Holt S. J.: The Food sources of the ocean. *Sci. Amer.*, 178—194, 1969.
34. Jakubowski J., Poznański S., Bednarski W., Surazyński A.: Wartość biologiczna białek z preparatów paszowych uzyskanych na drodze biosyntezy bakteryjno-pleśniowej. *Przem. Ferm. Rol.*, XVI, 10, 26—29, 1972.
35. Janicki J., Warchalewski J., Sobkowska E., Nowakowska K., Stasińska B.: Skład aminokwasowy białek nasion niektórych roślin oleistych. *Roczniki Technol. Chemii Żywności.*, XXII, 3—4, 251—260, 1972.
36. Kohler G. O., Bickoff E. M.: Leaf protein. Thirt Intern. Congr. Food Sci. and Technol. Washington, 1970.
37. Konbratov A., Byczkov W., Uszakov: Ispolzowanie 50 i 100 g suchoj biomasy odnokletocznych wodoroslej w racjonach pitania czelowieka. *Woprosy pitania*. 25, 9—14, 1966.
38. Krzyczkowski R., Legiecki J.: Wczoraj, dziś i jutro drożdży paszowych. *Przem. Ferm. Rol.*, 7, 12—15, 1974.
39. Lawhon J. T., Lin S. H. C., Rooney L. W., Cater C. M., Mattil K. E.: Utilization of cottonseed whey protein concentrates produced by ultrafiltration. *J. Food Sci.*, 39, 183—187, 1974.
40. Lech W., Wichura K., Łosińska H.: Białko w liściach opadniętych z drzew. *Przem. Ferm. Rol.*, XVI, 2, 20—22, 1972.
41. Lu P. S., Kinsella J. E.: Extractability and properties of protein from alfalfa leaf meal. *J. Food Sci.*, 37, 94—99, 1972.
42. Maheshwari F. R. S.: Botany and the food problem of India. XI International

- Botanical Congress. All-Congress Symposium World Food Supply. Seattle-Washington. 1969.
43. Malanowska J.: Wykorzystanie trocin sosnowych w produkcji drożdży paszowych. *Prace Instytutów i Lab. Bad. Przem. Spoż.*, 22, z. 4, 543—564, 1972.
 44. Oelshlegel F. J. Jr., Schroeder J. R., Stahmann M. A.: Potential for protein concentrates from alfalfa and waste green plant material. *J. Agr. Food Chem.*, 17, 791—795, 1969.
 45. Oke O. L.: Some aspects of amino acid composition of leaf protein. *Ind. J. Nutr. Dietet.*, 8, 319—324, 1971.
 46. Paszkowski A.: Koncentrat białkowy z zielonek. *Przem. Ferm. Rol.*, XVI, 4, 19—20, 1972.
 47. Pirie N. W.: Plants as sources of unconventional protein foods. XI International Botanical Congress. All-Congress Symposium World Food Supply. Seattle-Washington, 1969.
 48. Pogorzelska E.: Próba wykorzystania białek rzepaku jako dodatku do żywności. Praca doktorska, WSR — Olsztyn, 1970.
 49. Popov I. S.: Wartość pokarmowa białka i sposoby jej określania. W zbiorze: „Związki azotowe w żywieniu zwierząt” pod red. U. Świetlikowskiej. 11—37, PWRiL, Warszawa, 1964.
 50. Popov I. S.: Racjonalne skarmianie pasz. W zbiorze: „Związki azotowe w żywieniu zwierząt” pod red. U. Świetlikowskiej. 38—65, PWRiL, Warszawa, 1964.
 51. Popov I. S.: Stosowanie syntetycznych aminokwasów w teorii i w praktyce. W zbiorze: „Związki azotowe w żywieniu zwierząt” pod red. U. Świetlikowskiej, 129—156, PWRiL, Warszawa, 1964.
 52. Popov I. S.: Zawartość aminokwasów w paszach. W zbiorze: „Związki azotowe w żywieniu zwierząt”. pod red. U. Świetlikowskiej, PWRiL, 245—274, Warszawa, 1964.
 53. Potapczyk W.: Od nasienia do nasienia. 279—280. PWN, Warszawa, 1971.
 54. Powell R. C., Nevels E. M., McDowell M. E.: Algae Feeding in humans. *J. Nutr.*, 75, 7—12, 1961.
 55. Poznański S., Bednarski W., Mazur T., Ciećko Z., Pyka M.: Próba wykorzystania bezściółkowego nawozu organicznego do biosyntezy białka przez pleśnie. *Przem. Ferm. Rol.*, XVIII, 3, 25—27, 1974.
 56. Ryś R.: Perspektywy rozwiązania deficytu białka w produkcji zwierzęcej drożdżami węglowodorowymi. *Nowe Rolnictwo.*, 11, 17—22, 1973.
 57. Ryś R.: Zwiększenie produkcji i poprawa wykorzystania białek roślinnych dla celów paszowych. *Nowe Rolnictwo.*, 1, 4—6, 1974.
 58. Saunders R. M., Connor M. A., Booth A. N., Bickoff E. M., Kohler G. O.: Measurement of digestibility of alfalfa protein concentrates by in vivo and in vitro methods. *J. Nutr.*, 103, 530—535, 1973.
 59. Stahmann M. A.: Plant proteins. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 14, 137—158, 1963.
 60. Subba Rao B. H., Ramana K. V. R., Singh N.: Studies on nutritive value of leaf proteins and some factors affecting their quality. *J. Sci. Food Agr.*, 23, 233—245, 1972.
 61. Szkiłładziowa W., Pliszka B., Kaszubski H.: Wartość odżywcza białka glonów. *Rocz. Zakł. Higieny.*, 20, 201—209, 1969.
 62. Tamiya H.: Masowa uprawa glonów. W zbiorze: „Życie i człowiek — Roślina.” 140, PWN, Warszawa, 1966.

63. Wachowicz M., Zagrodzki S.: Białko glonów *Spirulina platensis*. Przem. Spoż., XXVIII, 6, 254—256, 1974.
64. Witkowski Cz., Murawski Z.: Laboratoryjne próby wykorzystania słomy rzepakowej do produkcji drożdży paszowych. Przem. Ferm. Rol., XVII, 4, 27—29, 1973.
65. Witkowski Cz., Nawrotek K.: Skład aminokwasowy i zawartość witamin grupy B w drożdżach wyhodowanych na odpadach z fabryki celulozy w Przechowie. Przem. Ferm. Rol., XVII, 11—12, 8—10, 1973.