

CECYLIA LAURENTOWSKA

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN — Oddział w Bydgoszczy

O METODACH OZNACZANIA NIEKTÓRYCH SKŁADNIKÓW WĘGLOWODANOWEJ FRAKCJI PASZ

Konwencjonalna metoda analizy pasz, jako podstawa do obliczania wartości pokarmowej pasz, jest od dawna krytykowana, gdyż nie daje rzeczywistego obrazu składu chemicznego paszy; dotyczy to szczególnie frakcji węglowodanowej.

Według ogólnie przyjętego schematu Weendeńskiej metody analizy pasz, kompleks węglowodanowy reprezentowany jest przez tzw. surowe włókno i ekstrakt bezazotowy.

Jak dalece konwencjonalny jest ten podział świadczy fakt, że żadna z tych frakcji nie przedstawia sobą ciała ściśle zdefiniowanego zarówno pod względem własności chemicznych, jak i fizjologicznych.

Włókno surowe

Nazwą surowego włókna ogólnie określa się pozostałość wolną od popiołu, otrzymaną przez traktowanie paszy w określony sposób rozcieńczonymi kwasami i ługami o ściśle ustalonej koncentracji. Składa się ono głównie z celulozy, ligniny, hemiceluloz oraz małych ilości kutyny, pektyn i połączeń zawierających azot. A zatem jest to niejednorodne chemicznie ciało, skupiające w sobie grupy niejednakowo zbudowanych połączeń o zupełnie różnych własnościach.

Jeszcze mniej określona ze względu na skład chemiczny jest grupa ekstraktu bezazotowego, pod pojęciem której rozumie się substancje nieuchwytnie tak przy oznaczaniu popiołu, jak i surowego białka, surowego tłuszczu oraz surowego włókna. Oblicza się ją z różnicy, co jest powodem tego, że obok rzeczywiście należących do niej łatwo rozpuszczalnych substancji, takich jak skrobia, cukier oraz kwasy organiczne, wliczane w nią bywają wszystkie błędy powstałe przy oznaczaniu innych grup substancji.

Podział węglowodanów na frakcję surowego włókna i ekstraktu bezazotowego datuje się od chwili opracowania przez Henneberga i Stohmanna (1864) projektu analizy pasz dla określania ich wartości pokarmowej, zwanej metodą Weendeńską. Od czasu opracowania przez nich

pierwszej metody oznaczania surowego włókna zaczynają pojawiać się liczne prace, wśród których zarysowują się dwa ogólne kierunki badań — jeden o charakterze analitycznym, drugi o charakterze żywieniowym.

Owocem tych badań jest między innymi około 50 różnych metod oznaczania surowego włókna oraz szereg sugestii dotyczących modyfikacji oznaczania węglowodanów pasz. Wszystkie znane metody oznaczania surowego włókna są w zasadzie w mniejszym lub większym stopniu zmodyfikowaną metodą Weendeńską. Najpopularniejsze z nich to: metoda Königa (1898) z glicerolem i kwasem siarkowym oraz metoda Scharrera i Kürschnera (1932) z kwasem azotowym, octowym i trójchlorooctowym.

Jak bardzo niewystarczające i niedokładne są te metody świadczy chociażby fakt, że każda z nich daje inną ilość i zupełnie różny skład surowego włókna. Wszystkie jednak pozwalają zgodnie stwierdzić, że to, co rozumiemy pod mianem surowego włókna, pokrywają głównie trzy składniki: celuloza, lignina i pentozany, przy czym część tych składników ulega w trakcie analizy rozpuszczeniu i przechodzi tym samym do ekstraktu bezazotowego.

Ciekawe zestawienie wyników z przeglądu trzech metod oznaczania surowego włókna, a mianowicie: Weendeńskiej, Scharrera — Kürschnera i Puranena — Tomuli przedstawili w pracy na temat: „Badań dotyczących analiz surowego włókna”, Nordfeldt, Svanberg i Claesson (1949). Stwierdzili oni, że powtarzalność wyników dla wszystkich trzech metod jest prawie jednakowa, natomiast procent wyizolowanego włókna waha się w różnych granicach w zależności od rodzaju analizowanej paszy i użytej metody.

Zawartość surowego włókna w sianie oznaczana metodą: Weendeńską 27,23%, Scharrera — Kürschnera 25,17%, Puranena — Tomuli 26,52%.

Zawartość surowego włókna słomy owsianej oznaczana metodą: Weendeńską 44,67%, Scharrera-Kürschnera 41,86%, Puranena — Tomuli 43,92%.

Zawartość surowego włókna paszy celulozowej (Foddercellulose) oznaczana metodą: Weendeńską 81,31%, Scharrera-Kürschnera 91,76%, Puranena — Tomuli 76,40%.

Znaczne również odchylenia w procentowej zawartości surowego włókna uzyskuje się nawet w wypadku stosowania tej samej metody. Andersen (1934 wg Nordfeldta i współpr. 1949) np. podaje, że procentowa zawartość surowego włókna, uzyskana przez sześciu różnych analityków posługujących się tą samą metodą, wahała się w tym samym zakresie w granicach od 22,74 do 26,67%, w tej samej próbie słomy od 31,23 do 33,27%.

Na marginesie należy podkreślić, że w ostatnich czasach coraz więcej badaczy wysuwa wątpliwości co do tożsamości surowego włókna wyizolowanego z paszy i z kału.

Z podanych wyżej wyników wyraźnie widać, że dla uzyskania porównywalnej procentowej ilości surowego włókna w analizowanym materiale należy nie tylko stosować tę samą metodę, ale poza tym należy bardzo dokładnie przestrzegać podanych w metodzie warunków postępowania.

Bardzo ciekawe i charakterystyczne są dane uzyskane przez Nordfeldta i współpracowników (1949) dla chemicznego składu surowego włókna i ekstraktu bezazotowego wyizolowanych z siana i słomy owsianej metodą Weendeńską.

Podają oni dalej, że w surowym włóknie siana wyizolowanym metodą Weendeńską znajduje się 69,29% całej celulozy, 40,60% całej ligniny i 17,75% całych pentozanów. Do ekstraktu bezazotowego przechodzi 30,71% celulozy, 59,40% ligniny, i większość pentozanów, bo aż 82,25%.

W surowym włóknie słomy owsianej natomiast 74,16% całej celulozy, 28,50% całej ligniny, 21,19% całych pentozanów. Do ekstraktu bezazotowego przechodzi 25,84% celulozy, większość ligniny (71,46%) i pentozanów (78,81%).

Jak więc widzimy, surowe włókno oznaczone metodą Weendeńską jest substancją o różnorodnym składzie celulozy, ligniny i pentozanów, który zmienia się w zależności od rodzaju analizowanej paszy.

Z uwagi na to, że żadna z istniejących metod nie izoluje włókna o jednakowym ilościowym składzie celulozy, ligniny i pentozanów i że część tych składników w trakcie analizy rozpuszcza się i przechodzi do ekstraktu bezazotowego, szereg badaczy sugeruje konieczność wprowadzenia zmian do ogólnie przyjętego schematu Weendeńskiej analizy pasz. Andersen np. (1934 wg Nordfeldta i współpr. 1949) proponuje określanie węglowodanów jako skrobi i tzw. pozostałości, którą charakteryzuje jako różnicę od 100 sumy surowego białka, surowego tłuszczu, skrobi, popiołu i wody; Norman (1935) twierdzi, że surowe włókno powinno być zastąpione celulożą i ligniną; Crampton zaś i Maynard (1938) w proponowanej analizie zamiast surowego włókna i ekstraktu bezazotowego wprowadzają celulozę, ligninę i inne węglowodany; Paloheimo (1945)

Tabela 1

Siano		Słoma owsiana	
w procentach surowego włókna			
celuloza	80,11	102,57*)	83,75
lignina	11,51		7,01
pentozały	10,95		11,56
w procentach ekstraktu bezazotowego			
celuloza	20,52	59,68	30,96
lignina	9,75		19,04
pentozały	29,41		45,58

* Nieznaczną nadwyżkę powyżej 100% należy przypisać błędowi oznaczenia.

wysunął propozycję oznaczania zamiast surowego włókna i ekstraktu bezazotowego tzw. składników błony komórkowej i rozpuszczalnych węglowodanów. Podział na cukier + skrobię, holocelulozę i ligninę proponują Popow i Łukaszik (1954) i wreszcie na Wszechzwiązkowej Konferencji Pracowników Instytutów Zootechnicznych w ZSRR w 1952 r. (Nikołajewa 1954) przedstawiono nowy projekt charakterystyki węglowodanów według następujących składników: cukier łącznie ze skrobią, hemicelulozy (pentozany), celuloza, lignina i inne ciała ekstrahujące się.

Najbardziej właściwy i bliski stanowi faktycznemu obraz surowego włókna z chemicznego punktu widzenia dają tzw. składniki roślinnych błon komórkowych. Termin ten coraz częściej zresztą zaczyna pojawiać się w pracach strawnościowych [Tscherniak (1936), Nehring i Laube (1955), Lenkeit i Sieck (1956) itd.]. Obejmuje on główne składniki surowego włókna, tj. ligninę, celulozę i pentozany.

Szerokie zainteresowanie ligniną, celulozą i pentozanami wypłynęło z chęci dokładniejszego poznania chemicznej i fizjologicznej natury surowego włókna. Pociągnęło to za sobą konieczność opracowania metod oznaczania tych składników i trzeba stwierdzić, że dorobek w tej dziedzinie w ciągu niespełna pół wieku jest ogromny. Żadne ze składników pokarmowych nie mogą poszczycić się tak licznymi i w dodatku niedoskonałymi metodami oznaczania co celuloza i lignina, a przede wszystkim ta ostatnia.

Przedstawię kolejno te metody, które opracowane zostały dla analizy pasz, wybierając spośród nich najbardziej rozpowszechnione.

Celuloza

Celuloza w znaczeniu chemicznym jest prostym polisacharydem zbudowanym z polimeryzowanych reszt β -glikozy. Celuloza występująca w stanie naturalnym złożona jest z micelli jak gdyby poprzetykanych bezkształtnymi układami złożonymi z ciał inkrustujących, jak lignina, pektyna i inne, oraz ciałami typu hemiceluloz.

Wszystkie znane dziś metody oznaczania celulozy wywodzą się z dwóch metod klasycznych: metody chlorowania Crossa i Bevana (1911 wg Drucea i Willcoxa, 1949) oraz metody Kürschnera i Hanaka (1930) z mieszaniną kwasu azotowego i octowego.

Zasadą tych metod jest usunięcie wszystkich łatwo rozpuszczalnych substancji przez hydrolizę, a ligniny przez utlenianie. Główna trudność przy oznaczaniu celulozy polega na usunięciu ligniny. Do jej utleniania stosowano już najróżniejsze odczynniki, jak wodę utlenioną [Druce i Willcox (1949), elementarny chlor (Cross i Bevan 1911), Norman i Jenkins (1933), Matrone i współpracownicy (1946)], alkoholowy roztwór

kwasy azotowe (Kürschner i Hoffer 1931 wg Nehringa i Laube, 1955), mieszaninę kwasu azotowego i octowego (Crampton i Maynard, 1938), ale jak dotychczas wszystkie te metody są niedokładne, a przy tym trudne, długotrwałe i pracochłonne. Krytyczne porównanie metod przeprowadzone w 1940 r. przez Hallswortha wykazało, że po pierwsze — celuloza otrzymana jakąkolwiek metodą zmienia się bardzo w swoim składzie chemicznym wraz z materiałem, z którego jest izolowana, i po drugie, że celuloza otrzymana z tego samego materiału, ale różnymi metodami, różni się bardzo nie tylko w swoim składzie, ale również w procentowej zawartości. Jako przykład pierwszego stwierdzenia może posłużyć podany przez Tscherniaka (1936) skład chemiczny tzw. surowej celulozy, nazwanej przez niego „Crossfaser” (w przeciwieństwie do czystej celulozy) oznaczonej metodą chlorowania Crossa i Bevana (1911).

Tabela 2

Pasza	Cross-faser	Lignina	Pentozany	Surowe białko	Czysta celuloza
	w % s.m.				
Sruta pszenna	3,92	18,62	29,84	1,28	50,00
„ kukurydziana	2,80	7,86	23,21	5,36	63,21
„ żytnia	9,74	10,58	31,42	2,05	54,20
„ owsiana	14,99	10,81	23,28	1,33	63,57
Mączka z lucerny	34,54	22,85	27,12	4,78	42,38
Mączka sojowa poekstrakcyjna	6,64	10,09	16,87	3,92	68,82

Dla potwierdzenia drugiego wywodu Hallswortha rozpatrzmy dwie najbardziej rozpowszechnione w doświadczeniach żywieniowych ostatnich lat metody oznaczania celulozy; mianowicie Normana-Jenkinsa (1933), opartą na klasycznej metodzie chlorowania Crossa-Bevana (1911) oraz Cramptona-Maynarda (1938), opartą na metodzie z kwasem azotowym i octowym Kürschnera-Hanaka (1930). Wyniki podane przez Matrone i współpracowników (1940) zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3

Pasza	Crampton-Maynard (1938)	Norman-Jenkins (1933)
	w % s.m.	w % s.m.
Trawa sudańska przed kłoszeniem	27,40	33,97
Siano z owsa	26,82	34,23
Słoma z kukurydzy tetraploidalnej	26,50	32,79
Słoma z kukurydzy diploidalnej	33,00	43,90
Siano z tymotki w pełni rozwoju	33,11	41,72
Siano z lespedezy	30,69	31,90

Jak widzimy, metody te dają wyniki bardzo różniące się między sobą. Różnice wzgłędne w zależności od materiału wynoszą od 4% dla siana z klespedezy do 35% dla słomy z kukurydzy diploidnej.

Przyczyna tych rozbieżności tkwi z jednej strony w niemożliwości całkowitego usunięcia substancji towarzyszących celulozie, stąd też wyizolowana w ten sposób celuloza zanieczyszczona jest zawsze pewnymi ilościami ligniny, pentozanów i heksozanów, z drugiej zaś strony na wahania wpływa też i to, że stosowane przy oznaczaniu celulozy odczynniki działają w pewnym stopniu na samą celulozę. Kwas azotowy np., jak wykazał Lewis-Loughlin (1931, wg Drucea i Willcoxa, 1949), nie tylko nitruje i niszczy ligninę, lecz także w podobny sposób działa na celulozę, zaś w wypadku metod posługujących się tzw. chlorowaniem wytwarza się pod wpływem chloru tzw. oksyceluloza i hydroceluloza.

Trudno powiedzieć, które ze znanych dziś metod są najlepsze; wszystko bowiem zależy od tego, z jakiego punktu widzenia będziemy je rozpatrywali. Jedno można tylko stwierdzić, że bezsprzecznie dla masowych analiz najwłaściwszą wydaje się być metoda Kürschnera i Hanaka (1930) z kwasem azotowym i octowym, która, w przeciwieństwie do bardzo trudnych i długotrwałych metod chlorowych, jest łatwa i szybka w wykonaniu, a równocześnie daje reproduktywne wyniki.

Pentozany

Pentozany stanowią tę część surowego włókna, której poświęcono właściwie najmniej miejsca w badaniach naukowych. Przyczyną tego jest prawdopodobnie to, że stanowią one dokładnie już zdefiniowaną pod względem chemicznym substancję, a przede wszystkim to, że odgrywają one niewielką rolę w żywieniu zwierząt.

Z chemicznego punktu widzenia są to bezwodniki pentoz, głównie arabinozy i ksylozy, które w przeciwieństwie do celulozy i ligniny są dość łatwo rozkładane.

Cechą charakterystyczną pentoz jest ich zdolność przechodzenia w furfurole w czasie destylacji z kwasami mineralnymi. Tę właściwość pentozanów opisaną w 1853 r. przez Völkela wykorzystał do opracowania pierwszej ilościowej metody ich oznaczania Tollens (1838 wg Jaymea i Sartena, 1941). Do tej pory metoda ta w różnych modyfikacjach [metoda Tollensa i Kröbera (1896 wg Wintona, 1945), Kulgrena i Tydena (1929, wg Nordfeldta i współpr. 1949) itd.] dominuje w badaniach naukowych. Zasadą jej jest tworzenie przy pomocy 12% HCl poprzez pentozy tzw. furfurołu i następnie oznaczanie go miareczkowo albo grawimetrycznie przy użyciu floroglucyny, fenylohydrazyny i kwasu barbiturowego. Reakcje te jednak nie przebiegają ilościowo i wyłącznie w tym

kierunku, lecz występują przy tym, zależnie od warunków doświadczenia, reakcje kondensacji i rozkładu. Oprócz pentozanów bowiem zdolność przechodzenia w furfurol w tych warunkach wykazuje szereg innych substancji, jak substancje pektynowe, kwasy uronowe, metylopentozany oraz heksozy, czy też złożone węglowodany, które przez hydrolizę dają heksozy. Z uwagi na powyższe trudności tylko przy zachowaniu ściśle określonych warunków postępowania mogą być otrzymane reproduktywne wartości. Powszechnie panująca metoda Tollensa w latach 40 obecnego stulecia zastąpiona została metodą opracowaną przez Jaymea i Sartena (1941). W metodzie tej do destylacji stosuje się bromowodór i oznacza się wytworzony furfurol miareczkowo albo grawimetrycznie przy pomocy kwasu barbiturowego. Metoda ta określana jest w literaturze jako dająca reproduktywne wyniki.

Lignina

Budowa chemiczna ligniny jest do dziś mało zbadana. Wiadomo o niej między innymi, że charakteryzuje się obecnością grup metoksyłowych i że jest najbardziej odpornym na działanie różnego rodzaju czynników chemicznych i biologicznych składnikiem pokarmowym pasz. Brak dokładnej definicji ligniny uniemożliwia opracowanie zadowalającej i pewnej metody ilościowego jej oznaczania.

Ogólnie metody oznaczania ligniny dzielą się na pośrednie i bezpośrednie. Pośrednie sposoby opierają się na oznaczaniu charakterystycznych grup ligniny, takich jak grupy metoksyłowe, bądź też na charakterystycznych reakcjach ligniny, np. z floroglucyną, czy wreszcie na przeprowadzeniu ligniny do roztworu i oznaczaniu substancji pozostałych w osadzie. Ponieważ metody pośrednie mają dziś raczej znaczenie historyczne, omówione tu będą jedynie metody bezpośrednie.

Cechą charakterystyczną ligniny, wyróżniającą ją spośród innych naturalnych składników pasz, jest jej duża odporność na działanie kwasów mineralnych. Zjawisko to oraz fakt, że polisacharydy, a przede wszystkim celuloza, hydrolizują się pod wpływem stężonych kwasów, wykorzystane zostało do opracowania metod ilościowego oznaczania ligniny. Stosowanie tak mocnych środków, jakimi niewątpliwie są stężone kwasy, pociągnęło za sobą z kolei konieczność zbadania wpływu, jaki mogą one wywierać na substancje nieligninowe i samą ligninę. Stwierdzono, że stężone kwasy nie tylko powodują powstawanie nierozpuszczalnych substancji z produktów hydrolizy, lecz także w pewnym stopniu rozkładają samą ligninę przez odszczepianie od niej niektórych grup charakterystycznych dla ligniny, jak np. grup metoksyłowych. Co kryje się pod terminem nierozpuszczalnych substancji? Wiadomo, że

główną część tkanek roślinnych stanowią polisacharydy, a wśród nich holoceluloza, tj. celuloza, pentozany, heksozany i kwasy poliuronowe. Stąd też przede wszystkim tej grupie substancji poświęcono wiele uwagi przeprowadzając nad nimi szereg badań, wynikiem których było stwierdzenie, że właśnie cukry są głównym źródłem powstających przy użyciu stężonych kwasów substancji nierozpuszczalnych. Dokładne i wyczerpujące wyjaśnienie tego zagadnienia dały wyniki badań Normana i Jenkinsa (1934 wg Braunsa, 1952), według których substancjami tymi z jednej strony są wytwarzane przez kondensację furfurołu i oksymetylofurfurołu z ligniną tzw. żywice fenolowo-furfurołowe, z drugiej zaś powstałe z tegoż furfurołu i oksymetylofurfurołu substancje huminowe. Ponieważ źródłem tworzenia się furfurołu i oksymetylofurfurołu są pentozy i fruktoza oraz cukry dające fruktozę, jak inulina i sacharoza, wobec tego substancje te uznali za główne źródło błędu. Dobrą ilustracją tego zagadnienia są podane w tabeli 4 wyniki ich doświadczenia.

Tabela 4

Wpływ furfurołu na wydajność ligniny

Material	Użyty aldehyd	Ilość aldehydu w ml	Zawartość ligniny w %
0,8 g słomy owsianej	Bez furfurołu	—	17,3
	„	0,025	19,25
	„	0,1	23,3
	„	0,2	26,8

Stopień tworzenia się substancji nierozpuszczalnych z cukrów uzależniony jest oczywiście od stężenia używanego do hydrolizy kwasu oraz od temperatury i czasu, w jakim przebiega reakcja. Müller (1956) np. stwierdził, że przy nieznacznych tylko wahaniach w stężeniu kwasu występują bardzo duże różnice w procentowej wydajności ligniny.

Tabela 5

Próba	H ₂ SO ₄ w % wag.			
	71,00	71,83	73,13	74,15
Pasza	3,93	2,96	2,81	2,78
Kał kurzy	9,91	6,74	5,72	5,00

Ustalenie wpływu działania stężonych kwasów na ligninę było dalszym krokiem naprzód w rozwoju metod jej oznaczania. Zaczęto więc szukać sposobów, które zapobiegłyby tworzeniu się nierozpuszczalnych

„podobnych” ligninie substancji. Uzyskano to wstępną hydrolizą badanego materiału słabymi kwasami, która usuwa większą część pentozanów i innych łatwo rozpuszczalnych węglowodanów.

Wpływ wstępnej hydrolizy na usuwanie substancji przeszkadzających w oznaczaniu ligniny bardzo dobrze obrazuje przykład podany przez Nehringa i Niepage (1954). Lignina oznaczana w lucernie przy pomocy metody Maynarda ze wstępną hydrolizą i metody Kalba bez wstępnej hydrolizy w pierwszym wypadku wynosiła średnio 6,7%, w drugim 24,4%, czyli 4-krotnie więcej. Ta ogromna różnica w procentowej wydajności ligniny wskazuje na to, jak duże znaczenie przy oznaczaniu ligniny, szczególnie w wypadku materiałów bogatych w łatwo rozpuszczalne węglowodany, ma wstępna hydroliza słabymi kwasami.

Tak przedstawiają się w dużym skrócie główne etapy rozwoju metod oznaczania ligniny.

Tabela 6

Zawartość ligniny w procentach suchej masy

Materiał	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
I seria			
Siano	11,33	10,43	8,29
Pasze treściwe	7,13	6,23	5,35
Kały			
Krowa A	23,40	21,84	18,51
„ B	22,06	21,04	17,89
„ C	21,68	20,74	17,42
„ D	22,33	21,55	18,10
II seria			
Siano	11,26	10,27	8,27
Pasze treściwe	6,68	6,07	5,36
Kały			
Krowa A	22,94	21,65	18,84
„ B	22,31	21,07	18,35
„ C	21,47	20,89	18,07
„ D	22,08	20,85	18,24
Współczynniki strawności ligniny			
I seria			
Krowa A	8,7	5,7	2,1
„ B	6,9	1,6	-2,1
„ C	10,6	4,8	3,2
„ D	10,0	3,8	1,2
II seria			
Krowa A	7,4	4,0	-0,7
„ B	9,0	5,7	1,6
„ C	13,1	7,2	4,7
„ D	8,5	5,0	0,5
Srednio	9,3	4,7	1,3

Jak już wyżej wspomniano, metody bezpośredniego oznaczania ligniny opierają się na hydrolizie stężonymi kwasami. W poszczególnych metodach stosuje się różne kwasy o różnym stężeniu, jak stężony lub przekoncentrowany 42% HCl, 66—72% H₂SO₄ oraz mieszaninę obydwu tych kwasów. Spośród tych metod największe praktyczne znaczenie ma scukrzanie polisacharydów przy pomocy stężonego kwasu siarkowego, po raz pierwszy zastosowane przez Osta i Wilkeninga (1910, wg Brynmora i Armstronga, 1949). Najpowszechniej w ostatnich latach stosowanymi metodami opierającymi się na hydrolizie 72% H₂SO₄ są: metoda Normana-Jenkinsa (1934, wg Braunsa, 1952), Cramptona-Maynarda (1938) oraz Ellisa, Matrona, Maynarda (1946). Ponieważ struktura i ciężar molekularny ligniny są wciąż jeszcze nieznanne, trudno jest zdecydować, która z tych metod daje bardziej dokładne wyniki. Należy przy tym podkreślić, że brak metody, przy pomocy której można by oddzielać ligninę w formie czystej i nienaruszonej, odbija się ujemnie na badaniach trawienia ligniny. Jako przykład mogą posłużyć wyniki doświadczeń strawnościowych przeprowadzonych na krowach przez Balcha i współprac. (1954). W doświadczeniu tym ligninę w paszach i kałach oznaczano trzema metodami: 1 — Graya, 2 — Ellisa, Matrona, Maynarda, 3 — Armitagea (tabela 6).

Śledząc literaturę światową można zauważyć, że istnieją jak gdyby dwa obozy zajmujące różne stanowiska w stosunku do tego problemu. Zwolennicy jednego twierdzą, że lignina jest trawiona, przy czym stopień jej strawności zależy od rodzaju materiału roślinnego i od gatunków zwierząt; drudzy utrzymują, że lignina należy do substancji nie trawionych przez zwierzęta i dlatego sugerują wykorzystanie jej jako wskaźnika w badaniach strawnościowych.

Ilustracją tych poglądów mogą być przykładowo podane wyniki niektórych doświadczeń strawnościowych. Tscherniak (1936) w badaniach prowadzonych na kurach uzyskał strawność ligniny od 2% w wypadku skarmiania mączki z lucerny, do 40% — przy żywieniu śrutą kukurydzianą. W doświadczeniach na skopach przy skarmianiu liści buraczanych Lenkeit i Sieck (1956) uzyskali strawność ligniny 55%, Nehring i Laube (1955) — skarmiając zielonkę z lucerny 1—10%, siano z lucerny 8—9%, koniczynę — od wartości minusowej do 4,3%, mieszanek traw z koniczyną 5—13%, zielonkę z żyta 21—32%, mieszanek żyta z wyką 13—32%, słomę jęczmienną 8—21%, słomę żytnią 11—19%, kapustę pastewną od wartości ujemnej do 2,3%.

Przytoczone przykłady wyraźnie wskazują na konieczność wprowadzenia do wszystkich badań strawnościowych nad ligniną, tak jak w wypadku surowego włókna, jednej konwencjonalnej metody, dzięki której można by otrzymać porównywalne wyniki.

Nie można jednak z całą stanowczością twierdzić, że wszystkie istniejące rozbieżności spowodowane są tylko błędami metod. Być może mamy tu do czynienia z różnymi typami ligniny, mającymi różne współczynniki strawności.

LITERATURA

1. Balch D. A., Balch C. C., Rowland S. J.: (1954). The influence of the method of determination of lignin on the lignin ratio-technique for digestibility in the cow. *J. Sci. Food Agric.*, 5, No 12, 584—589.
2. Brauns F. E.: (1952). The determination of lignin. The chemistry of lignin, chapter IV. Academic Press Inc. New York.
3. Brynmor T., Armstrong D. G.: (1949). A study of some methods at present used for the determination of lignin. *J. Agric. Sci.*, 39, No 4, 335—345.
4. Crampton C. W., Maynard L. A.: (1938). The relation of cellulose and lignin content to the nutrition value of animal feeds. *J. Nutr.* 15, 383—393.
5. Druce E., Willcox J. St.: (1949). The determination of cellulose in nutritional studies. I. A new method for the determination of the cellulose. *J. Agric. Sci.*, 39, No 2, 145—152.
6. Ellis G. H., Matrone G., Maynard L. A.: (1946). A 72 percent H_2SO_4 method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *J. Animal Sci.*, 5, No 3, 285—297.
7. Jayme G., Sarten P.: (1941). Über die quantitative Bestimmung von Pentosen und Pentosanen mittels Bromwasserstoffsäure. I. Mitteilung: Ausführung der Bestimmung. *Biochem. Ztschr.* 308, No 2, 109—116.
8. Jayme G., Sarten P.: (1941). Über die quantitative Bestimmung von Furfurol, Pentosen und Pentosanen. II Mitteilung: Fehlerquellen bei der Bestimmung und Bildung des Furfurols. *Biochem. Ztschr.*, 310, No 1—3, 1—27.
9. König J.: (1898): Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Rohfaser in den Futter und Nahrungsmitteln. *Z. Untersuch. Nahrungs- u. Genussmittel.*, 1, 3—16 (Mikrofilm).
10. Kürschner K., Hanak A.: (1930). Determination of cellulose. *Z. Untersuch. Lebensm.*, 59, 484 (Mikrofilm).
11. Lenkeit W., Sieck K. H.: (1956). Veränderung der Zellwandbestandteile (Zellulose, Pentosane, Pektine, Lignin) von Rübenblatt durch die künstliche Trocknung und ihr Einfluss auf Stoffwechselforgänge, nach Versuchen an Schafen. *Archiv. f. Tierern.*, 6, No 6, 331—353.
12. Matrone G., Ellis G. H., Maynard L. A.: (1946). A modified Norman-Jenkins method for the determination of cellulose and its use in the evaluation of feedstuffs. *J. Animal Sci.*, 5, No 3, 306—313.
13. Mueller W. J.: (1956). Feasibility of the chromic oxide and the lignin indicator methods for metabolism experiments with chickens. *J. Nutr.*, 58, No 1, 29—36.
14. Nehring K., Laube W.: (1955). Untersuchungen über die Zusammensetzung der pflanzlichen Gerüstsubstanz in Grün- und Rauhfutterstoffen und ihren Einfluss auf die Verdaulichkeit dieser Futterstoffe. *Archiv. f. Tierern.*, 5, No 4, 177—215.

15. Nehring K., Niepage N.: (1954). Die Bestimmung des Lignins in Futterstoffen. Sonderdruck aus Zeitschrift für Landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen. 1, No 4, 312—327.
16. Nikołajewa M. W.: (1954). Uglewodno-ligninowyj kompleks w kormach i pierewarimost' jowo żywotnymi. Jugo-Wostocznyj Zonalnyj Institut Żiwotnowodstwa i Kormodobywanja, Saratow, 160—162 (mikrofilm).
17. Nordfeldt S., Svanberg O., Claesson O.: (1949). Studies regarding the analysis of crude fibre. Acta Agr. Suecana, III; 2, 135—177.
18. Norman A. G.: (1935). The composition of crude fibre. J. Agric. Sci., 25, 529—540.
19. Norman A. G., Jenkins S. H.: (1933). A new method for the determination of cellulose based upon observations on the removal of lignin and other encrusting materials. Biochem. J., 27, 818—831.
20. Popow I. S., Łukaszik N. A.: (1954). K pieresmotru metodow zootechniczeskowo analiza kormow. Referaty Dokładow T. S. Ch. A., 18, 197—202.
21. Sharrer K., Kürschner K.: (1932). Ein neues rasch durchführbares Verfahren zur Bestimmung der Rohfaser in Futtermitteln. Biederm. Ztrbl., Abt. B, Tierern., 3, 302—310.
22. Tcherniak A.: (1936). Über die Verdaung der Zellwandbestandteile des Futters (Lignin, Pentosane, Zellulose und Rohfaser) durch das Haushuhn. Biederm. Ztrbl., Abt. B, Tierern., 8, 408.
23. Winton A. L.: (1945). The analysis of foods. New York.