

ALINA KOSTELECKA-MYRCHA, ANDRZEJ MYRCHA

Uwagi o metodach badania szybkości przechodzenia treści przez przewód pokarmowy zwierząt

Zakład Badania Ssaków PAN, Białowieża
Kierownik: p. o. dr ZDZISŁAW PUCEK

Poznanie szybkości przechodzenia treści przez przewód pokarmowy zwierząt ważne jest w praktyce hodowlanej, a także nie może być pominięte w badaniach nad metabolizmem. Zagadnieniem tym zainteresowano się stosunkowo dawno, bo już w XVIII wieku, kiedy to *Spallanzani* podjął próbę oceny tempa przechodzenia sałaty i koniczyzny, podając je zwierzętom w rurkach mosiężnych i lnianych woreczkach, które odszukiwał potem w kale.

Ellenberger w 1884 r. (cyt. wg *Koźniewskiego*, 1961), chcąc otrzymać dokładniejszy obraz przebiegu transportu pokarmu, w określonym czasie przed ubojem podawał koniom wraz z karmą kawałki wyjałowionej gąbki. Miało to umożliwić mu ocenę szybkości przechodzenia treści w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego. Oczywiście zarówno rurki i woreczki *Spallanzaniego* jak gąbka *Ellenbergera* nie były wskaźnikami naturalnymi i nie mogły pokazać prawdziwego przebiegu omawianego procesu. Dlatego lepsza wydawałaby się metoda zastosowana przez *Weiskęgo* w 1878 r. (cyt. wg *Honigmanna*, 1936), który karmił gęsi mleczem, po czym nagle zmieniał pokarm na ziarna jęczmienne i obserwował kiedy pojawiają się w kale pierwsze z nich. Gwałtowne zmiany pokarmu nie pozostawały oczywiście bez wpływu na stan fizjologiczny przewodu trawiennego.

Browne (1922) używał jako wskaźnika czerwonego prosa, białego czarnego owsa, które okazały się jednak trudne do zidentyfikowania w kale. Próbował więc w dalszych swoich badaniach barwić chleb magenta, fioletem genjany i błękitem metylenowym. I ten sposób okazał się jednak niedostateczny ze względu na to, że zwierzęta niechętnie jadły zabarwiony pokarm, a przede wszystkim dlatego, że ulegał on odbarwieniu pod wpływem działania soków trawiennych. Nie zdały również egzaminu sadze, zastosowane do znakowania pożywienia przez *Kauppa* i *Iveya* (1923), ponieważ przylegały do błony śluzowej jelit i powierzchownie tylko barwiły kał. Wobec tego autorzy ci spróbowali użyć jako wskaźnika mieszaniny mąki z błękitem metylenowym oraz ziaren kukurydzy, moczonych w roztworze fioletu genjany. Barwniki te, jak się okazało, powodowały jednak zakłócenia w czynnościach przewodu pokarmowego kur, na których eksperymenty przeprowadzali obaj badacze.

Keith, *Card* i *Mitchell* (1927), opierając się na założeniach podobnych jak *Ellenberger* (l.c.), podawali zwierzętom doświadczalne pożywienie w określonym czasie przed zabiciem, badając w ten sposób szybkość przechodzenia treści przez poszczególne odcinki przewodu trawiennego. Metoda ta pozwala niewątpliwie na dokładne poznanie transportu treści pokarmowej, ale niestety nie może być stosowana, ze zrozumiałych względów, w eksperymentach nad zwierzętami gospodarczymi, u których przecież przede wszystkim chcielibyśmy poznać przebieg tego procesu. *Taylor* (1935) znajduje inne rozwiązanie używając do znakowania pokarmu zarodników *Lycopodium* i odszukując je w kale pod mikroskopem. W rok później *Benedict* (1936) stosuje kawałki gumy, które umieszcza w bochenku chleba, podaje słońowi i oznacza czas pojawienia się pierwszych i ostatnich z nich w kale, a *Eden* (1941) znakuje pokarm siarczanem miedzi.

W literaturze można spotkać próby zastosowania metody rentgenologicznej do badań nad układem pokarmowym zwierząt (*Spiridonova*, 1949; *Hill*, 1952 — cyt. wg *Koźniewskiego*, 1961; *Velitshko*, 1956). Metoda ta jednak dotychczas nie dała zadowalających re-

zultatów, ze względu na szkodliwe działanie masy kontrastowej i promieni Roentgena na organizm zwierzęcy.

Wszystkie wyżej opisane próby badania szybkości przechodzenia treści pokarmowej wskazują na to, że poszukiwania badaczy szły głównie w kierunku znalezienia wskaźnika łatwego do zidentyfikowania w kale i jednocześnie najbardziej naturalnego dla zwierzęcia. Wynikiem tych poszukiwań jest metoda barwionego pokarmu, opracowana dopiero w latach trzydziestych XX wieku przez szkołę *Mangolda*. Najlepszymi barwnikami okazały się fuksyna diamentowa i zieleń brylantowa, w których wodnym roztworze moczony przez 2—3 dni pokarm testowy różnicuje się w wodzie z dodatkiem kwasu solnego i alkoholu, a następnie płucze w bieżącej wodzie. Tak zabarwiony pokarm nie odbarwia się w przewodzie trawiennym, a jego resztki dają się łatwo odszukiwać w kale. Metoda ta umożliwiła badania nad szybkością przechodzenia pożywienia naturalnego przez przewód pokarmowy różnych gatunków zwierząt oraz badanie zmian tej szybkości, zależnie od rodzaju pokarmu. Stosując tę metodę *Mangold* (1950), *Lenkeit* (1931), *Lenkeit* i *Habeck* (1930) oraz inni określali początek i koniec wydalania wskaźnika, a także badali ilościowy przebieg tego procesu i wykreślali krzywe obrazujące procent wydalonych resztek w poszczególnych okresach eksperymentu. *Honigmann* (1936) wykonał wiele doświadczeń określając początek i koniec wydalania wskaźnika, a *Balch* (1950) zastosował metodę barwionego pokarmu w eksperymentach na krowach i udoskonalił ją, wprowadzając zamiast długiego moczenia krótkie gotowanie pokarmu w roztworze barwnika. W celu porównywania wyników otrzymanych z eksperymentów na różnych zwierzętach *Balch* (1950) wyrażał liczbę cząstek wydalonych do jakiegoś określonego czasu, jako procent całej ilości wydalonych barwnych resztek i wykreślał krzywe, z których odczytywał czas wydalania 5%, 50% i 80% wskaźnika.

Obecnie ogólnie uznanym i stosowanym jest sposób barwienia pokarmu opisany przez *Castle* (1956). Wprowadzone przez tę autorkę gotowanie w kwasie siarkowym, poprzedzające gotowanie w roztworze barwnika, umożliwia lepsze zabarwienie pokarmu. Dodatkowa modyfikacja, polegająca na dodaniu alkoholu do roztworu barwnika (*Gill*, 1957), umożliwia lepsze różnicowanie zabarwionego pożywienia.

Dla porównywania krzywych, obrazujących wydalanie wskaźnika u różnych gatunków zwierząt, *Castle* (1956) wprowadziła wartość R, będącą miarą średniego czasu zatrzymania pokarmu w przewodzie trawiennym. Wielkość tę oblicza się przez zsumowanie czasów wydalania od 5% do 95% barwnych resztek w przedziałach co 10% (odczytywanych z wykresu) i podzielenie otrzymanej sumy przez 10. Jeżeli R wyrażone jest większą liczbą, to krzywa obrazująca wydalanie jest mniej stroma i odwrotnie. Oczywiście jest, że wartość R może dobrze charakteryzować całą krzywą tylko wówczas, jeśli wskaźnik wydalany jest równomiernie podczas całego eksperymentu. Bardzo to ogranicza możliwość przyjmowania tej wartości do porównań tempa przechodzenia treści przez przewód pokarmowy różnych zwierząt. Wiadomo bowiem, że tempo wydalania wskaźnika u wielu gatunków zmienia się bardzo istotnie w miarę trwania eksperymentu.

Z przedstawionego tu rozwoju metodyki badań nad szybkością przechodzenia treści pokarmowej wynika,

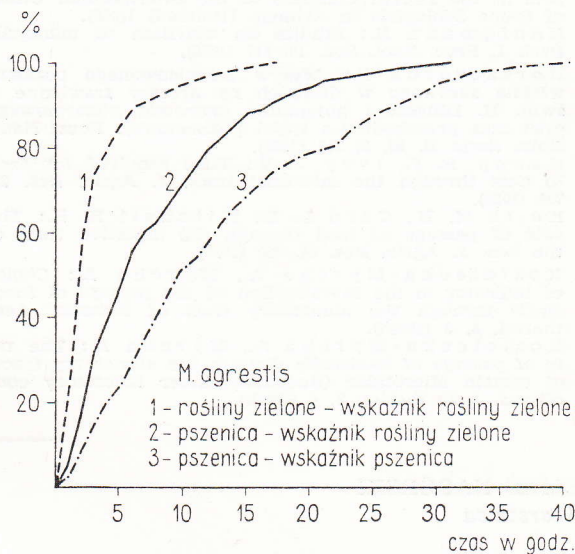
że współcześnie najbardziej fizjologiczną jest metoda barwionego pożywienia.

W świetle wszystkich tych danych, zupełnie nieuzasadnione wydaje się stosowanie nadal jako wskaźnika transportu treści pokarmowej kawałków gumy (Koźniewski, 1961; Horszczaruk, 1962).

Jednak większość autorów badających w ostatnich latach szybkość przechodzenia pokarmu, opiera się na słusznej metodzie barwionego pożywienia, ale niestety stosuje tę metodę bezkrytycznie. Podstawowe założenie tej metody znajdujemy w pracy Lenkeitu i Habecka (1930). Autorzy ci piszą, że podczas całego eksperymentu zwierzę powinno otrzymywać ten sam rodzaj pokarmu, a wskaźnikiem powinna być zabarwiona część tego pożywienia. Nie znaczy to wcale, że w przypadku karmienia zwierząt doświadczalnych pokarmem mieszanym wskaźnikiem może być zabarwiona część tylko jednego ze składników tej mieszanki. Właśnie w ten błędny sposób interpretowali metodę barwionego pokarmu Castle i Castle (1956) oraz Gill w swoich badaniach z 1957 i 1959 r.

Własne eksperymenty (Kostecka-Myrcha, Myrcha, 1964 a) wykazały, że barwione roślinne części roślin, użyte jako wskaźnik transportu treści w przewodzie pokarmowym norników brzośkich (*Microtus agrestis* Linnaeus), karmionych pszenicą i roślinnymi częściami roślin, charakteryzują tylko szybkość przechodzenia pokarmu zielonego. Podobnie barwiona pszenica, będąca wskaźnikiem transportu treści pokarmowej u nornika rudych (*Clethrionomys glareolus* Schreber), karmionych nasionami pszenicy i zielonymi częściami roślin, wskazuje tylko szybkość przechodzenia ziarna. Tak więc, jeżeli wskaźnikiem w naszych doświadczeniach była zabarwiona część jednego ze składników pożywienia mieszanego, otrzymaliśmy dane o transporcie tylko tego jednego

pożywienia. W taki właśnie sposób określali tempo przechodzenia treści pokarmowej Honigmann (1936), Sławiński, Sławoń i Bednarz (1962) oraz Piekarczyk (1963). W tym wypadku mógł zaistnieć krańcowy przypadek zakłócenia wydalania wskaźnika, co również potwierdzają nasze eksperymenty, w których użyliśmy barwionych roślinnych części roślin, jako wskaźnika transportu pszenicy u *Microtus agrestis*. Otrzymane wyniki nie charakteryzują nam bowiem u badanych zwierząt ani szybkości przechodzenia nasion, ani zielonych części roślin (ryc. 2).



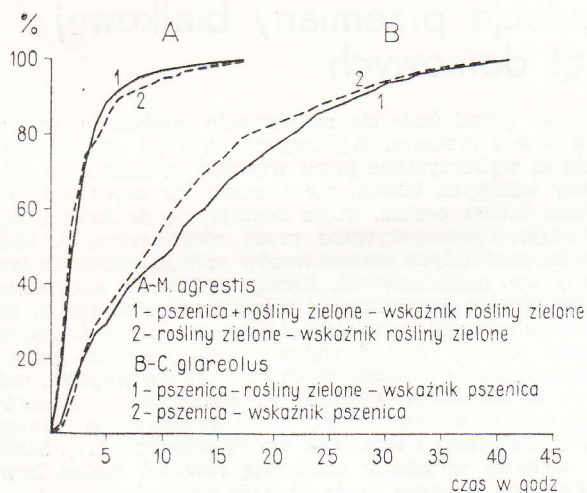
Ryc. 2

Równie poważnym brakiem większości dotychczasowych prac, traktujących o tempie przechodzenia treści w przewodzie pokarmowym, jest zbyt mała ilość zwierząt doświadczalnych, nie pozwalająca na wyprowadzenie wniosków dla badanego gatunku. Dla naszych eksperymentów, przeprowadzonych na kilku gatunkach gryzoni z rodziny norników, *Microtidae* (Kostecka-Myrcha, Myrcha, 1964 b), statystycznie konieczną i wystarczającą ilością okazała się liczba 30 osobników. Nie znaczy to wcale, żeby dopiero równie liczne serie były reprezentatywne dla innych gatunków zwierząt, ale jak wynika z literatury, liczni autorzy pomijają zupełnie zmienność indywidualną, którą przecież zawsze należy uwzględnić przy określaniu ilości zwierząt doświadczalnych. Dlatego też, naszym zdaniem, wyniki eksperymentów przeprowadzanych na zbyt małych seriach osobników, zwłaszcza nie wyrównanych pod względem genetycznym, mogą mieć tylko znaczenie orientacyjne. Nie powinno przyjmować się ich do porównywania tempa transportu treści w przewodzie pokarmowym różnych gatunków zwierząt, a tym bardziej do wykazywania różnic związanych z płcią, ponieważ otrzymywane rozbieżności mogą być zupełnie przypadkowe.

Przedstawiony w tym artykule rozwój metodyki mierzenia szybkości przechodzenia treści przez przewód pokarmowy zwierząt, a także nasze eksperymenty, wskazują na konieczność krytycznego odniesienia się do wyników współcześnie prowadzonych badań nad tym zagadnieniem, przy jednoczesnym uznaniu właściwie pojętej metody barwionego pokarmu za obecnie najbardziej fizjologiczną.

Piśmiennictwo

1. Balch C. C.: Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 1. The rate of passage of food through the digestive tract. Brit. J. Nutr. 4, 361 (1950).
2. Benedict F. G.: The physiology of the Elephant. Washington (1936).
3. Browne T. G.: Some observations on the digestive system of the fowl. J. Comp. Path. and Therap. 35, 12 (1922).



Ryc. 1

składnika mieszanki pokarmowej (ryc. 1). Twierdzenie, że wynikający z naszych eksperymentów wniosek jest słuszny dla wszystkich gatunków zwierząt, byłoby może zbyt śmiałe, niemniej jednak wyniki nasze wskazują na konieczność krytycznego odniesienia się do rezultatów badań autorów, określających tempo przechodzenia pożywienia mieszanego, przez śledzenie losów zabarwionego tylko jednego jego składnika. Ponadto nie pozostaje tu zapewne bez wpływu także skład procentowy mieszanki, i np. przy przewadze jednego z jej składników, tempo przechodzenia wskaźnika może zostać zakłócone i nie dać zupełnie żadnych informacji o transporcie pokarmu doświadczonego.

Tym bardziej błędne wydaje się stosowanie, przy badaniu szybkości przechodzenia jakiegoś pokarmu, jako wskaźnika barwnego zupełnie innego rodzaju

4. Castle E. J.: The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. *Brit. J. Nut.* 10, 15 (1956).
5. Castle E. J., Castle M. E.: The rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. *J. Agric. Sci.* 47, 196 (1956).
6. Eden A.: Studies on the excretion of copper in the rabbit. *J. Agric. Sci.* 31, 145 (1941).
7. Grill J.: Próby oznaczania szybkości przechodzenia treści przez przewód pokarmowy dzikich przeżuwaczy (Jelen — *Cervus elaphus* L., daniel — *Dama* L. i lama — *Lama glama* L.). *Acta Physiol. Polon.* 8, 3—3a, 336. (1957).
8. Grill J.: Die Durchgangszeiten der Nahrung durch den Verdauungskanal des Elches, Alces alces (L.). *Papers of the Fourth Congress of the International Union of Game Biologists in Arnhem (Holland) 1959*.
9. Honigmann H.: Studies on nutrition of mammals Part. I. *Proc. Zool. Soc.* 10, 517 (1936).
10. Horszczaruk F.: Wpływ zróżnicowanego poziomu włókna surowego w dawkach na procesy trawienne u świń. II. Długość i pojemność przewodu pokarmowego oraz czas przechodzenia treści pokarmowej. *Rocz. Nauk Roln. Seria B.* 80, 2, 115 (1962).
11. Kaupp E. F., Ivey J. E.: Time required for food to pass through the intestinal tract. *J. Agric. Res.* 23, 721 (1923).
12. Keith M. H., Card L. E., Mitchell H. H.: The rate of passage of food through the digestive tract of the hen. *J. Agric. Res.* 34, 759 (1927).
13. Kostecka-Myrcha A., Myrcha A.: Choice of indicator in the investigation of the passage of foodstuffs through the alimentary tract of rodents. *Acta theriol.* 8, 5 (1964a).
14. Kostecka-Myrcha A., Myrcha A.: The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tracts of certain Microtidae (Rodentia) under laboratory conditions. *Acta theriol.* 8, 4 (1964b).
15. Koźniewski S.: Oznaczanie czasu przechodzenia treści pokarmowej u koni z trwałymi przetokami jelita ślepego. *Med. Wet.* 17, 4 (1961).
16. Lenkeit W.: Die Durchgangszeiten der Nahrung u. der Verlauf der Ausscheidung durch den Verdauungskanal der Schweinen. *Arch. f. Tierernähr. u. Tierz.* 5, 376 (1931).
17. Lenkeit W., Habeck R.: Zur Bestimmung der Durchgangszeiten den Verdauungskanal versch. edener Tiere. *Arch. f. Tierernähr. u. Tierz.* 2, 517 (1930).
18. Mangold E.: Die Verdauung bei den Nutztieren. *Akademie Verl.* 1—108. Berlin (1950).
19. Piekarz R.: Wpływ koprofagii na czas przechodzenia treści przez przewód pokarmowy królika domowego. *Acta Physiol. Polon.* 14, 3, 359 (1963).
20. Sławiński T., Bednarz M., Sławon J.: Wstępne badania nad transportem treści pokarmowej u lisów srebrzystych (*Vulpes vulpes* L.) i u lisów niebieskich (*Alopecurus logopus* L.). *Rocz. Nauk Roln. Seria B.* 80, 2, 187 (1962).
21. Sławiński T., Sławon J., Bednarz M.: Transport treści pokarmowej u norek (*Mustella vison* Schreb.). *Rocz. Nauk Roln. Seria B.* 80, 2, 169 (1962).
22. Spiridonova K. A.: Opyt rentgenovskogo issledovaniia zeludocnokisecznego trakta i fizjologii pischevarenija u krota — *Talpa europaea* L. *Zoll. Zurn.* 28, 4, 382 (1949).
23. Taylor E. L.: A useful indicator for the passage of food through the alimentary tract of animals. *Nature*, 135, 434 (1935).
24. Velitshko A. M.: O primenenii rentgenoskopiceskogo metoda issledovaniia skorosti prohodzenia pisci u gryzunov. *Uc. Zap. Len. ngr. Ped. In-ta. F-t. estestvozn.* 19, 5, 161 (1956).

Adres autorów: Alina Myrcha i Andrzej Myrcha — Białowieża, pow. Hajnówka, ul. Stoczek 1b. Zakład Badania Ssaków PAN.

FELIKS NAGÓRSKI

Warszawa

Białka krwi i ich znaczenie w organizmie zwierząt domowych.

II. Przemiana białek krwi. Regulacja przemiany białkowej we krwi u zwierząt domowych

1. Przemiana białek krwi.

Przemiana białek krwi jest ściśle związana z przemianą białkową całego organizmu i dlatego nie można jej rozpatrywać odrębnie, bez uwzględnienia przemiany białka pokarmowego i białka tkankowego.

W przemianie białkowej organizmu, przemiana białek krwi zajmuje jednak miejsce centrane, dzięki ściśnemu powiązaniu z przemianą białkową wątroby i innych tkanek organizmu. Poznanie zatem przemiany białek krwi daje możliwość zorientowania się co do ogólnej przemiany białkowej całego organizmu. Podstawowym źródłem białek krwi jest białko pokarmowe. Pierwszy eksperyment w tym kierunku był przeprowadzony w 1918 r. przez Kerra i wsp. (cyt. wg Whipplea), który wykazał, że wzrost białka we krwi jest zależny od żywienia. Stosowanie diety niskobiałkowej u psów powodowało obniżenie poziomu białka osocza i hemoglobiny i odwrotnie dieta wysokobiałkowa zwiększała ilość białka całkowitego krwi i hemoglobiny.

Kola wątroby w przemianie białek krwi. Białko pokarmowe pod wpływem fermentów ulega w przewodzie pokarmowym rozszczepieniu na aminokwasy, które zostają wchłonięte do krwi i przez żyłę wrotną dostają się do wątroby.

Wątroba jest w stanie przyjąć duże ilości aminokwasów ze krwi aby je następnie zużytkować do budowy i przebudowy białka. Nawet po częściowej hepatektomii pozostała część wątroby jest zdolna wychwycić z żyły wrotnej aminokwasy wchłonięte z przewodu pokarmowego. Także stosunkowo ciężkie uszkodzenie wątroby przez zatrucie fosforem albo czterochlorkiem węgla nie wpływa wyraźnie na wychwytywanie ze krwi aminokwasów. Dopiero dawki śmiertelne trucizny proces ten hamowały i powodowały na

krótko przed śmiercią zwiększenie wydalania aminokwasów z moczem. Wychwycone z krwi aminokwasy nie są wykorzystane przez wątrobę wyłącznie do syntezy własnych białek, ale znaczna ich część jest źródłem białek osocza, które dostają się do krwi i stąd zostają wykorzystywane przez różne narządy. Małe ilości pozostałych aminokwasów zostają zużyte do syntezy kw. nukleinowych, kreatyny. Resztki aminokwasów ulegają dezaminacji i zawarty w nich azot w postaci amoniaku przechodzi do syntezy mocznika. Szybkość odnowy białek wątroby oznaczona za pomocą aminokwasów znakowanych okazuje się większa, aniżeli w większości pozostałych narządów. U szczurów np. połowa białek wątroby ulega wymianie po 7 dniach (Schoenheimer i wsp., cyt. wg Flaschenträgera). Stałej i szybkiej wymianie podlegają również białka krwi. Wymiana ta może nastąpić bądź po uprzednim rozbięciu cząsteczki białkowej i odbudowy jej na nowo, bądź też wymiana ta następuje bez uprzedniego rozbięcia cząsteczki. Zarówno w przebudowie cząsteczki białkowej, jak też i w syntezie białek krwią wątroba bierze czynny udział.

Za taką bezpośrednią wymianą między wątrobą a krwią przemawiają badania *Kaplańskiego* i wsp., którzy po rozdzieleniu ekstraktów wątroby za pomocą elektrolizy otrzymali podobne frakcje białkowe, jakie występują w surowicy krwi (albumina, alfa-, beta- i gammaglobuliny). Wątroba reguluje poziom białek krwi w sposób dwójaki. Po pierwsze, w warunkach prawidłowych syntetyzuje z aminokwasów pokarmowych albuminy, fibrynogen, protrombiny i część globulin osocza. Z drugiej strony, przy obniżeniu poziomu tych białek w osoczu, z przyczyn nie związanych z uszkodzeniem wątroby (krwotoki, głodzenie), białka te przechodzą szybko do krwi, wyrównując w ten sposób niedobór. Ta kompensacja jest niezupełna, je-