

Irena KRÓLIKOWSKA-PRASAŁ, Włodzimierz MATYSIAK,
Leszek CHRÓST, Ewa KIFER-WYSOCKA,
Jadwiga ROMANOWSKA-SARLEJ

Badania soku żołądkowego zwierząt karmionych paszą z zawartością popiołów elektrownianych i pyłów lessowych

An Experimental Study of the Gastric Juice in Animals Fed with Fodder Containing Power Plant Ashes and Loess Dusts

Sposób żywienia i zróżnicowanie składu pożywienia zapewniają prawidłowy przebieg przemian ustrojowych. Stąd też duże znaczenie w hodowli zwierząt mają mieszanki paszowe, które decydują o stanie ich zdrowia i odpowiednim rozwoju (8, 9, 13).

Trawienie składników pokarmowych zależy między innymi od składu soku żołądkowego oraz *pH*. Regulacja pobudzenia i hamowania wydzielania elektrolitów w soku żołądkowym jest niezbędna do zachowania równowagi kwasowo-zasadowej w przewodzie pokarmowym. Odpowiedni skład elektrolitów i odpowiednie stężenie jonów wodorowych w soku żołądkowym zapewniają właściwe *pH*, konieczne do prawidłowego działania enzymów żołądkowych, np. pepsyny wytwarzanej przez komórki główne gruczołów żołądka (2, 4, 16).

Celem badań było poznanie wpływu dodatku w diecie popiołu elektrownianego (z węgla kamiennego) na odczyn soku żołądkowego, jak również na przyswajalność przez ustrój zwierzęcy poszczególnych pierwiastków, zależną od tego czynnika. W eksperymencie użyto ponadto lessu, tj. tworzywa geologicznego o podobnym do popiołu uziarnieniu i o podwyższonej (jak w przypadku popiołu) zawartości wapnia, lecz o niższej koncentracji innych pierwiastków, w tej grupie również metali ciężkich.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie prowadzono na 48 szczurach, samcach rasy Wistar, o masie ciała 200—250 g. Zwierzęta podzielono na 2 grupy doświadczalne i 1 grupę kontrolną. Zwierzętom grupy I doświadczalnej podawano paszę z dodatkiem popiołu, zawierającą 30% popiołu elektrownianego pochodzącego z 8 elektrowni opalanych węglem kamiennym, w okresie 26 dni w ilości 25 g na zwierzę w ciągu 1 dnia. W grupie II doświadczalnej zwierzętom podawano paszę z zawartością 30% pyłu

lessowego również w ciągu 26 dni i w ilości 25 g na zwierzę. Less pobrano z wykopu o głębokości 3 m (losowy wybór lokalizacji); poza naturalnymi składnikami nie zawierał on zanieczyszczeń przemysłowych i innych. Pył lessowy w eksperymencie żywieniowym pełnił jedynie rolę tzw. balastu wypełniającego w paszy objętość zajmowaną przez popiół (w grupie I doświadczalnej). Chodziło o uchwycenie ewentualnych zmian związanych z niedożywieniem przy wypełnionym żołądku zwierząt doświadczalnych. Zwierzęta grupy kontrolnej otrzymywały paszę LSM (kontrolną), bez dodatku popiołu bądź lessu, w sposób identyczny jak w grupach doświadczalnych.

Zwierzętom grup doświadczalnych i grupy kontrolnej badano odczyn (pH) soku żołądkowego uniwersalnym papierkiem lakmusowym w 12 godz. po zaaplikowaniu przewidzianej eksperymentem diety. Odczyn soku żołądkowego badano również potencjometrycznie. W tym celu po rozcieńczeniu soku żołądkowego wodą demineralizowaną w stosunku 1:10, przetrzymywano go przez 24 godz. w temp. 20°C, przesączono i następnie przeprowadzono oznaczenie pH w płynie nad osadem. W przygotowanym roztworze soku żołądkowego, znajdującym się nad osadem, oznaczano zawartość 11 pierwiastków metodą AAS na spektrometrze absorpcji atomowej typu 305 Perkin Elmers.

Dodatkowo przeprowadzono oznaczenia zawartości wapnia w roztworze nadosadowym mieszaniny 0,5% HCl z różnymi popiołami.

WYNIKI BADAŃ

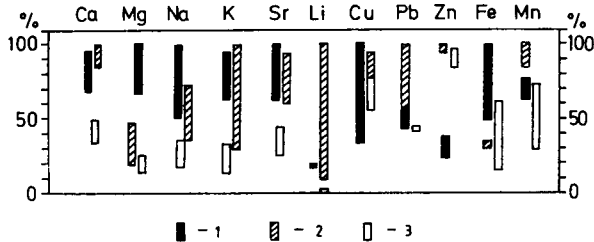
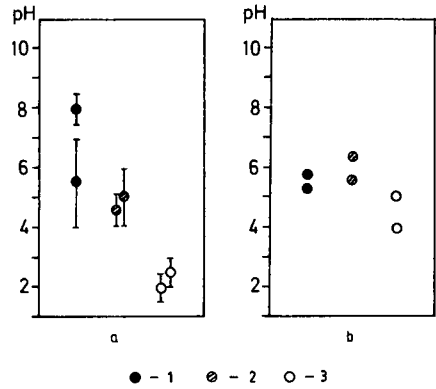
Przeprowadzono badania pH treści żołądkowej u szczurów karmionych paszą z dodatkiem popiołu i paszą z dodatkiem lessu. Wyniki przedstawiono na ryc. 1a. Stwierdzono wzrost pH , czyli spadek kwasowości soku żołądkowego u zwierząt karmionych paszą z dodatkiem popiołów elektrownianych. Wahalo się ono w granicach $pH = 5,5$ — $8,0$. Natomiast u zwierząt karmionych paszą z dodatkiem pyłów lessowych wzrost odczynu był mniejszy, $pH = 4,4$ — $5,0$, a w grupach kontrolnych $pH = 2,0$ — $2,5$.

Podobne wyniki uzyskano, gdy uprzednio rozcieńczono sok żołądkowy wodą demineralizowaną (pH wody 5,6) i oznaczano pH po 24 godz. w płynie nad osadem (ryc. 1b). Wzrost odczynu stwierdzono u zwierząt, które otrzymywały paszę z dodatkiem popiołu — grupa I ($pH = 5,5$ — $6,0$), jak również u zwierząt otrzymujących paszę z dodatkiem lessu — grupa II ($pH = 5,5$ — $6,5$). U zwierząt grupy kontrolnej natomiast pH wahalo się w granicach 3,5—5,0.

W soku żołądkowym przygotowanym do badań odczynu oznaczano zawartość pierwiastków w przesączu rozcieńczonym wodą demineralizowaną zarówno u szczurów karmionych paszą zawierającą popiół, jak też u tych, które karmiono paszą z dodatkiem lessu. Wyniki te porównywano z zawartością pierwiastków w przesączu grup kontrolnych (ryc. 2). Stwierdzono wzrost zawartości pierwiastków, takich jak: Cu, Mg, Na, Fe, oraz spadek Pb i Zn w soku żołądkowym zwierząt karmionych paszą z dodatkiem popiołu w porównaniu do zwierząt karmionych paszą z dodatkiem lessu. Zawartość większości pierwiastków w grupie kontrolnej była niższa niż w obu grupach doświadczalnych. W próbach pobranych z soku żołądkowego zwierząt karmionych paszą z dodatkiem popiołu zauważono największy udział Na, Cu i Fe. Natomiast w soku zwierząt

Ryc. 1. Odczyn soku żołądkowego zwierząt (szczurów) karmionych paszami: 1 — popiołową, 2 — glebową (less), 3 — kontrolną (LSM); a — po rozmrożeniu prób odczyn określono papierkiem wskaźnikowym, b — po 24 godz. od rozcieńczenia soku żołądkowego wodą demineralizowaną (w stosunku 1:10) w temp. 20°C (*pH* wody demin. = 5,6)

Gastric juice reaction in animals (rats) fed with fodder containing: 1 — ashes, 2 — loess dusts, 3 — control (LSM); a — after defrosting the samples reaction was determined with indicator paper, b — 24 hrs after diluting gastric juice with demineralized water in 1:10 ratio, temperature 20°C (*pH* of demineralized water = 5.6)



Ryc. 2. Porównanie zawartości 11 pierwiastków w przesączu rozcieńczonego wodą demineralizowaną soku żołądkowego (w stosunku 1:10) szczurów karmionych paszami: 1 — popiołową, 2 — glebową (less), 3 — kontrolną (LSM). Widoczny wzrost zawartości Ca, Mg, Na, Fe przy spadku Pb i Zn w soku żołądkowym z dodatkiem popiołu w porównaniu do soku zawierającego less wskazuje na istotny wpływ zmiany odczynu soku żołądkowego na migracyjność z paszy oznaczanych pierwiastków

Comparison of the content of 11 chemical elements in the filtrate of gastric juice diluted with demineralized water (1:10 ratio) in rats fed with fodder containing: 1 — ashes, 2 — loess dusts, 3 — control (LSM). Evident increase of Ca, Mg, Na, Fe content and decrease of Pb, Zn content in the gastric juice with ashes as compared with the loess containing gastric juice indicates a significant effect of gastric juice reaction change on migration character from the fodder of the determined elements

karmionych paszą z dodatkiem lessu największe wartości wykazywały pierwiastki K, Li i Pb. Zmiany zawartości pierwiastków w fazie płynnej soku żołądkowego w zależności od jego odczynu (*pH*) wskazują na różną przyswajalność pierwiastków z paszy, niezależnie od całkowitej zawartości pierwiastka w soku żołądkowym (tab. 1).

DYSKUSJA

Liczne badania doświadczalne wskazują, że stosowanie składników mineralnych jako dodatku do pasz może wpływać korzystnie na wzrost organizmu i przebieg procesów metabolicznych w narządach wewnętrznych (2, 7, 10, 11, 17).

Tab. 1. Porównanie całkowitej zawartości pierwiastków w oznaczonych próbach
Comparison of the total content of elements in the determined samples

Pierwiastek	Czyste gleby pylaste	Popiół lotny	Popiół z cyklonów i żużel	Gleby Górno- śląskiego Okręgu Przemysłowego
	uziarnienie 35 ± 2	uziarnienie 34 ± 2	uziarnienie 86 ± 5	uziarnienie 46 ± 3
Na	1,0 ± 0,8	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,50	0,3 ± 0,05
K	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,3 ± 0,03	0,8 ± 0,10
Mg	1,0 ± 0,5	2,1 ± 0,3	2,3 ± 0,10	0,6 ± 0,07
Ca	1,0 ± 0,4	1,6 ± 0,3	1,7 ± 0,20	0,4 ± 0,09
Fe	1,0 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,06	0,6 ± 0,06
Mn	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,6 ± 0,06	1,3 ± 0,10
Zn	1,0 ± 0,5	2,3 ± 0,5	3,8 ± 0,30	11,1 ± 4,00
Cu	1,0 ± 0,5	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,40	1,2 ± 0,10
P	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,2	0,9 ± 0,09	1,3 ± 0,20
As	1,0 ± 0,5	1,6 ± 0,4	0,6 ± 0,10	1,3 ± 0,10
Cl	1,0 ± 0,3	4,9 ± 1,1	14,3 ± 9,30	0,7 ± 0,30
Al	1,0 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,5 ± 0,03	0,7 ± 0,10
Cr	1,0 ± 0,2	2,5 ± 0,4	2,1 ± 0,10	0,9 ± 0,10
Pb	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,3	0,8 ± 0,20	16,7 ± 0,80
Cd	1,0 ± 0,2	0,1 ± 0,1	1,4 ± 0,20	1,0 ± 1,30
Ni	1,0 ± 0,6	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,10	0,7 ± 0,06
Co	1,0 ± 0,4	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,20	0,8 ± 0,05
F	1,0 ± 0,2	3,4 ± 0,4	2,3 ± 0,90	1,3 ± 0,03
S	1,0 ± 0,5	6,0 ± 1,1	10,0 ± 1,80	0,9 ± 0,30

Uwaga: Dane podano w wartościach względnych; uziarnienie — w „efektywnych średnicach ziaren ziarnistej frakcji”, średnie arytmetyczne i błędy standardowe tych średnich. Liczba 1,0 odpowiada wartościom suchej masy w mg/kg:

Note: The data given in relative values; graining in "effective diameters of granular fraction grains", arithmetic mean and standard errors of these means. The number 1.0 corresponds to the values of dry mass in mg/kg:

Na — 500	Fe — 22 620	P — 1082	Cr — 12,50	Co — 5,3
K — 2714	Mn — 322	As — 3,1	Pb — 9,80	F — 22
Mg — 3170	Zn — 54	Cl — 31	Cd — 0,54	S — 282
Ca — 7695	Cu — 16,4	Al — 30 646	Ni — 5,50	

Jednak nadmierne ilości popiołów i zawartych w nich pierwiastków metali ciężkich mogą mieć ujemny wpływ na cały ustrój (5, 12, 13, 15, 18).

Pokarm jest jedynym źródłem energii i substancji koniecznych do budowy oraz funkcjonowania komórek, tkanek i narządów. Stąd też pobierany pokarm winien być bogaty w różne składniki zarówno organiczne, jak i mineralne. Związki mineralne muszą być stale pobierane z pokarmem, gdyż organizm ma małe zdolności ich magazynowania. Mają one znaczenie budulcowe i są konieczne do powstawania potencjałów czynnościowych w komórkach, jak również do syntezy hormonów i enzymów (5, 7, 13). Część soli mineralnych może dostarczyć do organizmu popiół zawarty w paszach stosowanych do karmienia zwierząt. Implikacje jego wpływu w odniesieniu do metabolizmu tkankowego mogą być dodatnie lub ujemne w zależności od spektrum pierwiastkowego (13).

W badaniach analizowaliśmy wpływ zawartych w paszach popiołów elektroenergetycznych i lessu na zmianę kwasowości (pH) soku żołądkowego. Wiąże się to ze stopniem wchłaniania składników paszowych, a zatem soli mineralnych, przez błonę śluzową żołądka. Zwrócono uwagę na wzrost pH soku żołądkowego u zwierząt karmionych paszami z dodatkiem popiołu (pH w granicach 5,5—8,0); mniejszy wzrost pH występował u zwierząt karmionych paszą z dodatkiem pyłu lessowego w porównaniu ze zwierzętami kontrolnymi i wahał się w granicach 4,5—5,0. Wskazuje to na alkalizację soku żołądkowego po spożyciu przez zwierzęta paszy z dodatkiem popiołu i lessu.

Z przeprowadzonych wielu badań wynika, iż błona śluzowa żołądka, a ściślej mówiąc — zawarte w gruczołach komórki okładzinowe wydzielają kwas solny o określonym stężeniu i proces ten umożliwia przenikanie jonów H^+ ze światła żołądka do krwi oraz jonów Na^+ w kierunku przeciwnym (3, 16). Wydzielanie żołądkowe zależy od obrazu morfologicznego błony śluzowej, jej grubości, liczby komórek okładzinowych oraz stanu aktywności tych komórek (14, 19). Wydzielanie soku żołądkowego znajduje się pod kontrolą wielu mechanizmów, głównie neuroprzekazników autonomicznego układu nerwowego, acetylocholin, hormonów i pokarmu. Składnikami odgrywającymi podstawową rolę w procesie trawienia są enzymy, kwas solny i śluz.

Istnieje ścisła korelacja pomiędzy strukturą i czynnością wydzielniczą błony śluzowej żołądka. Dużą rolę odgrywa też stan aktywności wydzielniczej poszczególnych komórek nabłonka i gruczołów żołądka oraz stała równowaga między czynnością obronną błony śluzowej i aktywnością trawienną soku żołądkowego. Równowaga ta może ulec zaburzeniu pod wpływem różnych czynników, między innymi popiołu z węgla kamiennego lub cząstek lessu znajdujących się w paszach. Zmiana pH soku żołądkowego, obserwowana u zwierząt, wpływa, jak się wydaje, na stopień przyswajalności niektórych pierwiastków zawartych w paszy i ma związek z kwasowością soku żołądkowego.

Zwrócono uwagę, że dym tytoniowy odpowiada koncentracji substancji ulatujących z elektrowni przewodami kominowymi (1), dlatego osłabia on niektóre mechanizmy chroniące integralność błony śluzowej żołądka, dając przewagę czynnikom destrukcyjnym nad ochronnymi (6, 8).

Przechodzenie jonów H^+ drogą dyfuzji z treści żołądkowej do krwi jest zastępowane na drodze wymiany przez jony Na^+ ; ta dyfuzja wymienna stanowi regulację wewnątrzżołądkowego pH (2). Po uszkodzeniu błony śluzowej żołądka następuje przyspieszona wędrówka jonów H^+ ze światła żołądka do krwi, co pociąga za sobą zwiększone przenikanie K^+ i Na^+ ze śluzówki do światła żołądka. Uszkodzająco na barierę elektrolitową śluzówki może działać HCl o wysokim stężeniu (15).

Przeprowadzona analiza pierwiastków przechodzących do treści żołądkowej wskazuje, że znajdują się w niej zwiększone ilości Cu , Mg , Na i Fe u zwierząt

karmionych paszą z dodatkiem popiołu z węgla kamiennego, natomiast zmniejsza się stężenie Zn i Pb. U zwierząt karmionych paszą z dodatkiem lessu następuje wzrost stężenia K, Li i Pb w treści żołądkowej. Badania wykazują, że kumulacja pierwiastków śladowych w treści żołądkowej zależy od wielu czynników.

W n i o s k i

1. U zwierząt karmionych paszą z dodatkiem popiołu z węgla kamiennego nastąpił największy wzrost *pH* soku żołądkowego.

2. Zmiana odczynu (*pH*) soku żołądkowego ma istotny wpływ na przyswajalność pierwiastków z paszy przez śluzówkę żołądka.

3. Wykazano wzrost stężenia Mg, Na, Cu i Fe oraz spadek Pb i Zn w soku żołądkowym u zwierząt karmionych paszą z dodatkiem popiołu z węgla kamiennego.

4. Istotną rolę implikującą zmianę odczynu soku żołądkowego odgrywiają jony wapnia.

5. Uzyskane wyniki wskazują na ogólną tendencję z jednej strony do blokowania przez związki wapnia przyswajania z paszy metali ciężkich, z drugiej zaś do dużej przyswajalności pierwiastków korzystnych dla organizmu zwierząt w przypadku występowania w paszy zarówno jednych, jak i drugich. Rozstrzygające dane dotyczące tego problemu przyniosą dalsze eksperymenty i analizy chemiczne tkanek zwierząt poddanych doświadczeniu żywieniowemu, które obejmą kolejne 3 pokolenia zwierząt.

PIŚMIENICTWO

1. Chróst L.: Metodologiczne aspekty badań chemicznego wpływu popiołów lotnych i żużli z węgla kamiennego na gleby. Biuletyn ZPBE „Energopomiar” 2, 63, 1990.
2. Code C. F.: The Physiology of Gastric Secretion. Baltimore 1968.
3. Davenport H. W.: Destruction of the Gastric Mucosal Barrier by Detergent and Urea. Gastroenterology 54, 175, 1968.
4. Gindzieński A.: Wydzielanie, skład i struktura śluzu żołądkowego. Post. Hig. Dośw. 38, 323, 1984.
5. Gościcki J., Woźniak H., Więcek E.: Biologiczne działanie pyłów przemysłowych. [w:] Studia i materiały monograficzne. IMP, Łódź 1982.
6. Jonderko K., Nowak A.: Palenie papierosów a patofizjologia chorób układu trawiennego. Pol. Arch. Med. Wewn. 84, 144, 1990.
7. Kondo K. i wsp.: Effect of Zeolites of Calf Growth. Chikusan Nokenikyn. 23, 987, 1969.
8. Konturek S. J. i wsp.: Effect of Nicotine on Gastrointestinal Secretions. Gastroenterology 60, 1098, 1971.
9. Królikowska-Prasał I. i wsp.: Morphologische Beurteilung und Analyse von Spurenelementen in der Leber von Ratten, die mit Kraftwerk-Aschen enthalten dem Futter gefüttert wurden. Gegenbaurs morph. Jahr. 136, 565, 1990.

10. Królikowska-Prasał I. i wsp.: Badania behawioralne zwierząt laboratoryjnych w eksperymencie żywieniowym. Roczn. Państw. Zakł. Hig. (w druku).
11. Królikowska-Prasał I. i wsp.: Wpływ diety zawierającej pyły glebowe na obraz morfologiczny wątroby szczurów doświadczalnych. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sectio D **45**, 195, 1990.
12. Mumpton F. A., Fishman P. H.: The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Agricultures. J. Anim. Sci.
13. Nikonorow M.: Toksykologia żywności. PZWL, Warszawa 1979.
14. Soto M. i wsp.: Histochemistry and Elemental Composition of Stomach Cells in *Littorina littorea* (L). Folia Histochem. Cytobiol. **28**, 239, 1990.
15. Stetkiewicz J., Stetkiewicz I.: Diagnostyczne kryteria patomorfologiczne stosowane w badaniach eksperymentalnych ze szczególnym uwzględnieniem toksykologii. Zwierzęta Lab. **24**, 101, 1987.
16. Stolfa T., Konturek S.: O tak zwanej barierze elektrolitowej błony śluzowej żołądka. Pol. Arch. Med. Wewn. **48**, 195, 1972.
17. Strzelelski J. i wsp.: Wpływ zeolitów i pyłów dymnicowych na niektóre wskaźniki przemiany azotowej i węglowodanowej u opasanych buhajów. Roczn. Nauk Zool. **12**, 153, 1985.
18. Woźniak H., Maciejewska A., Blichowska-Cybuła G.: Wrażliwość szczurów różnej płci na niektóre pyły o działaniu zwłókniającym. Zwierzęta Lab. **24**, 131, 1989.
19. Yeomans N. D., Millor S. J.: Effect of Tobacco Smoke Condensate on Mucus, Protein and DNA Syntheses in Cultured Antral Mucosa. Aust. N. Z. J. Med. **10**, 590, 1980.

Otrzymano 1992.02.12.

S U M M A R Y

Normal metabolism, regulation of stimulation and checking of electrolyte secretion in the gastric juice depend on the way of feeding and its nutritional ingredients. Feeding experimental animals with fodder containing power plant ashes or loess dusts causes a change in the gastric juice reaction, thus resulting in a different assimilability of elements contained in the fodder. There was shown an increase of some elements content (Mg, Na, Cu, Fe), a decrease in the content of some others (Pb, Zn) in the gastric juice and a positive tendency for blocking by calcium ions of heavy metals contained in the fodder by the mucous membrane of the stomach.

