

# WPŁYW ZABURZEŃ METABOLICZNYCH NA CHOROBY GRUCZOŁU MLEKOWEGO

**Sebastian Smulski**

*Katedra Chorób Wewnętrznych i Diagnostyki Wydziału Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach  
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu  
eMastitis.pl*



## The impact of metabolic disorders on mammary diseases

*The aim of this article is to present the complex and bidirectional relationships between metabolic disorders and the occurrence of inflammation of the mammary gland (mastitis) in dairy cows, with particular emphasis on ketosis and subclinical ruminal acidosis (SARA).*

**Keywords:** dairy cattle, mastitis, metabolic disorders, ketosis, SARA.



Zaburzenia metaboliczne stanowią grupę schorzeń związanych z zakłóceniem prawidłowego przebiegu procesów metabolicznych w organizmie. Ich przyczyną są wieloczynnikowe i obejmują uwarunkowania genetyczne zmiany hormonalne, błędy żywieniowe, współistniejące choroby oraz wpływ środowiska. Utrzymanie równowagi metabolicznej jest kluczowe, ponieważ jej zaburzenie może skutkować poważnymi następstwami zdrowotnymi, a także obniżeniem wydajności produkcyjnej zwierząt gospodarskich (9).

W piśmiennictwie podkreśla się istnienie wzajemnej, dwukierunkowej relacji pomiędzy *mastitis* a zaburzeniami metabolicznymi. Choroby metaboliczne mogą sprzyjać rozwojowi infekcji gruczołu mlekowego poprzez osłabienie mechanizmów odpornościowych organizmu (7). Z drugiej strony, przewlekły proces zapalny towarzyszący *mastitis* może wywoływać zmiany w metabolizmie, m.in. poprzez nasilanie stresu oksydacyjnego oraz zaburzenia gospodarki lipidowej i glukozy (10).

Do najczęściej występujących zaburzeń metabolicznych u bydła mlecznego należą:

- **ketoza** – stan wynikający z ujemnego bilansu energetycznego, prowadzący do nadmiernej mobilizacji kwasów tłuszczowych oraz powstawania ciał ketonowych, co może wiązać się z obniżeniem odporności (16);
- **tężyczka pastwiskowa (hipomagnezemia)** – niedobór magnezu powoduje zaburzenia nerwowo-mięśniowe oraz zwiększa wrażliwość zwierząt na stres (3);
- **kwasica żwacza** – obniżenie pH treści żwacza spowodowane nadmierną fermentacją węglowodanów, prowadzące do rozwoju patologicznej mikroflory i wzrostu ryzyka stanów zapalnych o charakterze ogólnoustrojowym (17);
- **zespół stłuszczenia wątroby** – zaburzenie metabolizmu tłuszczów u krów w okresie okołoporodowym, szczególnie u osobników otyłych, mogące skutkować niewydolnością wątroby (2);
- **hipokalcemia** (gorączka mleczna) – spadek stężenia wapnia we krwi, który upośledza funkcje mięśniowe oraz zwiększa ryzyko powikłań metabolicznych i zakażeń (7).

## Wybrane problemy metaboliczne jako czynniki sprzyjające zapaleniu wymienia

W dalszej części opracowania zostaną szczegółowo przedstawione dwa najczę-

ściej obserwowane zaburzenia metaboliczne, które w istotny sposób wpływają na kondycję krów mlecznych oraz pozostają w ścisłej zależności z występowaniem zapalenia gruczołu mlekowego:

- ketoza,
- kwasica żwacza.

## Ketoza u krów mlecznych

Ketoza stanowi jedno z najczęściej obserwowanych zaburzeń metabolicznych u bydła mlecznego w okresie poporodowym i jest bezpośrednio związana z występowaniem ujemnego bilansu energetycznego. Rozwija się w sytuacji, gdy krowa nie jest w stanie pokryć zapotrzebowania energetycznego poprzez pobranie paszy, co skutkuje nasilonym wykorzystaniem zapasów tłuszczowych organizmu. Największe prawdopodobieństwo wystąpienia ketozy przypada na pierwsze tygodnie po wycieleniu, szczególnie w okresie od 3 do 6 tygodni laktacji (14).

Zjawisko to wynika z gwałtownego wzrostu potrzeb energetycznych związanych z rozpoczęciem intensywnej produkcji mleka, który nie jest równoważony odpowiednim pobraniem suchej masy (3). Wysokowydajne krowy często tracą znaczną ilość masy ciała, ponieważ organizm uruchamia rezerwy tłuszczowe, co prowadzi do zwiększonej syntezy ciał ketonowych (20).

Do kluczowych czynników sprzyjających rozwojowi ketozy zalicza się przede wszystkim nieprawidłowe żywienie – nadmierna ilość tłuszczów w dawce pokarmowej przy jednoczesnym niedoborze łatwo dostępnych węglowodanów ogranicza podaż glukozy i nasila proces lipolizy (16). Istotne znaczenie mają również schorzenia wątroby, ponieważ obniżona zdolność tego narządu do metabolizowania kwasów tłuszczowych zwiększa ryzyko stłuszczenia oraz wystąpienia ketozy (2).

Kolejnym czynnikiem ryzyka są zaburzenia funkcjonowania przewodu pokarmowego, w tym kwasica żwacza, która ogranicza efektywność trawienia i przyswajania składników odżywczych, pogłębiając deficyt energetyczny (17). Ponadto krowy o wysokiej kondycji ciała (BCS) przed wycieleniem wykazują większą podatność na ketozę, ponieważ mobilizacja tkanki tłuszczowej u takich zwierząt przebiega intensywniej (7).

W efekcie nasilonego utleniania kwasów tłuszczowych w wątrobie dochodzi do nadprodukcji ciał ketonowych, takich jak aceton, kwas acetooctowy oraz kwas

β-hydroksymasłowy. Związki te mogą gromadzić się w krwiobiegu, mleku oraz moczu, prowadząc do rozwoju postaci klinicznej lub subklinicznej ketozy (4).

Istotnym narzędziem w diagnostyce tego zaburzenia mogą być wyniki próbnego udoju, gdzie podwyższony stosunek tłuszczu do białka w mleku często stanowi wskaźnik podejrzenia ketozy (ryc. 1).

## Wpływ ketozy na zdrowie gruczołu mlekowego

Ketoza u krów mlecznych istotnie podnosi podatność na występowanie zapalenia wymienia, głównie poprzez osłabienie mechanizmów odpornościowych oraz niekorzystne zmiany metaboliczne zachodzące w organizmie zwierzęcia. Jako zaburzenie metaboliczne, ketoza ogranicza zdolność krwi do skutecznej obrony przed infekcjami, w tym przed drobnoustrojami odpowiedzialnymi za rozwój *mastitis*. Zgodnie z wynikami badań Heringstad i wsp. zwierzęta z podwyższonym stężeniem ciał ketonowych we krwi charakteryzują się osłabioną odpowiedzią immunologiczną, co prowadzi do zmniejszonej efektywności eliminacji patogenów. Mechanizm ten może być związany z obniżoną aktywnością neutrofilów, które stanowią podstawowy element obrony przed bakteryjnymi zakażeniami gruczołu mlekowego.

Badania Suriyasathaporn i wsp. (19) wykazały, że ograniczona dostępność glukozy u zwierząt dotkniętych ketozą wpływa negatywnie na funkcjonowanie układu odpornościowego. Niedobór tego podstawowego źródła energii zmniejsza możliwości organizmu w zakresie zwalczania infekcji, co może prowadzić do częstszych oraz bardziej nasilonych przypadków *mastitis*.

Ponadto, Leslie i wsp. (13) udowodnili, że krowy z ketozą wykazują istotnie większe ryzyko rozwoju zapalenia wymienia w porównaniu do osobników zdrowych. Zwiększona podatność wynika z zaburzeń w metabolizmie tłuszczów i białek, które prowadzą do akumulacji ciał ketonowych, dodatkowo obciążających organizm i osłabiających jego zdolność do walki z infekcjami wymienia.

Podobne zależności obserwuje się również w przypadku ketozy podklinicznej. McArt i wsp. (14) wskazali, że w analizowanej populacji krów mlecznych ketoza subkliniczna występowała u około 43 % zwierząt we wczesnym okresie laktacji. Za próg diagnostyczny tego zaburzenia przyjęto wartość  $\geq 1,2$  mmol/L β-hydroksymasłanu (BHBA) we krwi.

## Rycina 1. Podejrzenie ketozy jako przyczyny mastitis.

|              |               |              |               |             |             |             |             |              |             |            |              |       |      |
|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------|------|
| 27.          | PL00539       | 02-21        | 28.2          | 4.96        | 3.45        | 2.70        | 4.34        | 13.12        | 1.36        | 198        | 116          | dd    | 123  |
| <b>LKSnz</b> | CHMURA        | 04-20        | 26.6          | 4.48        | 3.85        | 3.08        | 4.81        | 13.73        | 1.16        | 242        | 131          | kg ml | 5211 |
| <b>M.</b>    | <b>547</b>    | 05-26        | 24.9          | 4.22        | 3.39        | 2.71        | 4.82        | 13.05        | 1.24        | 215        | 268 ▲        | kg tł | 197  |
|              | HO ks.G (SNP) | 06-21        | 26.5          | 3.66        | 3.44        | 2.74        | 4.87        | 12.60        | 1.06        | 306        | 75 ▼         | % tł  | 3.78 |
|              | US73508041    | 07-19        | 19.2 ▼        | 3.38        | 3.36        | 2.67        | 4.83        | 12.23        | 1.01        | 231        | 327 ▲        | kg bi | 160  |
|              | SNIPER        | 08-22        | ZAS           |             |             |             |             |              |             |            |              | % bi  | 3.07 |
|              |               | 09-26        | ZAS           |             |             |             |             |              |             |            |              |       |      |
|              |               | 10-23        | siara         |             |             |             |             |              |             |            |              |       |      |
|              |               | 11-24        | 45.2          | 3.95        | 3.03        | 2.40        | 5.00        | 12.58        | 1.30        | 274        | 81 ▼         |       |      |
|              |               | 12-19        | 42.4          | 3.72        | 3.04        | 2.43        | 5.18        | 12.51        | 1.22        | 199        | 119          |       |      |
|              |               | 01-21        | 44.7          | 3.29        | 3.15        | 2.51        | 4.92        | 12.00        | 1.04        | 195        | 147          |       |      |
|              |               | <b>02-22</b> | <b>29.5 ▼</b> | <b>4.72</b> | <b>3.07</b> | <b>2.49</b> | <b>4.98</b> | <b>13.34</b> | <b>1.54</b> | <b>262</b> | <b>361 ▲</b> |       |      |

## Rycina 2. Wzrost somatyki jako konsekwencja kwasicy żwacza.

|              |                          |              |             |             |             |             |             |              |             |            |              |       |       |
|--------------|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------|-------|
| 54           |                          | 02-21        | ZAS         |             |             |             |             |              |             |            |              | dd    | 291   |
| <b>LKSnz</b> |                          | 04-20        | ZAS         |             |             |             |             |              |             |            |              | kg ml | 10564 |
|              | <b>630</b> nrl 3 dpw 291 | 05-26        | 48.5        | 3.87        | 3.31        | 2.63        | 4.93        | 12.60        | 1.17        | 291        | 483          | kg tł | 397   |
|              | HO ks.G (SNP)            | 06-21        | 47.2        |             |             |             |             |              |             |            |              | % tł  | 3.76  |
|              | CA12610944               | 07-19        | 46.1        | 3.59        | 2.86        | 2.25        | 4.98        | 12.60        | 1.26        | 264        | 154          | kg bi | 355   |
|              | CHARM                    | 08-22        | 38.7        | 3.19        | 3.06        | 2.42        | 4.82        | 11.74        | 1.04        | 284        | 2059 ▲       | % bi  | 3.36  |
|              |                          | 09-26        | 39.8        | 3.50        | 3.32        | 2.60        | 4.85        | 12.32        | 1.05        | 290        | 610 ▼        |       |       |
|              |                          | 10-23        | 40.1        | 3.54        | 3.63        | 2.91        | 4.83        | 12.64        | 0.98        | 243        | 306          |       |       |
|              |                          | 11-24        | 30.2        | 3.95        | 3.94        | 3.12        | 4.81        | 13.31        | 1.00        | 271        | 2499 ▲       |       |       |
|              |                          | 12-19        | 19.2 ▼      | 4.59        | 3.71        | 2.98        | 5.19        | 13.98        | 1.24        | 226        | 53 ▼         |       |       |
|              |                          | 01-21        | 22.7        | 4.68        | 3.86        | 3.07        | 4.81        | 13.93        | 1.21        | 286        | 101          |       |       |
|              |                          | <b>02-22</b> | <b>25.1</b> | <b>4.03</b> | <b>3.89</b> | <b>3.09</b> | <b>4.67</b> | <b>13.23</b> | <b>1.04</b> | <b>258</b> | <b>779 ▲</b> |       |       |

Zwierzęta z rozpoznaną ketozą podkliniczną miały około 1,8-krotnie wyższe ryzyko wystąpienia mastitis w porównaniu do krów bez tego schorzenia. Co więcej, każdy wzrost poziomu BHBA o 1 mmol/L wiązał się ze zwiększeniem ryzyka zapalenia wymienia około 2,4 razy, co potwierdza, że podwyższone stężenie BHBA stanowi silny wskaźnik predyspozycji do mastitis.

### Mastitis jako główna przyczyna ketozy

Mastitis może pełnić nie tylko rolę następstwa zaburzeń metabolicznych, lecz także stanowić czynnik inicjujący rozwój ketozy u krów mlecznych. Wystąpienie zapalenia gruczołu mlekowego wiąże się z silną reakcją zapalną organizmu oraz pogorszeniem ogólnego stanu zdrowia zwierzęcia, co często prowadzi do spadku apetytu i ograniczenia pobrania paszy. Każda jednostka chorobowa przebiegająca z obniżonym pobraniem suchej masy zwiększa ryzyko wystąpienia ujemnego bilansu energetycznego, szczególnie w okresie wczesnej laktacji, kiedy zapotrzebowanie na energię gwałtownie rośnie.

W sytuacji zmniejszonego pobrania paszy organizm krowy zmuszony jest do uruchomienia rezerw tłuszczowych w celu pokrycia deficytu energetycznego. Proces ten prowadzi do nasilonej mobilizacji kwasów tłuszczowych oraz ich intensywnego metabolizowania w wątrobie, co skutkuje wzrostem stężenia ciał ketonowych we krwi. W konsekwencji mastitis może pośrednio przyczyniać się do rozwoju zarówno klinicznej, jak i subklinicznej postaci ketozy.

Dodatkowo, istotnym czynnikiem sprzyjającym występowaniu zapaleń wymienia jest niedobór wapnia, który często pojawia się w okresie okołoporodowym. Hipokalcemia nie tylko predysponuje do infekcji gruczołu mlekowego poprzez osłabienie funkcji mięśni oraz mechanizmów obronnych, ale również negatywnie wpływa na metabolizm energetyczny krowy. Zaburzenia gospodarki wapniowej mogą pogłębiać problemy metaboliczne, ograniczać zdolność organizmu do adaptacji w okresie przejściowym i zwiększać ryzyko rozwoju ketozy.

W rezultacie mastitis i ketoza wzajemnie się nasilają, tworząc niekorzystne sprzężenie zwrotne, które prowadzi

do pogorszenia zdrowotności zwierząt oraz spadku wydajności produkcyjnej stada.

### Kwasica żwacza a ryzyko mastitis

Kwasica żwacza, szczególnie w postaci podklinicznej określanej jako SARA (*subacute ruminal acidosis*), stanowi jeden z ważniejszych czynników predysponujących krowy mleczne do rozwoju mastitis. W literaturze naukowej wielokrotnie podkreślano jej niekorzystny wpływ na kondycję zdrowotną zwierząt oraz zwiększoną podatność na infekcje gruczołu mlekowego.

Badania Kleen i wsp. (12) wykazały, że u krów dotkniętych SARA ryzyko wystąpienia mastitis było 2,1 razy wyższe w porównaniu do zwierząt utrzymujących prawidłowe pH treści żwacza. Plaizier i wsp. (17) zwrócili uwagę, że problem ten może dotyczyć od 11 % do 26 % krów mlecznych, szczególnie w okresie przejściowym oraz we wczesnej fazie laktacji, kiedy organizm jest bardziej podatny na zaburzenia metaboliczne.

Rozwój kwasicy żwacza prowadzi do zaburzeń równowagi mikroflory

żwacza (dysbiozy), co w konsekwencji wpływa negatywnie na funkcjonowanie układu odpornościowego. Khafipour i wsp. (11) udowodnili, że u zwierząt z SARA aktywność fagocytarna leukocytów była obniżona o około 30 %, co istotnie zwiększało ryzyko zakażeń, w tym *mastitis*.

Pomocnym wskaźnikiem w rozpoznawaniu kwasicy żwacza może być również obniżony stosunek tłuszczu do białka w mleku. Wartości poniżej 1,1 często wiązane są z obecnością SARA (5) (ryc. 2).

Należy jednak pamiętać, że interpretacja tego parametru powinna uwzględniać możliwe wyjątki. Na skład mleka mogą wpływać także inne czynniki, takie jak wysokie spożycie białka w dawce pokarmowej (21), stres cieplny (22), a także indywidualne predyspozycje genetyczne zwierząt, które mogą modyfikować proporcje składników mleka niezależnie od nasilenia kwasicy żwacza.

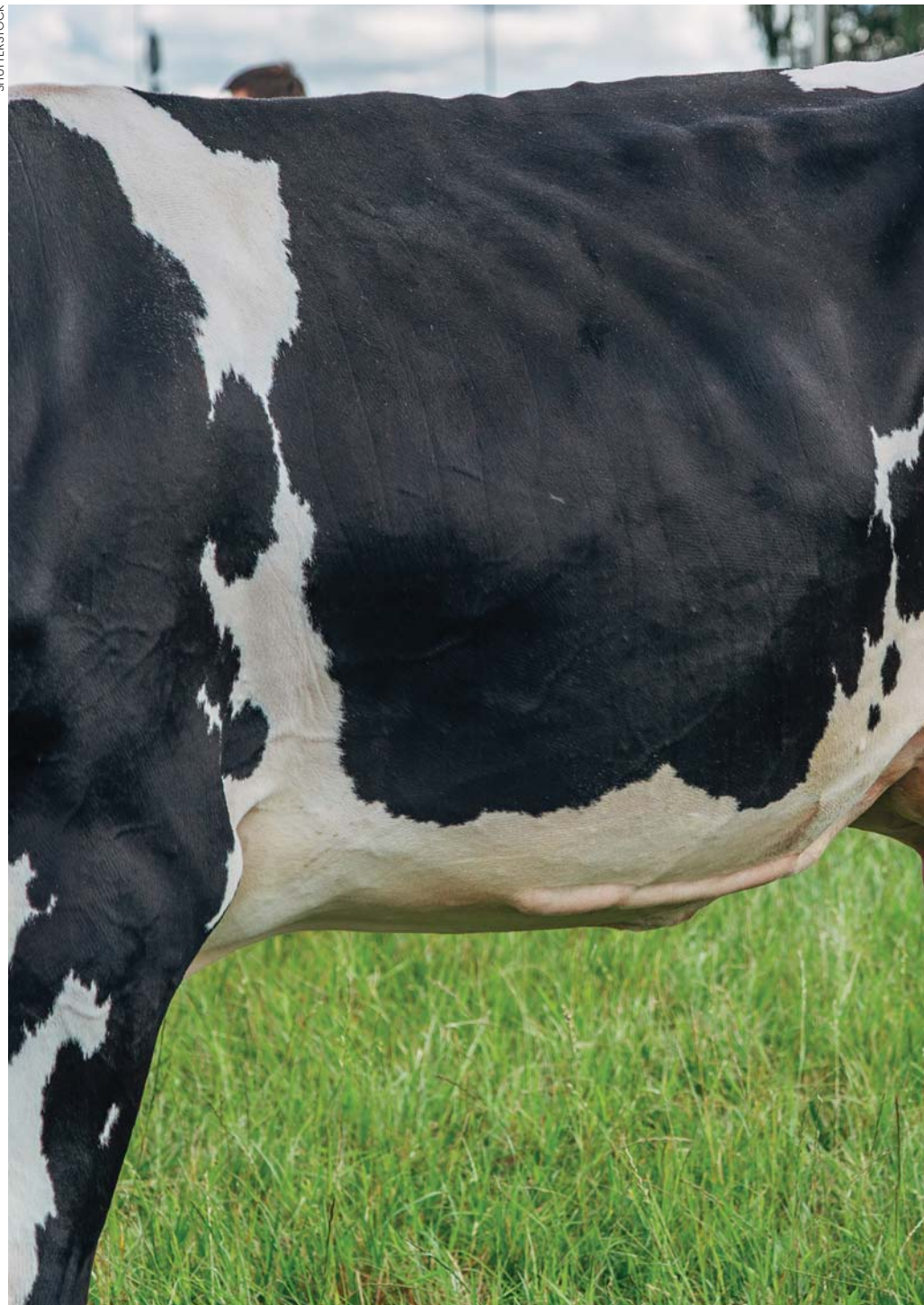
## Wpływ kwasicy żwacza na *mastitis*

Negatywny wpływ kwasicy żwacza na funkcjonowanie układu odpornościowego został potwierdzony m.in. w badaniach Bao i wsp. (1). Autorzy wykazali, że obniżenie stężenia krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA), które odgrywają istotną rolę w regulacji odpowiedzi immunologicznej, prowadzi do zwiększenia przepuszczalności błon śluzowych. W konsekwencji dochodzi do łatwiejszego przenikania toksyn oraz bakterii do krwiobiegu, a następnie do gruczołu mlekowego, co sprzyja rozwojowi infekcji.

Podobne obserwacje przedstawili Gozho i wsp. (8), wskazując, że u krów dotkniętych kwasicą żwacza ryzyko wystąpienia cięższych postaci *mastitis* było 1,5-krotnie wyższe. SARA sprzyja również namnażaniu bakterii gram-ujemnych, które produkują endotoksyny dodatkowo osłabiające układ odpornościowy oraz ograniczające zdolność organizmu do skutecznej eliminacji patogenów (23).

Kwasica żwacza wpływa także niekorzystnie na wydajność mleczną oraz parametry jakościowe mleka. Stone i wsp. (18) wykazali, że krowy cierpiące na SARA charakteryzowały się spadkiem produkcji mleka o około 4-6 %, a także obniżoną zawartością tłuszczu.

Dodatkowym wskaźnikiem pogorszenia zdrowia wymienia w przebiegu kwasicy żwacza jest wzrost liczby komórek somatycznych w mleku. Enemark i wsp. (5) stwierdzili, że u krów z SARA licz-



ba komórek somatycznych była średnio o 35 % wyższa w porównaniu do zwierząt zdrowych.

Ponadto Mulligan i wsp. (15) wskazali, że krowy z kwasicą żwacza wykazują większą skłonność do przewlekłych infekcji gruczołu mlekowego, a ryzyko rozwoju chronicznego *mastitis* wzrasta u nich o około 45 %. Z kolei Garrett i wsp. (6) zauważyli, że częste epizody SARA wiążą się z wyższym prawdopodobieństwem wystąpienia klinicznych objawów *mastitis* oraz koniecznością intensywniejszego leczenia, co przekłada się

na zwiększone koszty weterynaryjne oraz obniżenie produktywności stada.

Ketoza oraz kwasica żwacza, zwłaszcza w postaci podklinicznej (SARA), należą do najważniejszych zaburzeń metabolicznych u krów mlecznych, które istotnie zwiększają ryzyko występowania *mastitis*. Oba schorzenia prowadzą do zaburzeń homeostazy metabolicznej oraz osłabienia funkcji układu odpornościowego, co ogranicza zdolność organizmu do skutecznej eliminacji patogenów odpowiedzialnych za infekcje gruczołu mlekowego.



Ketoza, wynikająca z ujemnego bilansu energetycznego i nadmiernej mobilizacji rezerw tłuszczowych, sprzyja nagromadzeniu ciał ketonowych, które upośledzają odpowiedź immunologiczną i zwiększają podatność na zapalenie wymienia. Z kolei kwasica żwacza powoduje dysbiozę oraz wzrost przepuszczalności bariery jelitowej, umożliwiając przenikanie toksyn i bakterii do krwiobiegu, co również predysponuje do rozwoju *mastitis*.

Ponadto oba zaburzenia wpływają negatywnie na produktywność krów, prowadząc do obniżenia wydajności mlecznej,

pogorszenia jakości mleka oraz wzrostu liczby komórek somatycznych. W efekcie ketoza i SARA stanowią istotne problemy zdrowotne oraz ekonomiczne w hodowli bydła mlecznego, a ich skuteczna profilaktyka jest kluczowym elementem ograniczania *mastitis* w stadach (18). ●

#### Piśmiennictwo

1. Bao W.: Impact of short-chain fatty acids on immune function and mastitis susceptibility in dairy cows. „Journal of Dairy Science”, 2023.
2. Bobe G., Young J. W., Beitz D. C.: Pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver

- in dairy cows. „Journal of Dairy Science”, 2004, 87 (10), 3105-3124.
3. Drackley J. K.: Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? „Journal of Dairy Science”, 1999, 82 (11), 2259-2273.
4. Duffield T. F., Kelton D. F., Leslie K. E., Lissimore K. D., Lumsden J. H.: Use of test day milk fat and protein concentrations to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. „Canadian Veterinary Journal”, 1999, 40 (12), 911-917.
5. Enemark J. M. D.: The monitoring, prevention, and treatment of subacute ruminal acidosis (SARA): A review. „Veterinary Journal”, 2008, 176 (1): 32-43, DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.021.
6. Garrett E. F.: Relationship between ruminal pH and incidence of mastitis in dairy cows. „Journal of Dairy Science”, 1999, 74 (8): 1023-8, DOI: 10.1292/jvms.12-0084.
7. Goff J. P.: Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. „Journal of Dairy Science”, 2006, 89 (4), 1292-1301.
8. Gozho G. N.: Effects of subacute ruminal acidosis on immune function in dairy cows. „Journal of Dairy Science”, 2007, 95, 1, 294-303.
9. Heuer C., Schukken Y. H., Dobbelaar P.: Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. „Journal of Dairy Science”, 1999, 82 (2), 295-304.
10. Ingvarsen K. L., Moyes K.: Nutrition, immune function and health of dairy cattle. „Animal”, 2013, 7 (1), 112-122.
11. Khafipour E.: Impact of SARA on leukocyte function in dairy cows. „Veterinary Research”, 2009.
12. Kleen J.L.: Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. „Journal of Veterinary Medicine”, 2003, 50 (8), 406-414.
13. Leslie K. E.: Relationship of ketosis and subclinical ketosis to milk somatic cell counts and occurrence of clinical mastitis. „Journal of Dairy Science”, 2002, 85 (1), 195-201.
14. McArt J. A., Nydam D. V., Oetzel G. R.: Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. „Journal of Dairy Science”, 2012, 95 (9), 5056-5066.
15. Mulligan, F. J., O'Grady, L., Rice, D. A., & Doherty, M. L.: A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. „Animal Health Research Reviews”, 2006, 10(1), 53-63.
16. Ospina P. A., Nydam D. V., Stokol T., Overton T. R.: Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle. „Journal of Dairy Science”, 2010, 93 (10), 4612-4623.
17. Plaizier J. C., Krause D. O., Gozho G. N., McBride B. W.: Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. „The Veterinary Journal”, 2008, 176 (1), 21-31.
18. Stone W. C.: Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. „Journal of Dairy Science”, 2004, 87 (Supplement 1), E13-E26.
19. Suriyasathaporn, W.: Neutrophil function: Changes in blood and milk during mastitis. „Journal of Dairy Science”, 2000, 83 (5), 1141-1149.
20. Van Knegsel, A. T., van den Brand, H., Dijkstra, J., Tamminga, S., & Kemp, B. (2005). Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. „Reproduction Nutrition Development”, 2005 45 (6), 665-688.
21. Hongerholt D. D., Muller L. D., Varga G. A.: Effects of feeding dried grass pasture and a grain ration differing in rumen degradable protein at two feeding frequencies on nutrient digestibility and microbial protein synthesis during continuous culture. „Animal Feed Science and Technology”, 1998, 74 (1-3), 1-13.
22. West J. W.: Effects of heat stress on production in dairy cattle. „Journal of Dairy Science”, 2003
23. Zhao C., Hu X., Bao L., Wu K., Zhao Y., Li S., Wang Y., Qiu M., Feng L.: Gut dysbiosis induces the development of mastitis through a reduction in host anti-inflammatory enzyme activity by endotoxemia. „Microbiome”, 2022, 10, 205.

**Sebastian Smulski,**

e-mail: smulski.sebastian@gmail.com