

re Communications 2(1): 1-6. **23. Ludwig A., Pruvost M., Reissmann M., Benecke N., Brockmann G.A., Castaños P., Cieslak M., Lippold S., Llorente L., Malaspinas A., Slatkin M., Hofreiter M.**, 2009 – Coat color variation at the beginning of horse domestication. *Science* 324(5926): 485-485. **24. Olsen S. L., Grant S., Choyke A.M., Bartosiewicz L.**, 2006 – Horses and humans: the evolution of human-equine relationships. Oxford, UK: Archaeopress. **25. Orlando L.**, 2020 – Ancient genomes reveal unexpected horse domestication and management dynamics. *BioEssays*, 42(1): 1900164. **26. Orlando L., Allaby R., Skoglund P., Der Sarkissian C., Stockhammer P.W., Avila-Arcos M.C., Fu Q., Krause J., Willerslev E., Stone A.C., Warinner C.**, 2021 – Ancient DNA analysis. *Nat Rev Methods Primers* 1, 14. **27. Outram A., Stear N.A., Bendrey R., Olsen S.L., Kasparov A., Zaibert V., Thorpe N., Evershed R.**, 2009 – The earliest horse harnessing and milking. *Science* 323(5919): 1332-1335. **28. Taylor W.T.T., Bayarsaikhan J., Tuvshinjargal T., Bender S., Tromp M., Clark J., Bryce Lowry K., Houle J-L., Staszewski D., Whitworth J., Fitzhugh W., Boivin N.**, 2018 – Origins of equine dentistry. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(29): E6707-E6715. **29. Wallner B., Palmieri N., Vogl C., Rigler D., Bozlak E., Druml T., Jagannathan V., Leeb T., Fries R., Tetens J., Thaller G., Metzger**

J., Distl O., Lindgren G., Rubin C.-J., Andersson L., Schaefer R., McCue M., Neuditschko M., Rieder S., Schlötterer C., Brem G., 2017 – Y chromosome uncovers the recent oriental origin of modern stallions. *Current Biology* 27(13): 2029-2035. **30. Wallner B., Vogl C., Shukla P., Burgstaller J.P., Druml T., Brem G.**, 2013 – Identification of genetic variation on the horse Y chromosome and the tracing of male founder lineages in modern breeds. *PLoS One* 8(4): e60015. **31. Warmuth V., Eriksson A., Bower M.A., Barker G., Barrett E., Hanks B., Li S., Lomitashvili D. Ochir-Goryaeva M., Sizonov G.V., Soenov V., Manica A.**, 2012 – Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(21): 8202-8206. **32. Wasiak T., Strózik T.**, 2021 – Badania kopalnego DNA – możliwości i ograniczenia. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 75.1: 599-610. **33. Witas H.K.**, 2007 – Kopalny DNA źródłem informacji w badaniach archeologicznych. *Archeologia Polski* 52.1-2: 15-33. **34. Wutke S., Benecke N., Sandoval-Castellanos E., Döhle H.J., Friederich S., Gonzalez J., Hallsson J.H., Hofreiter M., Lõugas L., Magnell O., Morales-Muniz A., Orlando L., Pálsdóttir A.H., Reissmann M., Ruttkay M., Trinks A., Ludwig A.**, 2016 – Spotted phenotypes in horses lost attractiveness in the Middle Ages. *Scientific Reports* 6:38548.

Zmiany zawartości witaminy D w mleku owiec wypasanych na terenach górskich

**Edyta Molik, Ewelina Żelazik,
Krystyna Stękała, Zuzanna Flis**

**Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Katedra Żywnienia, Biotechnologii Zwierząt i Rybactwa**

Wstęp

Jednym z najbardziej wartościowych produktów pozyskiwanych metodami tradycyjnymi jest mleko owcze. Zmiany zawartości składu chemicznego mleka owczego zależą m.in. od stadium laktacji, wieku, rasy, żywienia oraz środowiska [3]. Podstawowymi składnikami mleka owczego są: tłuszcz, białko, laktoza, sucha masa beztłuszczowa. W Polsce rasą użytkowaną mlecznie na terenach górskich jest najczęściej polska owca górską oraz cakiel podhalański. Skład chemiczny mleka wraz z upływem laktacji ulega zmianom, w końcowym okresie laktacji zawartość tłuszczu może wynosić nawet 10,81%, laktozy 6,41%, a białka 8,44% oraz su-

chej masy beztłuszczowej 11,71% [9]. Ważnymi składnikami prozdrowotnymi mleka owczego są antyoksydanty oraz witaminy np. witamina D [1, 16, 17]. Średnia zawartość witaminy D w mleku owczym wynosi około 0,18 µg/100 g, czyli około trzy razy więcej w porównaniu z mlekiem krowim (0,08 µg/100 g) oraz mlekiem kozim (0,06 µg/100 g) [23].

Zarówno niedobór, jak i nadmiar witaminy D może być bardzo szkodliwy dla organizmu. W sezonie letnim, kiedy mamy znacznie większy dostęp do tej cennej witaminy nie jest konieczne, aby tak zwracać uwagę na jej zawartość w diecie. W sezonie jesienno-zimowym, mamy do czynienia z mniejszą ilością światła słonecznego, dlatego warto zadbać, aby witamina D pojawiła się w naszej diecie poprzez spożywanie produktów pozyskiwanych z mleka owczego. Witamina D odpowiada m.in. za prawidłową mineralizację kości; bierze udział w harmonizowaniu funkcji wewnątrzwydzielniczych trzustki, nadnerczy, tarczycy oraz przysadki [6]. Hamuje namnażanie się komórek nowotworowych, w tym czerniaka, raka piersi, prostaty, jelita grubego oraz okrężnicy. Do jej funkcji należy również przyspieszenie różnicowania oraz spowalnianie apoptozy keratynocytów, fibroblastów i melanocytów skóry. Wspomaga układ immunologiczny, funkcjonowanie układu krążenia oraz nerwowego [8, 11, 13, 14, 15, 21, 25]. Proces przekształcania witaminy D do 25-hydroksywitaminy D odbywa się w wątrobie, jej metabolizm następuje w wielu komórkach oraz narządach do 1,25-hydroksywitaminy D₃ (1,25(OH)₂D₃), która w połączeniu z jądrowym receptorem witaminy D, uczestniczy w transkrypcji genów prawidłowych i nieprawidłowych. Niewystarczają-

ca podaż witaminy D przyczynia się do ograniczonego wytwarzania 1,25-hydroksywitaminy D₃ [4, 20].

Badania przeprowadzone na myszach z nokautem (dezaktywacja lub eliminacja jednego bądź więcej genów danego organizmu) oraz myszach transgenicznym wykazały pozaszkieletowy wpływ 1,25(OH)₂D₃ m.in. na spowolnienie progresji raka, układ krążenia, a także immunomodulowanie określonych zaburzeń autoimmunologicznych. Niektóre zaobserwowane mechanizmy występują również u ludzi, co może być pomocne przy planowaniu nowych terapii, leczeniu i profilaktyce wielu chorób [5, 6]. Wprowadzanie do organizmu naturalnych substancji bioaktywnych wspomaga jego funkcjonowanie. Produkty pozyskiwane od owiec metodami rozwoju zrównoważonego w warunkach pastwiskowych są źródłem wielu cennych substancji. Dlatego celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości witaminy D w mleku owiec wypasanych na terenach górskich.

Materiały i metody

Badania przeprowadzone zostały na dwóch rasach owiec – polskiej owcy górskiej i cakła podhalańskim. Owce były wypasane na terenie Małych Pienin na hali w Jaworkach, na obszarze 80 ha, znajdującym się na wysokości około 909 m n.p.m. W badaniach wykorzystano łącznie 550 sztuk, w tym 250 matek polskiej owcy górskiej i 300 maciorek rasy cakiel podhalański.



Fot. Wypas owiec na hali w Jaworkach (fot. K. Stękała)

Mleko do badań było pobierane zbiorczo od 50 sztuk owiec każdej rasy, zawsze od tej samej grupy zwierząt. Mleko do badań było pobierane co 28 dni, w pierwszym tygodniu każdego miesiąca. Pobieranie próbek odbywało się od maja do września. Poddane analizie mleko pochodziło tylko z doju popołudniowego, które po pobraniu było od razu zamrażane do temperatury -20°C. Owce na halach były dojone trzy razy dziennie od 7 maja do 30 lipca (rano o 4:30, po południu o 14:00 i wieczorem o 21:00), a od sierpnia do 30 września dojono je dwa razy dziennie (rano o 4:30 i po południu o 15:00).

Próbki mleka do analiz na zawartość witaminy D pobierano co 28 dni. Analizę zawartości witaminy D w mleku przeprowadzono za pomocą chromatografii HPLC w firmie JARS. Do laboratorium przesyłano pełne mleko owcze. Kontrole wydajności mleka od obydwu grup owiec przeprowadzono dwa razy w miesiącu, w czasie doju wieczornego.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu SAS, wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji oraz Test Scheffégo. Istotność różnic określano za pomocą testu Duncana, przy poziomie istotności $P \leq 0,05$ i $P \leq 0,01$.

Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że najwyższą wydajność mleka u obydwu badanych ras owiec stwierdzono w maju, dla polskiej owcy górskiej ($0,49 \pm 0,01$ l/dzień) oraz ($0,48 \pm 0,01$ l/dzień) dla cakła podhalańskiego. W drugim miesiącu doju tj. w czerwcu wydajność u polskiej owcy górskiej wynosiła ($0,43 \pm 0,01$ l/dzień) a cakła podhalańskiego ($0,40 \pm 0,01$ l/dzień). W lipcu wydajność mleczna u polskiej owcy górskiej wynosiła ($0,35 \pm 0,01$ l/dzień), natomiast dla cakła podhalańskiego ($0,34 \pm 0,01$ l/dzień). W kolejnym miesiącu doju, czyli sierpniu zauważono spadek wydajności mleka u obydwu badanych grup (p.o.g $0,20 \pm 0,01$ l/dzień, oraz $0,19 \pm 0,01$ l/dzień u cakła podhalańskiego). W ostatnim miesiącu laktacji tj. we wrześniu, odnotowano najniższe wartości: u polskiej owcy górskiej ($0,11 \pm 0,01$ l/dzień), u cakła podhalańskiego ($0,10 \pm 0,01$ l/dzień) [tab. 1].

W pierwszym miesiącu doju wykazano istotnie ($P \leq 0,05$) niższą zawartość witaminy D ($0,32 \pm 0,02$ µg/100 g mleka) w mleku polskich owiec górskich i cakła podhalańskiego ($0,32 \pm 0,02$ µg/100 g mleka) w odniesieniu do końcowych miesięcy laktacji. W czerwcu mleko owiec górskich i cakła podhalańskiego zawierało zbliżone ilości witaminy D (odpowiednio $0,33 \pm 0,02$ µg/100 g, $0,33 \pm 0,02$ µg/100 g mleka). W lipcu zawartość witaminy wzrosła w odniesieniu do wcześniejszych etapów laktacji w mleku cakła podhalańskiego wynosiła ($0,34 \pm 0,02$ µg/100g mleka) a polskich owiec górskich ($0,34 \pm 0,02$ µg/100g mleka). Najwyższą ($P \leq 0,05$) zawartość witaminy D w mleku badanych grup owiec odnotowano w sierpniu (cakiel $0,37 \pm 0,02$ µg/100g mleka, polska owca górską $0,37 \pm 0,02$ µg/100g mleka). W ostatnim miesiącu laktacji we wrześniu wyższą wartość witaminy zaobserwowano u polskiej owcy górskiej ($0,37 \pm 0,02$ µg/100g mleka), natomiast u cakła podhalańskiego ($0,36 \pm 0,02$ µg/100g mleka) [tab. 2]. Wraz z upływem laktacji zawartość witaminy wzrastała, najniższe wartości uzyskano w pierwszych miesiącach doju.

Przeprowadzone badania wykazały, że mleko owcze charakteryzuje się wysoką zawartością witaminy D. Zawartość tego składnika wzrastała wraz z upływem laktacji. W ostatnich tygodniach mlecznego użytkowania, kiedy spada wydajność mleka, wzrasta zawartość witaminy D, która pełni bardzo ważne funkcje w organizmie. Witamina D wykazuje działanie antyoksydacyjne

Tabela 1

Zmiany wydajności mleka w trakcie laktacji – wydajność podawana w litrach/dzień

| Rasa | Miesiące pobrania | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|------|----------|------|--------|------|----------|-------|-------------------|------|
| | Maj | | Czerwiec | | Lipiec | | Sierpień | | Wrzesień | |
| | x | Sd | x | Sd | x | Sd | x | Sd | x | Sd |
| Polska owca górska | 0,49 ^a | 0,01 | 0,43 | 0,01 | 0,35 | 0,01 | 0,20 | 0,01 | 0,11 ^b | 0,01 |
| Cakiel podhalański | 0,48 ^a | 0,01 | 0,40 | 0,01 | 0,34 | 0,01 | 0,19 | 0,0,1 | 0,10 ^b | 0,01 |

a,b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w pobraniach istotnie przy $\leq 0,05$

Tabela 2

Zmiany zawartości witaminy D ($\mu\text{g}/100\text{g}$ mleka) w mleku owiec

| Rasa | Miesiące pobrania | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|------|----------|------|--------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | Maj | | Czerwiec | | Lipiec | | Sierpień | | Wrzesień | |
| | x | Sd | x | Sd | x | Sd | x | Sd | x | Sd |
| Polska owca górska | 0,32 ^a | 0,02 | 0,33 | 0,02 | 0,34 | 0,02 | 0,37 ^b | 0,02 | 0,37 ^b | 0,02 |
| Cakiel podhalański | 0,32 ^a | 0,02 | 0,33 | 0,02 | 0,34 | 0,02 | 0,37 ^b | 0,02 | 0,36 | 0,02 |

a,b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się w pobraniach istotnie przy $P \leq 0,05$

i może przyczynić się do neutralizowania reaktywnych form tlenu (ang. ROS) [2]. Ich prawidłowe stężenie jest konieczne do przeprowadzenia wielu procesów komórkowych. Problem pojawia się wtedy, gdy w organizmie występują one w nadmiernej ilości i prowadzą do powstania stresu oksydacyjnego. Stres oksydacyjny jest stanem, w którym reaktywne formy tlenu przewyższają zdolność organizmu do ich neutralizacji, co może prowadzić do uszkodzenia DNA, białek i lipidów [7, 18].

Stres oksydacyjny może prowadzić do wzrostu stanów zapalnych w organizmie. W odpowiedzi na uszkodzenie spowodowane ROS układ odpornościowy może wywołać stan zapalny, który ma na celu naprawę i ochronę uszkodzonych tkanek. Jednak przewlekłe stany zapalne związane ze wzmożonym stresem oksydacyjnym mogą prowadzić do uszkodzenia tkanek i rozwoju różnych chorób [12]. Proces ten jest łączony również z rozwojem wielu chorób degeneracyjnych, takich jak choroby serca, cukrzyca, choroby Alzheimera i choroby Parkinsona [24, 22]. Kolejnym sposobem jest modulacja stanu zapalnego: witamina D może wpływać na regulację stanu zapalnego w organizmie. Przewlekłe stany zapalne są często związane ze zwiększonym stresem oksydacyjnym, a witamina D może pomagać w ograniczaniu tego procesu poprzez swoje właściwości antyoksydacyjne [2, 19].

Dlatego tak ważne jest dostarczanie do organizmu substancji antyoksydacyjnych pochodzących z różnorodnych źródeł, takich jak owoce, warzywa, produkty mleczne, orzechy, nasiona i zioła. Różne antyoksydanty działają synergistycznie, wzmacniając swoje działanie, dlatego zróżnicowana dieta jest kluczowa dla zapewnienia optymalnej ochrony przed stresem oksyda-

cyjnym [10]. Mleko owcze jako bogate źródło witamin A, D oraz E jest idealnym produktem we wspomaganie i ochronie naszego organizmu [1]. Przeprowadzone badania wykazały, że mleko owiec, które są wypasane w warunkach górskich, jest zasobne w witaminę D. Ponadto wraz z upływem laktacji staje się produktem bardziej wartościowym ze względu na zawartość substancji bioaktywnych. Wprowadzanie do diety produktów z mleka owczego pozyskiwanych metodami rozwoju zrównoważonego, przyczyni się do poprawy funkcjonowania organizmu. Artykuły produkowane metodami tradycyjnymi, zawierają podobnie jak mleko wiele cennych substancji bioaktywnych poprawiających sprawność organizmu.

Literatura: 1. Aggarwal B.B., Sundaram C., Prasad S., Kannappan R., 2010 – Tocotrienols, the vitamin E of the 21st century: its potential against cancer and other chronic diseases. *Biochemical pharmacology* 80(11): 1613-1631. 2. Amponsah-Offeh M., Diaba-Nuho P., Speier S., Morawietz H., 2023 – Oxidative stress, antioxidants and hypertension. doi: 10.3390/antiox12020281 3. Bielińska-Nowak S., Czyżak-Runowska G., 2016 – Jakość higieniczna, wydajność i podstawowy skład mleka owczego w zależności od fazy laktacji. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 12(1): 9-15. 4. Christakos S., Dhawan P., Verstuyf A., Verlinden L., Carmeliet G., 2016 – Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects. *Physiological reviews* 96(1): 365-408. 5. Dembińska-Kieć A., 2018 – Diagnostyka Laboratoryjna z Elementami Biochemii Klinicznej. 6. Grafka A., Łopucki M., Kuna J., Kuna A., Pęksa B., 2019 – Rola witaminy D w organizmie. *Diagnostyka Laboratoryjna* 55(1): 55-60. 7. Holick M., 2011 – Vitamin D: A D-Lightful Solution for Health. *Journal of Investigative Medicine*. 8. Janisse H.C., Cakan N., Ellis D., 2011 – Dietary vitamin D intake among high-risk ado-

lescents with insulin dependent diabetes. The Diabetes educator 37(2): 222-226. **9. Konieczny M.**, 2009 – Wpływ fazy laktacji na skład chemiczny i parametry fizykochemiczne mleka polskiej owcy górskiej utrzymywanej w warunkach chowu ekologicznego. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego 36(1): 25-30. **10. Kris-Etherton P.M., Lichtenstein A.H., Howard B.V., Steinberg D., Witztum J.L., and Nutrition Committee of the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism**, 2004 – Antioxidant vitamin supplements and cardiovascular disease. Circulation 110(5): 637-641. **11. Larrosa M., Gomez A., Casado E.**, 2011 – Hypovitaminosis D as a risk factor of hip fracture severity. Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA 23(2): 607-614; doi: 10.1007/s00198-011-1588-z. **12. Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N.**, 2010 – Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacognosy Reviews 4(8): 118-126. **13. Manson J.E.**, 2010 – Vitamin D and the heart: why we need large-scale clinical trials. Cleveland Clinic Journal of Medicine 77(12): 903-910. **14. Marcinowska-Suchowierska E., Walicka M., Talałaj M.**, 2010 – Suplementacja witaminy D u ludzi dorosłych – wytyczne. Postępy Nauk Medycznych 2, 160-166. **15. Michael Y.L., Whitlock E.P., Lin J.S., Fu R., O'Connor E.A., Gold R; US Preventive Services Task Force**, 2010 – Primary care-relevant interventions to prevent falling in older adults: a systematic evidence review for the U.S. Preventive Services Task Force. Annals of Internal Medicine 153(12): 815-825. **16. Molik E., Stańko K., Flis Z.**, 2021 – Prozdrowotne znaczenie substancji bioaktywnych mleka owczego. Przegląd Hodowlany 3, 18-21. **17. Molik E., Musiał J., Flis Z.**, 2021 – Rola substancji antyoksydacyjnych mleka owczego. Roczniki Naukowe Zootechniki 48(2): 145-153. **18. Ścibior-Bentkowska D., Czezcot H.**, 2009 – Komórki nowotworowe a stres oksydacyjny. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej 63, 58-72. **19. Palomer X., González-Clemente J.M., Blanco-Vaca F., Mauricio D.**, 2008 – Role of vitamin D in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. **20. Peters U., McGlynn K.A., Chatterjee N., Gunter E., Garcia-Closas M., Rothman N., Sinha R.**, 2001 – Vitamin D, calcium, and vitamin D receptor polymorphism in colorectal adenomas. Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology 10(12): 1267-1274. **21. Pierrot-Deseilligny Ch., Souberbielle J.C.**, 2017 – Vitamin D and multiple sclerosis: An update. Multiple Sclerosis and Related Disorders 14, 35-45; doi: 10.1016/j.msard.2017.03.014. **22. Rahman K.**, 2007 – Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. Clinical Interventions in Aging 2(2): 219-236. **23. Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Giuliet I., Chillard Y.**, 2008 – Composition of goat and sheep milk products: An update. Small Ruminant Research 79(1): 57-72; doi:10.1016/j.smallrumres.2008.07.009. **24. Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M.T., Mazur M., Telser J.**, 2007 – Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology 39(1): 44-84; doi: 10.1016/j.biocel.2006.07.001. **25. Yao S., Sucheston L.E., Millen A.E.**, 2011 – Pretreatment serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D and breast cancer prognostic characteristics: a case-control and case-series study. PloS One 6(2): e17251; doi: 10.1371/journal.pone.0017251.

Changes in vitamin D content in milk from sheep grazing in mountain areas

Edyta Molik, Ewelina Żelazik, Krystyna Stękała, Zuzanna Flis

Summary

Sheep's milk is becoming increasingly popular in dairy industry technology due to its high content of bioactive substances. Owing to its high content of fat-soluble vitamins such as A, D and E, it exhibits strong antioxidant activity. It contributes to the neutralization of reactive oxygen species, which are a factor in the development of many diseases. Vitamin D supports the immune, skeletal, nervous, circulatory, and digestive systems and regulates calcium and phosphate metabolism, which is essential to normal bone development and mineralization. The purpose of the present study was to determine changes in vitamin D content in sheep milk during lactation. The study was conducted on two breeds of sheep – Polish Mountain sheep and Podhale Zackel. The sheep grazed in the Małe Pieniny Mountains, in the pasture in Jaworki. Testing of the samples was commissioned to JARS Commercial Company. A total of 550 animals were used in the study: 250 Polish Mountain ewes and 300 Podhale Zackel ewes. The study lasted from May to September and involved bulk sampling, carried out twice a month. Samples were taken from milking of 50 randomly selected animals of each breed from the entire herd. Average milk yield and vitamin D content were analysed. Analysis of the data indicated that the stage of lactation significantly affected milk yield, which decreased as it progressed, and the amount of vitamin D, which increased as it progressed.

KEY WORDS: sheep, milk, vitamin D