Dodatek nienasyconych kwasów tłuszczowych do dawki pokarmowej a wyniki rozrodu bydła

Kacper Libera[1], Adam Cieślak[1], Małgorzata Szumacher[1], Dorota Cieślak[2]

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach,
[1]Katedra Żywienia Zwierząt
[2]Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt

Wydajność mleczna oraz wyniki rozrodu bydła kształtują efektywność i opłacalność produkcji mleka. Doniesienia naukowe sugerują jednak, iż rosnąca wydajność mleczna jest negatywnie skorelowana z parametrami rozrodu [27], przede wszystkim w aspekcie ujemnego bilansu energetycznego oraz nieodpowiedniego poziomu białka w dawce pokarmowej [13]. Dodatkowo, za jedną ze znaczących przyczyn niepowodzeń w rozrodzie uznaje się wczesną śmierć zarodkową, która spowodowana może być niedoborem witamin A, E i β-karotenu [30] lub niedoborami mikroelementów, np. selenu, cynku, miedzi czy jodu [21]. Udowodniono, że zbilansowanie i dostosowanie dawki pokarmowej do zapotrzebowania krowy mlecznej zarówno w okresie zasuszenia, jak i w pierwszych dniach laktacji poprawia wskaźniki rozrodu [15]. Stwierdzono pozytywny wpływ nienasyconych kwasów tłuszczowych (NKT) na płodność bydła. Jednak wiele czynników (okres stosowania, rodzaj NKT itp.) może wpływać na omawiany aspekt. Wykazano, że dodatek do dawki pokarmowej NKT ma pozytywny wpływ na proces spermatogenezy i jakość nasienia buhajów [29], skuteczność sztucznego unasieniania [31] oraz na jakość pozyskiwanych zarodków [24].

Nienasycone kwasy tłuszczowe pod względem chemicznym są związkami organicznymi zawierającymi grupę karboksylową i łańcuch węglowodorowy, który może zawierać od 4 do 28 atomów węgla. W odróżnieniu od nasyconych kwasów tłuszczowych, NKT zawierają przynajmniej jedno wiązanie wielokrotne. Kwasy tłuszczowe (KT) zawierające jedno wiązanie wielokrotne nazywane są jednonienasyconymi kwasami tłuszczowymi, a zawierające więcej niż jedno wiązanie podwójne klasyfikowane są jako wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Dodatkowo, w zależności od położenia wiązania wielokrotnego, NKT można podzielić na trzy grupy: omega-9 (*n-9*), omega-6 (*n-6*) i omega-3 (*n-3*). Dla przykładu, kwas α-linolenowy, kwas eikozapentaenowy (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA) to kwasy *n-3*, a kwas arachidonowy i linolowy to kwasy *n-6*. Kwasy omega-3 występują w paszach objętościowych (z wyjątkiem kiszonki z kukurydzy) i niektórych olejach, np. w oleju lnianym bogatym w kwas linolenowy lub oleju rybnym zawierającym głównie EPA i DHA. Natomiast tłuszcze pochodzenia zwierzęcego oraz większość olejów roślinnych zawiera głównie kwasy tłuszczowe z rodziny *n-6*. Doświadczalnie wykazano, iż dodatek do dawki pokarmowej komponentów paszowych bogatych w NKT powoduje wzrost ich stężenia we krwi [35], co sugeruje możliwość modyfikacji ich ilości oraz przemian w organizmie w wyniku suplementacji dawki. Oczekując efektów, należy jednak wziąć pod uwagę wszystkie możliwe przemiany zachodzące u zwierząt przeżuwających.

W przeciwieństwie do zwierząt monogastrycznych, u których pobierane wraz z paszą kwasy tłuszczowe są bezpośrednio wbudowywane w tkanki, organizm przeżuwacza jest w stanie modyfikować kwasy tłuszczowe dostarczane w dawce pokarmowej, a głównym miejscem przemian jest żwacz [11]. Przy udziale symbiotycznej mikroflory żwacza kwasy tłuszczowe ulegają dwóm głównym procesom: lipolizie i biouwodorowaniu [10]. Część NKT ulega modyfikacjom do nasyconych kwasów tłuszczowych. Dla przykładu, triglicerydy pochodzące z pasz treściwych, np. kiszonego ziarna kukurydzy (bogatego w kwas linolowy; KT *n-6*), ulegają w początkowej fazie przemian procesowi lipolizy, uwalniając wolne kwasy tłuszczowe (w tym kwas linolowy) i glicerol. Następnie kwas linolowy ulega izomeryzacji, po czym przekształcany jest przy udziale bakteryjnych reduktaz (hydrogenaz) w dwóch etapach do kwasu stearynowego (nasycony KT) [43]. Innym przykładem przemian kwasów tłuszczowych w organizmach przeżuwaczy jest obecność prozdrowotnego sprzężonego kwasu linolowego (SKL; ang. *conjugated linoleic acid* – CLA) w produktach pozyskiwanych od tych zwierząt (mięso, mleko), pomimo nieobecności tego związku w dawce pokarmowej [4]. W badaniach Jenkinsa i Bridges [19] przeanalizowano dzienne spożycie kwasu linolenowego (KT *n-3*) oraz kwasu linolowego (KT *n-6*) przez krowy, a następnie dokonano pomiaru tych samych kwasów w treści pokarmowej pozyskanej z dwunastnicy, a więc po pasażu żwacza, i odnotowano odpowiednio 84% oraz 79% strat. Rozwiązaniem, które pozwala na ominięcie przemian KT w żwaczu jest stosowanie komponentów olejowych w postaci tzw. tłuszczu chronionego (*by-pass fat*) [25], który bez modyfikacji pasażowany jest przez przedżołądki i trawieniec do dwunastnicy. Jest to możliwe m.in. dzięki zastosowaniu formy żelu bądź osłonek, które stanowią ochronę przed działaniem mikroorganizmów żwacza [41]. Podobny efekt uzyskuje się stosując sole kwasów tłuszczowych lub pełne ziarna roślin oleistych [43]. Skuteczność tego rozwiązania została potwierdzona w badaniach Caroll i wsp. [6], w których analizowano zawartość kwasu linolowego w mleku krów żywionych z dodatkiem tłuszczu chronionego, w porównaniu do grupy kontrolnej, i za-

obserwowano zwiększoną jego ilość w grupie eksperymentalnej. Odnosząc się do kwasów tłuszczowych w mleku należy dodać, iż mogą być one syntetyzowane *de novo* przez komórki gruczołu mlekowego przy udziale syntazy kwasów tłuszczowych oraz acetylo-CoA karboksylazy (krótko- i średniołańcuchowe KT; C4:0-C14:0), bądź też być przesączane z osocza (długołańcuchowe KT) [4]. Alternatywną metodą do stosowania tłuszczu chronionego, choć trudną do realizacji w warunkach produkcyjnych, jest pozajelitowe podawanie NKT, na przykład w postaci wlewu dożylnego [25].

Wzbogacanie dawki pokarmowej w nienasycone kwasy tłuszczowe wydaje się nie być powszechną praktyką w warunkach produkcyjnych w naszym kraju. Być może jest to związane z ceną i dostępnością komponentów paszowych bogatych w NKT (siemię lniane, olej rybny, komercyjne preparaty) lub brakiem wystarczającej wiedzy na temat ich wielopłaszczyznowego korzystnego oddziaływania na zwierzęta. Jednakże w ostatnich latach, m.in. z uwagi na produkcję mleka bez komponentów dawki pokarmowej zawierających GMO, obserwuje się zwiększone zainteresowanie poszukiwaniem alternatywnych źródeł białka. Makuchy, ekspelery będące dostępną alternatywą nie tylko zawierają znaczące ilości białka ogólnego, ale stanowią bardzo dobre źródło tłuszczu surowego, a tym samym KT, np. makuch lniany może być istotnym źródłem NKT. Dla przykładu, 2 kg makuchu lnianego wprowadzają do dawki pokarmowej 665 g białka ogólnego i 115 g tłuszczu surowego, w tym około 46 g KT *n-3* (analiza i opracowanie własne).

Kwasy tłuszczowe w aspekcie przemian zachodzących w organizmie są prekursorami substancji czynnych, w tym hormonów regulujących procesy rozrodcze samicy i samca. Testosteron – steroidowy hormon płciowy kluczowy dla spermatogenezy, produkowany jest w komórkach Leydiga gonady męskiej, a głównym substratem do jego syntezy jest cholesterol [34]. Co ważne, NKT są także prekursorami prostaglandyn, hormonów tkankowych odpowiedzialnych m.in. za modulację szlaków metabolicznych steroidów, w tym testosteronu [40]. Można zatem założyć, iż suplementacja dawek pokarmowych NKT wpływa na syntezę testosteronu, a w konsekwencji na spermatogenezę. Pewne zależności wykazali Shah i wsp. [29], obserwując lepszą jakość nasienia (m.in. koncentracja i ruchliwość plemników) oraz wyższe libido buhajów otrzymujących dawkę z dodatkiem oleju lnianego, w porównaniu ze zwierzętami grupy kontrolnej. Nasienie buhaja jest bogate w nienasycone kwasy tłuszczowe, które wpływają na płynność błon komórkowych plemników oraz aktywność akrosomu [40]. W nasieniu starszych buhajów (7,3 ±0,6 lat) stwierdzono mniej NKT w porównaniu z młodszymi (1,8 ±0,1 lat), co obniża płynność błon komórkowych determinującą przydatność do mrożenia i zdolności zapładniające plemników (fuzja z oocytem) [1]. Według Moalema i wsp. [23], zwiększony udział oleju lnianego i rybnego (źródła kwasów *n-3*) w dawce pokarmowej buhajów spowodował zwiększenie ogólnej ruchliwości i ruchu postępowego poszczególnych plemników. Ponadto, dodatek NKT do rozrzedzalnika nasienia buhaja wiązał się z lepszymi parametrami przeżywalności plemników po rozmrożeniu (np. ogólna ruchliwość, ruch postępowy, żywotność) w porównaniu do grupy, w której zastosowano standardowy rozrzedzalnik [39].

Główne znaczenie dla procesów rozrodczych samicy w aspekcie funkcji KT ma fakt, że są one prekursorami prostaglandyn PGF2α i PGE_2. Prostaglandyny są grupą hormonów lokalnych, które w cyklu płciowym odpowiedzialne są za moderowanie funkcji ciałka żółtego (CL), wpływając na jego regresję (PGF2α) lub utrzymanie na jajniku (PGE_2) [26]. Wykazano, że CL krowy wrażliwe jest na PGF2α (również egzogenna podaż w postaci preparatu hormonalnego) pomiędzy 5. a 17. dniem cyklu rujowego, powodując jego regresję [3]. Dobrze udokumentowano wpływ suplementacji NKT na funkcję CL krów poprzez pośrednie oddziaływanie na koncentrację progesteronu lub modyfikację syntezy prostaglandyn [8]. U przeżuwaczy liza CL zachodzi pod wpływem prostaglandyny F2α (PGF2α) syntetyzowanej przez błonę śluzową macicy [32]. PGF2α jest silnym czynnikiem luteolitycznym i prozapalnym, który hamuje produkcję progesteronu i wpływa na długość fazy lutealnej cyklu płciowego [18]. Z kolei prostaglandyna E_2 (PGE_2) ma właściwości antyluteolityczne i przeciwzapalne [18]. W fazie diestrus endometrium akumuluje kwas arachidonowy, który stanowi bezpośredni prekursor dla syntezy PGF2α i PGE_2. Wykazano, że suplementacja dawki pokarmowej przeżuwaczy kwasami *n-3* faworyzuje syntezę PGE_2, natomiast dodatek kwasów *n-6* promuje powstawanie PGF2α [20]. Na przykład, dodatek oleju lnianego (źródło kwasów z rodziny *n-3*) wywołał efekt antyluteolityczny, tzn. opóźnił luteolizę dzięki obniżeniu koncentracji PGF2α i tym samym podwyższył wskaźniki płodności krów poddanych stymulacji hormonalnej poprzez wydłużenie aktywności CL [28]. Ciałko żółte jest źródłem progesteronu, który jest hormonem niezbędnym do implantacji zarodka oraz utrzymania ciąży. Dla kontrastu, uzupełnienie dawki preparatem bogatym w KT *n-6* spowodowało wzrost stężenia PGF2α, w konsekwencji luteolizę i skrócenie aktywności CL, co niekorzystnie wpłynęło na wyniki reprodukcyjne [38]. Wykazano, że istotny wpływ na funkcje rozrodcze krów mają 2 czynniki: ilość dodawanych NKT oraz stosunek KT *n-6* do *n-3* w dawce pokarmowej. Zróżnicowanie proporcji kwasów tłuszczowych *n-6* do *n-3* (4:1, 5:1 lub 6:1) w dawce dla krów mlecznych, przy niezmienionej ich łącznej ilości, skutkowało zmianami kilku istotnych parametrów: syntezy prostaglandyn, profilu KT komórek endometrium, ekspresji genów regulujących syntezę i aktywność hormonów płciowych (np. receptor estrogenów, syntaza PGF2α) [18]. Podobne wyniki uzyskali Caldar-Tores i wsp. [5],

obserwując wyższą sekrecję PGF2α po zwiększeniu proporcji *n-6*:*n-3*.

Omawiana tematyka znaczenia suplementacji dawki pokarmowej przeżuwaczy nienasyconymi kwasami tłuszczowymi dla procesów rozrodczych ma bezpośrednie przełożenie praktyczne w hodowli bydła. Istnieje bogata literatura na temat wpływu NKT zawartych w różnych produktach paszowych na wyniki w rozrodzie. Charakter oddziaływania KT z rodzin *n-6* i *n-3* nie jest jednak jednoznaczny. Część doniesień wykazuje pozytywny wpływ KT *n-3* [22], niektóre przewagę KT *n-6* [2], a niektóre wykazują brak efektu [12].

Wykazano, że krowy pierwiastki otrzymujące dawkę pokarmową zawierającą glony (bogate źródło DHA – kwas z rodziny *n-3*) charakteryzują się bardziej regularnym cyklem rujowym oraz zwiększonym odsetkiem zacieleń po jednorazowym unasienianiu [33]. Podobne wyniki otrzymano w przypadku jałówek ras mięsnych po dodaniu do dawki pokarmowej oleju rybnego (bogate źródło KT z rodziny *n-3*) [16]. Z kolei Dirandeh i wsp. [14] odnotowali wyższy procent cielności (120. dzień po porodzie) wśród krów otrzymujących dawkę pokarmową z dodatkiem siemienia lnianego (źródło KT *n-3*) w porównaniu do zwierząt otrzymujących dodatek toastowanych ziaren sojowych (źródło KT *n-6*).

Współczesna hodowla bydła szeroko wykorzystuje popularne biotechniki wspomagające rozród (np. przenoszenie zarodków, ang. *Embryo Transfer* – ET). Ponieważ standardowy zabieg ET obejmuje stymulację hormonalną samic, kondycja zdrowotna, w tym stan układu rozrodczego zwierząt są kluczowymi czynnikami warunkującymi powodzenie tego kosztownego zabiegu. Mechanizm oddziaływania kwasów z rodziny *n-3* na jakość zarodków nie został jeszcze w pełni poznany. Jedna z hipotez sugeruje, że może to być związane ze statusem zdrowotnym macicy [7]. Subkliniczne zapalenie błony śluzowej macicy (endometritis) jest problemem powszechnym, lecz ze względu na brak wczesnych objawów klinicznych rzadko diagnozowanym w stadach bydła [42]. Stan zapalny macicy drastycznie obniża jakość zarodka i jego szanse na implantację. Kwasy z rodziny *n-3* mają właściwości przeciwzapalne, a zatem suplementacja nimi może zmniejszać ryzyko *endometritis subclinica* w stadach bydła [7].

Podobnie jak w przypadku wpływu NKT na funkcje rozrodcze, także w przypadku jakości zarodków dane literaturowe nie są jednoznaczne, choć przeważają opinie o wpływie pozytywnym. Wykazano, że dodatek NKT do dawek pokarmowych krów dawczyń może korzystnie wpływać na jakość uzyskiwanych zarodków. Cerri i wsp. [7] uzyskali większy odsetek zarodków w stadium moruli/wczesnej blastocysty (5. dzień po unasienianiu) zaklasyfikowanych jako "doskonałe" lub "dobre" od dawczyń otrzymujących dawki pokarmowe z dodatkiem KT *n-3*. Zależność tę potwierdzili Thangavelu i wsp. [37], wykazując więcej komórek, a przez to wyższą jakość blastocyst (7. dzień po unasienianiu) pozyskanych od dawczyń otrzymujących dodatek KT *n-3* w porównaniu do krów otrzymujących dodatek KT nasyconych. Obserwowano także większą liczbę zarodków wypłukanych od dawczyń żywionych dawką z dodatkiem NKT, w porównaniu do grupy kontrolnej [36]. Jednak istnieją również doniesienia o braku wpływu dodatku NKT na jakość zarodków bydła [9, 17].

Podsumowując, utrzymanie wysokiej płodności zwierząt przy intensywnej produkcji mleka stanowi problem, który można rozwiązać, stosując odpowiednie żywienie. Grupą związków chemicznych o dobrze udokumentowanym, korzystnym działaniu na rozród bydła są nienasycone kwasy tłuszczowe, szczególnie z rodziny *n-3*. Stwierdzono korzystne oddziaływanie KT *n-3* na procesy rozrodcze bydła, poprzez wykazanie ich właściwości antyluteolitycznych i przeciwzapalnych, co zwiększa szansę na zapłodnienie, implantację i utrzymanie ciąży, a także poprawia jakość nasienia i libido buhajów. Jednakże, ze względu na niejednoznaczne wyniki oraz brak wiedzy na temat mechanizmów molekularnych działania KT na procesy rozrodcze, niezbędne wydaje się prowadzenie dalszych badań w tej przestrzeni, by w pełni określić znaczenie NKT jako modulatorów płodności bydła.

Literatura: 1. Argov-Argaman N., Mahgrefthe K., Zeron Y., Roth Z., 2013 – Variation in lipid profiles within semen compartments – the bovine model of aging. Theriogenology 80 (7), 712-721. **2. Bork N., Schroeder J., Lardy G., Vonnahme K., Bauer M., Buchanan D., Shaver R., Fricke P.**, 2010 – Effect of feeding rolled flaxseed on milk fatty acid profiles and reproductive performance of dairy cows. Journal of Animal Science 88 (11), 3739-3748. **3. Boryczko Z., Jaśkowski B.M., Urbaniak K., Trela M., Bostedt H., Jaśkowski J.M.**, 2016 – Możliwości leczenia hormonalnego zaburzeń płodności u krów. Życie Weterynaryjne 91 (4), 248-253. **4. Brzozowska A., Oprzadek J.**, 2016 – Metaboism of fatty acids in tissues and organs of the ruminants – A review Animal science papers and reports 34 (3), 211-220. **5. Caldari-Torres C., Rodriguez-Sallaberry C., Greene E., Badinga L.**, 2006 – Differential effects of n-3 and n-6 fatty acids on prostaglandin F2 production by bovine endometrial cells. Journal of Dairy Science 89 (3), 971-977. **6. Carroll S., DePeters E., Rosenberg M.**, 2006 – Efficacy of a novel whey protein gel complex to increase the unsaturated fatty acid composition of bovine milk fat. Journal of Dairy Science 89 (2), 640-650. **7. Cerri R., Juchem S., Chebel R., Rutigliano H., Bruno R., Galvão K., Thatcher W., Santos J.**, 2009 – Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. Journal of Dairy Science 92 (4),1520-1531. **8. Cheng Z., Robinson R., Pushpakumara P., Mansbridge R., Wathes D.**, 2001 – Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on uterine prostaglandin synthesis in the cow. Journal of Endocrinology 171 (3), 463-473. **9. Childs S., Carter F., Lynch C., Sreenan J., Lonergan P., Hennessy A., Kenny D.**, 2008 – Embryo yield and quality following dietary supplementation of beef heifers with n-3

polyunsaturated fatty acids (PUFA). Theriogenology 70 (6), 992-1003. **10. Daley C., Abbott A., Doyle P., Nader G., Larson S.**, 2010 – A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutrition Journal 9 (1) (doi: 10.1186/1475-2891-9-10). **11. Daniel J., Resende Júnior J.**, 2012 – Absorption and metabolism of volatile fatty acids by rumen and omasum. Ciência e Agrotecnologia 36 (1), 93-99. **12. de Veth M., Bauman D., Koch W., Mann G., Pfeiffer A., Butler W.**, 2009 – Efficacy of conjugated linoleic acid for improving reproduction: A multistudy analysis in early-lactation dairy cows. Journal of Dairy Science 92 (6), 2662-2669. **13. de Vries M., Veerkamp R.**, 2000 – Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. Journal of Dairy Science 83 (1), 62-69. **14. Dirandeh E., Towhidi A., Zeinoaldini S., Ganjkhanlou M., Ansari Pirsaraei Z., Fouladi-Nashta A.**, 2013 – Effects of different polyunsaturated fatty acid supplementations during the postpartum periods of early lactating dairy cows on milk yield, metabolic responses, and reproductive performances. Journal of Animal Science 91 (2), 713-721. **15. Drackley J., Cardoso F.**, 2014 – Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. Animal 8 (s1), 5-14. **16. Elis S., Freret S., Desmarchais A., Maillard V., Cognié J., Briant E., Touzé J., Dupont M., Faverdin P., Chajès V., Uzbekova S., Monget P., Dupont J.**, 2016 – Effect of a long chain n-3 PUFA-enriched diet on production and reproduction variables in Holstein dairy cows. Animal Reproduction Science 164, 121-132. **17. Gandra J., Verdurico L., Mingoti R., Takiya C., Gardinal R., Vendramini T., Barletta R., Visintin J., Rennó F.**, 2017 – Whole flaxseed, raw soybeans, and calcium salts of fatty acids supplementation for transition cows: follicle development and embryo quality. Italian Journal of Animal Science 16 (4), 538-545. **18. Greco L., Neves Neto J., Pedrico A., Lima F., Bisinotto R., Martinez N., Ribeiro E., Thatcher W., Staples C., Santos J.**, 2018 – Effects of altering the ratio of dietary n-6 to n-3 fatty acids on spontaneous luteolysis in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 101 (11), 10536-10556. **19. Jenkins T., Bridges W.**, 2007 – Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. European Journal of Lipid Science and Technology 109 (8), 778-789. **20. Mattos R., Staples C., Arteche A., Wiltbank M., Diaz F., Jenkins T., Thatcher W.**, 2004 – The effects of feeding fish oil on uterine secretion of pgf2α, milk composition, and metabolic status of periparturient holstein cows. Journal of Dairy Science 87 (4), 921-932. **21. Mehdi Y., Dufrasne I.**, 2016 – Selenium in Cattle: A Review. Molecules 21 (4), 545. **22. Meignan T., Madouasse A., Beaudeau F., Ariza J., Lechartier C., Bareille N.**, 2019 – Does feeding extruded linseed to dairy cows improve reproductive performance in dairy herds? An observational study. Theriogenology 125, 293-301**. 23. Moallem U., Neta N., Zeron Y., Zachut M., Roth Z.**, 2015 – Dietary α-linolenic acid from flaxseed oil or eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids from fish oil differentially alter fatty acid composition and characteristics of fresh and frozen-thawed bull semen. Theriogenology 83 (7), 1110-1120. **24. Moallem U., Shafran A., Zachut M., Dekel I., Portnick Y., Arieli A.**, 2013 – Dietary α-linolenic acid from flaxseed oil improved folliculogenesis and IVF performance in dairy cows, similar to eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids from fish oil. Reproduction 146 (6), 603-614. **25. Naik P.**, 2013 – Bypass Fat in Dairy Ration – A Review. Animal Nutrition and Feed Technology 13, 147-163. **26. Okon B., Ibom L., Bassey A., Okon F**., 2016 – The role of prostaglandins in livestock production. Global Journal of Agricultural Sciences 15 (1), 27. **27. Rearte R., LeBlanc S., Corva S., de la Sota R., Lacau-Mengido I., Giuliodori M.**, 2018 – Effect of milk production on reproductive performance in dairy herds. Journal of Dairy Science 101 (8), 7575-7584. **28. Richardson G., McNiven M., Petit H., Duynisveld J.**, 2013 – The effects of dietary omega fatty acids on pregnancy rate, plasma prostaglandin metabolite levels, serum progesterone levels, and milk fatty-acid profile in beef cows. Canadian Journal Veterinary Research 77 (4), 314-318. **29. Shah S., Ali S., Zubair M., Jamil H., Ahmad N.**, 2016 – Effect of supplementation of feed with Flaxseed (Linumusitatisimum) oil on libido and semen quality of Nilli-Ravi buffalo bulls. Journal of Animal Science and Technology 58 (1), (doi: 10.1186/s40781-016-0107-3). **30. Shirazi A.**, 2016 – Early Embryonic Death in Cattle. Journal of Fertilization: In Vitro - IVF-Worldwide, Reproductive Medicine, Genetics & Stem Cell Biology 04 (01). **31. Sinedino L., Honda P., Souza L., Lock A., Boland M., Staples C., Thatcher W., Santos J.**, 2017 – Effects of supplementation with docosahexaenoic acid on reproduction of dairy cows. Reproduction 153 (5), 707-723. **32. Skarżynski D., Okuda K.**, 2010 – Inter- and intra-cellular mechanisms of prostaglandin F2a action during corpus luteum regression in cattle. Society for Reproduction and Fertility, Suppl. 67, 305-324. **33. Stamey J., Shepherd D., de Veth M., Corl B.**, 2012 – Use of algae or algal oil rich in n-3 fatty acids as a feed supplement for dairy cattle. Journal of Dairy Science 95 (9), 5269-5275. **34. Staub C., Johnson L.**, 2018 – Review: Spermatogenesis in the bull. Animal 12 (s1), 27-35. **35. Szczechowiak J., Szkudelska K., Szumacher-Strabel M., Sadkowski S., Gwozdz K., El-Sherbiny M., Kozłowska M., Rodriguez V., Cieslak A.**, 2018 – Blood hormones, metabolic parameters and fatty acid proportion in dairy cows fed condensed tannins and oils blend. Annals of Animal Science 18 (1),155-166**. 36. Takahashi M., Sawada K., Kawate N., Inaba T., Tamada H.**, 2013 – Improvement of Superovulatory Response and Pregnancy Rate after Transfer of Embryos Recovered from Japanese Black Cows Fed Rumen Bypass Polyunsaturated Fatty Acids. Journal of Veterinary Medical Science 75 (11), 1485-1490. **37. Thangavelu G., Colazo M., Ambrose D., Oba M., Okine E., Dyck M.**, 2007 – Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. Theriogenology 68 (7), 949-957. **38. Thatcher W., Bilby T., Bartolome J., Silvestre F., Staples C., Santos J.**, 2006 – Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. Theriogenology 65 (1), 30-44. **39. Towhidi A., Parks J.**, 2012 – Effect of n-3 fatty acids and α-tocopherol on post-thaw parameters and fatty acid composition of bovine sperm. Journal of Assisted Reproduction and Genetics 29 (10), 1051-1056. **40. Tran L., Malla B., Kumar S., Tyagi A.**, 2016 – Polyunsaturated Fatty Acids in Male Ruminant Reproduction – A Review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 30 (5), 622-637. **41. Tyagi N., Thakur S., Shelke S.**, 2010 – Effect of bypass fat supplementation on productive and reproductive performance in crossbred cows. Tropical Animal Health and Production 42 (8), 1749-1755. **42. Vallejo D., Chaves C., Benavides C., Astaíza J., Zambrano W.**, 2018 – Occurrence of Subclinical Endometritis in Dairy Cattle and Effect on Reproductive Efficiency. Acta Scientiae Veterinariae 46 (1), 7. **43. Vovk S., Pavkovych S.**, 2016 – Protected lipids and fatty acids in rations of feeding of cattle. Visnyk Agrarnoi Nauky 94 (4), 48-51.