

Aspekty żywieniowe w profilaktyce i leczeniu wspomagającym astmy koni

ALEKSANDRA PIECUCH¹, ANNA CYWIŃSKA²

¹Centrum Medycyny Translacyjnej SGGW, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

²Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

Otrzymano 12.11.2021

Zaakceptowano 12.03.2022

Piecuch A., Cywińska A.

Role of nutrition in prevention and supportive therapy of equine asthma

Summary

Equine asthma and particularly severe equine asthma are commonly diagnosed diseases in adult horses. Exacerbations are triggered mostly by inhalation of environmental allergens that are most commonly found in hay, but also in other feed and bedding. The disease is incurable, so the use of all potentially helpful methods is required. The diet is a modifiable environmental factor that has a significant impact on the homeostasis of the organism. The aim of the study was to analyze selected components of the diet that could be useful in prevention and supportive therapy of equine asthma. Taking into account the nature of the disease, as well as the medical history and clinical condition of the patient, the effects of treatment can be improved by selecting appropriate feed and supplements. The most important components of a diet suitable for asthmatic horses include high quality, not dusty hay or haylage, antioxidants and omega 3 fatty acids.

Keywords: horses, equine asthma, equine nutrition

Choroby dolnych dróg oddechowych są często rozpoznawane u koni wykazujących spadek wydolności lub niezadowalające efekty treningu (2). Wśród tych zaburzeń coraz częściej diagnozowana jest astma koni (Equine Asthma – EA). Choroba ta występuje u 10% do nawet 100% koni w zależności od badanej populacji, a jej przyczyny związane są głównie z warunkami zoohigienicznymi panującymi w stajniach oraz sposobem żywienia (50). Objawy EA to głównie intensywna praca mięśni tłoczni brzusznej podczas oddychania (pojawienie się tak zwanej rynienki oddechowej i w poważnych przypadkach dwutaktowego wydechu), kaszel i nadreaktywność dróg oddechowych, a także gromadzenie się tam śluzu zawierającego liczne neutrofile. Rozpoznanie klinicznej postaci choroby zazwyczaj nie stanowi większego problemu dla lekarza weterynarii, ani dla właściciela. Od 2016 r. wyróżniane są trzy jej główne fenotypy: postać łagodna (mild EA), umiarkowana (moderate EA) i ciężka (severe EA, SEA). Obecnie kładzie się coraz większy nacisk na wyodrębnienie również endotypów choroby. Endotyp opisuje podtyp choroby w oparciu o mechanizmy molekularne jej patogenezę oraz warianty genetyczne, a także odpowiedź na konkretny schemat leczenia. Ma to dwojaki wymiar: po pierwsze, uczynić protokoły terapii maksymalnie celowanymi, a przez to skutecznymi, a po drugie – umożliwić w przyszłości efektywne

wykrywanie łagodnych postaci subklinicznych. Astma koni jest chorobą polietiologiczną. Do jej rozwoju w postaci klinicznej potrzebne są dwie składowe: podatny osobnik oraz stałe narażenie na alergen. Wśród czynników predysponujących do wystąpienia choroby znajdują się m.in.: wiek i czynniki genetyczne, natomiast największą rolę odgrywają warunki, w jakich żyje zwierzę oraz sposób i rodzaj żywienia. Wykazano bowiem, iż przebywanie w zapyłonym środowisku stajennym oraz podaż słabej jakości siana było powiązane z wystąpieniem, a także zaostrzeniem choroby (39). Do czynników najczęściej wywołujących reakcję alergiczną należą roztocza kurzu domowego, pyłki traw i drzew, pleśnie (szczególnie *Aspergillus*) i promieniowce. Potwierdzenia wymaga potencjalne powiązanie niektórych wirusów (wirus grypy koni – EIV, herpeswirusy koni – EHV, wirusy nieżyty nosa koni – ERV) (31) i bakterii (*Streptococcus equi subsp. zooepidemicus*, *Actinobacillus* spp., *Pasteurella* spp.) (52) jako czynników inicjujących chorobę, a nie jedynie jako wikłających.

Odpowiednia modyfikacja diety wydaje się obecnie jednym spośród modyfikowalnych elementów środowiskowych mających znaczący wpływ na homeostazę organizmu. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnej wiedzy na temat wpływu żywienia na przebieg astmy koni.

Włókno jako podstawa diety

Włókno jest podstawowym składnikiem diety koni i powinno być dostarczane w ilości 1,5-2% masy ciała na dobę (5). Obecnie większość koni pozbawiona jest możliwości naturalnego wypasu i podstawą ich diety jest siano. Siano przeciętnej jakości może zawierać wiele składników uznanych za potencjalnie szkodliwe i alergenne (12), dodatkowo w czasie suszenia i przechowywania jest narażone na kontakt z kurzem, pajęczynami, gryzoniami i wieloma innymi czynnikami środowiskowymi, które zwiększają w nim ilość alergenów. Zapewnienie odpowiedniej jakości siana jest kluczowym elementem postępowania u koni z astmą, musi jednak łączyć się z odpowiednimi warunkami utrzymania.

U koni z SEA zaleca się całoroczne utrzymanie bezstajenne i wolny wypas, ewentualnie stajnie przewiewne z podłożem bardzo wysokiej jakości. Nie zawsze jednak właściciel ma możliwość całodobowego utrzymania koni na świeżym powietrzu. Alternatywą jest wówczas poprawa wentylacji w stajni (powietrze powinno być wymieniane minimum 5 razy w ciągu godziny), stosowanie odpowiedniej ściółki, takiej jak: torf, odpylone trociny, ściółka lniana, pellet ze słomy czy granulaty, unikanie pyłących prac stajennych w obecności koni, właściwa higiena pomieszczeń oraz dobrej jakości bezpyłowa pasza.

Materiały ściółkowe mają duży wpływ na higienę powietrza w stajni, a tym samym na rozwój i zaostrenie astmy u przebywających tam koni. Wiedza na temat wpływu różnych rodzajów ściółki na zapalenie dolnych dróg oddechowych koni jest jednak ograniczona. Większość powszechnie dostępnych informacji jest powtarzanych przez hodowców bez poparcia konkretnymi badaniami. W przypadku ściółki badania nie potwierdziły związku pomiędzy różnymi rodzajami podłoża a liczbą neutrofili w popłuczynach oskrzelowo-pęcherzykowych (bronchoalveolar lavage fluid – BALF) (60), co jest jednym z podstawowych parametrów w ocenie stanu dróg oddechowych koni. Warto też dodać, że nie stwierdzono również znacznej różnicy, jeśli chodzi o ilość alergenów w przypadku bardzo dobrej jakości słomy i trocin (83). Najpopularniejsza słoma pszeniczna ma tendencję do największego pylenia. Należy zwrócić uwagę na jej kolor (powinien być wyraźnie żółty, jednolity, bez plam i odbarwień), czystość (brak fragmentów gałęzi, łodyg chwastów, ziemi), wilgotność (nie więcej niż 15%, słoma powinna być lekka i zupełnie sucha w dotyku), zapach (łagodny, bez ostrych czy nieprzyjemnych nut) i przede wszystkim obecność kurzu i pyłu przy otwarciu beli. Poza słomą pszeniczną, dostępna jest również owsiana, która zazwyczaj jest mniej pylista, oraz jęczmienna. Tej ostatniej nie poleca się dla koni, często bowiem może dawać odczyny alergiczne, a nawet być powodem morzyska. Zawartość pyłu w słomie określanej jako dobra jakościowo opisano jako

1,6-5,1 × 10³ cząsteczek (0,5-5 μm)/litra powietrza (83). Stosowanie słomy odpowiedniej jakości ma dodatkowe zalety. Swobodny dostęp do słomy w boksie zaspokaja potrzebę długotrwałego pobierania pokarmu i żucia, ogranicza występowanie stereotypii (22) oraz pomaga w zwiększeniu masy ciała u osobników z niedowagą. Mimo że słoma jest uboga w związki odżywcze, to zawiera dużą ilość węglowodanów niestrukturalnych, przez co dobrze wypełnia przewód pokarmowy (72).

W przypadku braku dostępu do jakościowo odpowiedniej słomy można wybrać komercyjne trociny bezpyłowe i torf. Niektóre ich rodzaje zawierają dodatkowo olejki eteryczne (np. sosnowe), które nie tylko korzystnie wpływają na drogi oddechowe, ale również przeciwdziałają rozwojowi grzybów i pleśni w podłożu, co redukuje ilość alergenów w środowisku. Torf jest również popularnym materiałem ściółkowym w krajach, gdzie jest łatwo dostępny i ekonomiczny, np. w krajach skandynawskich i bałtyckich. Ściółka torfowa jest powszechnie uważana za dobry wybór dla koni cierpiących na choroby układu oddechowego, ale nie ma na to dowodów naukowych (75).

Nawet jeśli koń stoi na doskonałej jakości podłożu, wciąż absolutną podstawą przeciwdziałania wystąpieniu choroby, a także łagodzenia już istniejących objawów jest jakość siana. Wyniki eksperymentalnej ekspozycji koni dotkniętych SEA dowiodły, iż zawiesina pyłu z siana wzmacnia działanie endotoksyn i alergennych składników w nim zawartych (70).

Jakość siana zależy nie tylko od jego składu botanicznego, ale również sposobu pozyskiwania, suszenia i przechowywania. Badania wykazują, że siano mocno pyłące może pochodzić z tego samego źródła, co niepyłące, ale w wyniku np. zamoknięcia może stać się mniej wartościowe (83).

Karmienie koni sianem bezpośrednio z okrągłej beli wiąże się z dużo większym narażeniem na kontakt z alergenami i znacznym wzrostem liczby neutrofili w BALF oraz wzrostem grudek chłonnych błony śluzowej oskrzeli niż przy karmieniu tej samej jakości sianem pochodzącym z kostek (48). Okazuje się bowiem, iż siano pochodzące z beli zwiększa narażenie konia na wdychanie pyłu, ponieważ zwierzęta mają tendencję do jedzenia ze środka beli oraz intensywnego potrząsania i szarpania w celu oddzielania porcji. Dodatkowo w dużych belach, zwłaszcza nieodpowiednio wysuszonych i mocno ściśniętych dochodzi do intensywnego wzrostu bakterii beztlenowych, głównie *Clostridium botulinum* (34) i grzybów np. z rodzajów *Aspergillus* i *Fusarium* (53). Dlatego w miarę możliwości, jeśli nie ma pewności co do źródła i jakości siana, lepiej wybrać wariant w kostkach.

Zawartość pyłu może nieznacznie różnić się w sianie z kolejnych pokosów, jednak sam pokos nie jest czynnikiem decydującym o pylistości. Wyniki niektórych badań sugerują, że siano z pierwszego pokosu zawiera nieco mniej kurzu i pleśni, ale są to różnice mało istotne z punktu widzenia klinicznego występowania EA.

Dużo ważniejsze są: sposób i czas suszenia oraz warunki pogodowe po sianokosach. Belowanie siana zbyt wilgotnego (np. zmoczonego deszczem przed zbiorem) prowadzi do intensywnego wzrostu pleśni i w rezultacie do późniejszego zwiększonego jego zapylenia i skażenia endotoksynami (13). Idealne siano powinno mieć maksymalną wilgotność na poziomie 15% (20).

Ilość alergenów

w sianie można ograniczyć poprzez moczenie lub parowanie beli, ale warto zaznaczyć, że samo zmoczenie siana przynosi bardzo niewielki efekt. Parowanie, poza zmniejszeniem pylenia, dzięki wysokiej temperaturze niszczy dużą część drobnoustrojów i mykotoksyn (tab. 1). Doświadczalnie, mocząc i parując siano przez różny czas, stwierdzono, że najlepsze efekty przynosiło moczenie siana przez minimum 9 godzin, a następnie parowanie przez minimum 50 minut (7, 58).

Taka procedura jednak nie znajduje zastosowania w praktyce, gdyż jest nie tylko uciążliwa dla hodowcy, ale również przyczynia się do obniżenia smakowitości paszy oraz pozbawia ją wielu cennych składników odżywczych. Wykazano, że już 15-minutowe moczenie siana powoduje straty fosforu, potasu, magnezu, cynku, manganu, miedzi i żelaza, na tyle istotne, że należy uwzględnić je w suplementacji codziennej diety (8). Dłuższe, 24-godzinne moczenie siana, a zwłaszcza sianokiszonki, w wodzie skutkuje znaczącym zwiększeniem liczby drożdży, enterobakterii i bakterii mlekowych oraz zmniejszeniem liczby zarodników pleśni (63). Nie stwierdzono jednak istotnego znaczenia tych zabiegów w kontekście liczby neutrofilii w drogach oddechowych u koni z ciężką astmą. Doprowadziło to natomiast do zmniejszenia ilości śluzu gromadzącego się w drogach oddechowych (70). Niezależnie od tego, czy siano jest moczone, czy parowane należy bezwzględnie usunąć niewykorzystane siano z boksu lub pastwiska, gdyż jest ono bardzo podatne na rozwój pleśni.

Alternatywą dla siana z beli czy z kostki może być stosowanie produktów komercyjnych, takich jak siano w formie pelletu (trawokulki), siano pakowane próżniowo lub sianokiszonki. Siano pakowane jest zwykle suszone maszynowo, dzięki czemu ma wyższą jakość i wartość odżywczą w porównaniu do suszonego w warunkach naturalnych

Tab. 1. Wpływ praktyk rolniczych na jakość siana

Rodzaj siana	Całkowita ilość pyłu zawieszonego w powietrzu uwolniona z 1 g	Zawartość bakterii w 1 g (CFU/g) × 10 ³	Zawartość pleśni w 1 g (CFU/g)
Siano wczesny pokos	509 (77)	29 (77)	11 × 10 ³ (33) 29 × 10 ² (77)
Kiszonka z siana wczesnego pokosu	4 (77)	11 (77)	1,2 × 10 ³ (77)
Siano z późnego pokosu średnio	570 (77)	72 (77) 530 (33)	1,7 × 10 ³ 1 × 10 ⁴ (55)
Siano z późnego pokosu min. 75% suchej masy	861 (77)	1954 (77) 3000	2 × 10 ⁴ (55)
Siano z późnego pokosu zmoczone deszczem przed zebraniem	1479 (77)	22153 (77)	5,3 × 10 ³ (33)
Kiszonka z siana późnego pokosu	8 (77)	5 (77)	5 × 10 ² (55)
Siano z drugiego pokosu	430 (77)	1572 (77)	–
Siano moczone	0,03 * (59)	186,2 120 (63)	0,39 × 10 ³ 36 (63)
Siano parowane	1,6** (38)	0,012 (59) 0,74 10-17 (33)	0,005 × 10 ³ (59) 0,002 × 10 ³ lub 0 ***

Objaśnienia: *10 minut w 16°C; ** ok. 50 min w 100°C; *** w temperaturze > 80°C i > 20 min (33)

oraz, co istotne, jest uważane za wolne od pleśni i kurzu (22).

Podaż siana w formie pelletu ma udowodnione działanie normalizujące czynność płuc oraz obraz cytologiczny dróg oddechowych koni z astmą (18), jednakże jest ono droższe oraz, co ważniejsze, jego podaż może powodować zaburzenia behawioralne u niektórych zwierząt (27). Brak możliwości pobierania siana w typowej formie oraz związany z tym brak żucia porcji pokarmu i mniejsza całkowita objętość paszy może powodować np. łykawość czy tendencje do zjadania ściółki. Najprawdopodobniej jest to związane z brakiem zajęcia w boksie, możliwe też, że zwiększone wypełnienie jelit podczas jedzenia siana zamiast pelletu wpływa na równowagę hormonalną, a w efekcie na zachowanie i nastrój zwierzęcia. Siano w formie pelletu jest za to lepiej przyswajane przez konie, co może powodować u nich zwiększone przyrosty wagowe. Nie zawsze jest to wadą, gdyż wiele koni z SEA ma tendencję do znacznej utraty masy ciała (25, 54). Pellet jest dobrym wyborem dla starszych koni o słabszym uzębieniu, ponieważ można go podawać w formie moczonej. Wybór trawokulek na rynku jest ogromny, wiele z nich jest wzbogaconych o minerały, witaminy i zioła, zawierają też różne ilości włókna oraz różnej długości źdźbła. Z łatwością można więc dobrać je indywidualnie do potrzeb konkretnego zwierzęcia. Aby wydłużyć czas jedzenia, można symulować wypas, używając dostępnych w handlu automatycznych dozowników pelletów, które podają z góry określoną ilość paszy w zaplanowanych odstępach czasu w ciągu dnia.

Podobne efekty do karmienia pelletem uzyskano, skarmiając konie sianem poddanym wcześniej mechanicznej obróbce oraz olejowaniu olejem sojowym (39). Systemy olejowania są proste w codziennym użytkowaniu oraz pozwalają na zachowanie naturalnej

struktury siana. Jest ono chętnie spożywane, jednakże może powodować dość znaczny wzrost masy ciała koni – średnio 20 kg w ciągu 3 miesięcy (39). Jednakże doświadczalnie wykazano, iż codzienne stosowanie takiej diety znacznie poprawiło kliniczny stan u koni z ciężką astmą (39). Olejowanie wydaje się lepiej łączyć zarodniki grzybów i cząsteczki kurzu obecne w sianie, zmniejszając ilość wdychanych przez konie antygenów podczas karmienia niż samo moczenie siana (39). Zatem ten rodzaj siana doskonale sprawdzi się u koni kachektycznych, chorujących przewlekłe.

Kolejną alternatywą dla siana jest sianokiszonka, czyli pasza zakonserwowana biologicznie w wyniku fermentacji lub chemicznie przez dodanie odpowiednich konserwantów (61). Siano na sianokiszonkę cięte w odpowiednim czasie zawiera od 50% do 70% suchej masy, co bardzo ogranicza ilość pyłu. Jednocześnie stworzenie beztlenowych warunków zapobiega niepożądanemu rozwojowi grzybów i bakterii tlenowych (27). Kiszonki dostarczają większej ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w porównaniu do siana i taki jest ich prawdopodobny mechanizm działania w łagodzeniu stanów zapalnych dróg oddechowych (66). W badaniach, w których jedyną zmianą wprowadzoną u koni z objawami astmy była zamiana siana na sianokiszonkę lub siano parowane, podanie sianokiszonki zdecydowanie skuteczniej redukowało liczbę komórek zapalnych w BALF (66). Trzeba wziąć pod uwagę fakt, że sianokiszonka musi być dobrej jakości i pochodzić z pewnego źródła. Po otwarciu balotu sianokiszonki należy skarmić ją szybko, co w przypadku takiej diety u pojedynczych zwierząt jest zwykle niemożliwe. W zależności od temperatury, składu i stopnia zbitcia kiszonki wewnątrz balotu, pozostaje ona bezpieczna do spożycia od 12 do 130 godzin od kontaktu ze środowiskiem tlenowym (62). Trzeba jednak pamiętać, że źle przygotowany produkt może być źródłem toksyny botulinowej. Inne szkodliwe metabolity wykrywane w sianokiszonce mogą być, nie tylko w dużych, ale również w niskich, lecz powtarzanych dawkach mutagenne, neurotoksyczne lub działać immunosupresyjnie (4). Ważne, aby w żywieniu koni nie wykorzystywać ciężkich, wysokokalorycznych kiszonek przeznaczonych dla bydła, ponieważ są one zbyt bogate w białko, fruktany oraz zawierają za mało włókna. Sianokiszonka przeznaczona dla koni powinna być również mocniej podsuszona przed owinięciem niż ta przeznaczona dla bydła. Rzadko rekomendowana w żywieniu koni jest popularna wśród hodowców trzody chlewnej kiszonka z kukurydzy, z racji nadmiernego obniżania pH przewodu pokarmowego. Jej podaż może być uzasadniona jedynie jako dodatek paszowy u młodych rosnących koni (23), raczej nigdy jako podstawa diety. Podaż sianokiszonki powinna być przemyślana i stosowana ostrożnie u koni ze zdiagnozowanymi zaburzeniami przewodu pokarmowego, zwłaszcza cierpiących na chorobę wrzodową.

W przypadku diety opartej na sianokiszonce warto rozważyć szczepienie przeciwko botulizmowi. W Polsce szczepionka nie jest dostępna, można ją natomiast importować ze Stanów Zjednoczonych. Wniosek o zgodę na taki zakup należy składać do Głównego Lekarza Weterynarii (46), a szczepienia ponawiać co roku.

Przeciwpalne działanie kwasów omega-3

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 od lat są polecane w leczeniu wspomagającym chorób o podłożu alergicznym. Znajdują zastosowanie w terapii astmy alergicznej ludzi, kotów i koni oraz w leczeniu wspomagającym atopowego zapalenia skóry u psów (CAD). Kwas omega-3 PUFA (DHA) jest metabolizowany przez enzymy lipooksygenazy, cyklooksygenazy i epooksygenazy, a jednym z produktów są rezolwiny, które powstają w fazie wygaszania stanu zapalnego, w wyniku interakcji międzykomórkowych (79). Inicjują one regenerację tkanek oraz działają jako mediatory przeciwzapalne, regulując np. napływ neutrofili i makrofagów do płuc (32).

Większość badań klinicznych oceniających u ludzi skuteczność kwasów tłuszczowych omega-3 PUFA w przewlekłym zapaleniu płuc wykazała korzystne efekty ich działania, jednak w przypadku uszkodzeń o charakterze ostrym nie stwierdzano istotnie pozytywnych efektów (27). Wielonienasycone kwasy tłuszczowe stosowane w diecie koni korzystnie modulują odpowiedź zapalną i mogą być wartościowym dodatkiem w leczeniu łagodnej i średniozaawansowanej astmy, choć, z drugiej strony, nie mają wpływu na przebieg ciężkich epizodów choroby. Suplementacja preparatami zawierającym 1,5-3 g DHA powinna trwać min. 2 miesiące w celu uzyskania optymalnych efektów oraz być połączona z postępowaniem ograniczającym narażenie koni na pył w stajni oraz z dietą niskopyłową (65).

Oleje bogate w DHA polecane dla koni w celach leczniczych, to np. olej rybny czy olej lniany, który zawiera dodatkowo kwas α -linolenowy w wysokim stężeniu. W badaniach wykazano jego skuteczność w leczeniu nie tylko astmy, ale też letniej egzemy (69). Oleje są tanim i bezpiecznym sposobem dostarczania kwasów omega-3, powinno się jednak co ok. 3-4 miesiące ich stosowania zrobić 3-4-tygodniową przerwę. Wskazane jest również regularne kontrolowanie czynności wątroby, gdyż w przypadku zaburzeń jej czynności podaż olei jest niewskazana.

Układ immunologiczny a probiotyki w diecie

Probiotyki są definiowane jako preparaty lub produkty żywnościowe zawierające żywe mikroorganizmy, które podawane w odpowiednich ilościach przynoszą korzyści zdrowotne zwierzęciu – gospodarzowi (30). Jedną z najistotniejszych ich zalet jest interakcja z mechanizmami wrodzonej i nabytej odpowiedzi immunologicznej, co może zwiększać ogólną odporność

zwierzęcia na patogeny (30). Mikrobiota układu oddechowego stanowi ważną linię obrony, przeciwdziałającą kolonizacji tej okolicy przez chorobotwórcze bakterie, wirusy i grzyby.

Od dawna wiadomo, że mikrobiom przewodu pokarmowego ma zasadnicze znaczenie dla rozwoju tolerancji na antygeny. Coraz więcej badań wskazuje, że rozwój astmy ma wpływ na skład mikrobioty jelitowej i dróg oddechowych (6). Nie ogranicza się to tylko do zmiany rodzaju i liczby samych bakterii, grzybów i pierwotniaków, ale także do ilości wytwarzanych mediatorów, takich jak peptydoglikany i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, które najprawdopodobniej mają właściwości immunomodulujące. Badania nad astmą u ludzi wykazały powiązanie między jakością mikrobioty przewodu pokarmowego oraz dróg oddechowych a zwiększoną częstością zachorowań (2, 81, 82). Skład ilościowy i jakościowy bakterii zasiedlających dolne drogi oddechowe i przewód pokarmowy jest różny u osobników zdrowych i chorych na astmę (9).

Dokładne mechanizmy, dzięki którym probiotyki podawane doustnie mogą modulować odpowiedź immunologiczną w drogach oddechowych, są niejasne. Prawdopodobnie działanie to odbywa się poprzez krążące i lokalne komórki T obecne m.in. w GALT (gut-associated lymphoid tissue – tkanka limfatyczna przewodu pokarmowego) i to wywołuje pośrednio poprawę w układzie oddechowym. Takiej aktywacji ulegają również prozapalne komórki NK i makrofagi błony śluzowej dróg oddechowych (26).

Jak wspomniano, dokładne mechanizmy działania probiotyków w kontekście ich wpływu na układ odpornościowy wciąż wymagają badań, natomiast wiele publikacji już sugeruje, że ich użycie może doprowadzić do nowych strategii terapeutycznych mających na celu modulowanie składu mikrobiomu oddechowego oraz jelitowego celem zmniejszenia podatności na rozwój astmy (19, 25, 86). Badania przeprowadzone u koni dotyczyły tylko osobników dorosłych, natomiast większość dostępnej literatury na temat probiotyków koncentruje się na zmianach w okresie neonatalnym. Podejrzewa się, że zaburzenia rozwoju mikrobioty w młodym wieku wpływają na późniejsze pojawienie się nadwrażliwości, a zmiany stwierdzane u osobników dorosłych mogą mieć już mniejsze znaczenie (6). Badania przeprowadzone na grupie koni zdrowych i cierpiących na EA wykazały różnice w składzie mikrobioty dolnych dróg oddechowych, co ciekawe, nie wykazano takich różnic, jeśli chodzi o górne drogi oddechowe (21) między końmi podczas zaostrzeń choroby. U koni z EA w okresie zaostrzenia choroby stwierdzono zmiany ilościowe i jakościowe populacji bakterii, np. wzrost udziału *Firmicutes* w stosunku do *Bacteroidetes*, zwiększoną reprezentację *Prevotella*. Mniejsze różnice były obserwowane, gdy konie chore nie manifestowały objawów klinicznych, co sugeruje, że zmiany w mikrobiocie kałowej mogą być wtórne do zaostrzenia, jednak ze względu na małą liczbę zwierząt

badanych nie można tego stwierdzić z całą pewnością (49). U koni zdrowych, po wprowadzeniu do diety złej jakości siana nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w mikrobiomie (49). Zaobserwowano również, iż w przypadku zmiany diety u koni z astmą wolniej dochodzi do zmian przystosowawczych w mikrobiomie jelit niż u koni zdrowych.

Należy brać pod uwagę również to, że konie przebywające razem w danej przestrzeni, stajni czy pastwisku, z czasem zaczynają dzielić ze sobą mikrobiom błon śluzowych i dochodzi do swego rodzaju jego „uśrednienia”, co zaburza wyniki tego typu badań (11, 14, 80).

Ciekawym badaniem w kontekście probiotyków w leczeniu astmy były próby podawania bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Bakterie kwasu mlekowego, należą do grupy, która stanowi znaczną część mikrobioty w przewodzie pokarmowym koni (37). Badano między innymi ich skuteczność w zależności od drogi podania. W celu uzyskania bezpośredniego wpływu na drogi oddechowe podawano je donosowo (80). Okazało się jednak, że droga podania nie ma istotnego znaczenia, jeśli chodzi o ich wpływ na mikrobiom dróg oddechowych, a podanie donosowe jest uciążliwe. Podobnie jak inne probiotyki, np. popularne w produktach dla koni *Saccharomyces*, *Lactobacillus* nie jest w stanie skolonizować przewodu pokarmowego dorosłych koni (możliwe jest to jedynie u źrebiąt), dlatego w celu zachowania jego potencjalnie immunomodulujących właściwości musi być codziennie podawany w paszy. Wybierając więc produkt o działaniu probiotycznym należy nie tylko uwzględnić jego skład (najlepsze są produkty zawierające więcej niż jeden aktywny szczep bakterii), ale także wartość CFU (colony forming units – jednostki tworzące kolonie), który powinien znajdować się na etykiecie. Badania sugerują, że minimalna ilość to 10^{11} CFU, dla koni z zaburzeniami odpornościowymi, a w przypadku dysfunkcji przewodu pokarmowego powinno ich być więcej, nawet 4×10^{11} dziennie (71). Skuteczność probiotyków w schorzeniach układu oddechowego koni wymaga dalszych badań, konieczne jest bowiem ustalenie odpowiednich stężeń, częstości podawania i optymalnych kombinacji różnych szczepów mikroorganizmów, które zapewnią największą skuteczność profilaktyczną lub terapeutyczną.

Immunostymulatory – niedoceniany element diety

Sporadycznie występujące mikrouszkodzenia nabłonka układu oddechowego, pojawiające się podczas łagodnych epizodów astmy, zakażeń wirusowych lub bakteryjnych układu oddechowego, zwiększają ryzyko wystąpienia ciężkiej astmy u koni nawet 10-krotnie (10). Pokazuje to, jak ważne są regularne szczepienia ochronne, warunki zoohigieniczne panujące w stajni oraz prawidłowo zbilansowana dieta wspierająca układ immunologiczny.

Popularnym immunostymulatorem jest beta glukan, brak jest jednak danych na temat jego skuteczności

w terapii astmy koni. Z jednej strony, wydaje się on bezpiecznym suplementem, z drugiej jednak należy mieć na uwadze, że beta glukan pochodzący ze zbóż, niektórych gatunków grzybów oraz siana stanowi jeden z silniejszych alergenów. Wprawdzie nie stymulował on ekspresji cytokin prozapalnych w komórkach jednojądrzastych izolowanych od koni chorych na astmę (1), ale w badaniach na innych modelach zwierzęcych stwierdzono zwiększoną ekspresję np. prozapalnego interferonu gamma (55, 67) po jego zastosowaniu. Brak jest, niestety, doniesień potwierdzających efekt podobnego działania beta glukanu u koni w badaniach *in vivo*. Podsumowując, obecny stan wiedzy nie upoważnia do uznania beta glukanu za w pełni bezpieczny do użytku u astmatycznych koni.

Korzystne działanie na układ immunologiczny przypisuje się owocom czarnego bzu (*Sambucus nigra*), które są od dawna wykorzystywane we wspomaganiu terapii przeciwwirusowej u ludzi. W swoim składzie zawierają flawonoidy, witaminę C, substancje działające wykrztuśnie i rozkurczowo oraz uszczelniające naczynia włosowate i zwiększające elastyczność ich ścian. Czarny bez zawiera glikozydy cyjanogenne (np. sambunigrinę), które są hydrolizowane do cyjanowodoru (HCN) w przewodzie pokarmowym (84). Ma on działanie przeciwwirusowe i immunostymulujące (28), jednak w większych dawkach może być niebezpieczny, dlatego nie należy nigdy podawać zwierzętom surowych owoców czarnego bzu, gdyż łatwo przekroczyć dawkę toksyczną (78).

Mimo to owoce czarnego bzu są powszechnie używane przez właścicieli koni, są też dostępne komercyjnie jako suplement diety. Poza subiektywnie pozytywnymi obserwacjami właścicieli zwierząt brak jest jednak naukowych dowodów na jego skuteczność w terapii EA. U myszy natomiast potwierdzono, iż wyciąg z kory czarnego bzu posiada przeciwaastmatyczne działanie, które ma wielotorowy przebieg, mianowicie moduluje odpowiedź typu Th2, reguluje przebieg procesu zapalnego i stresu oksydacyjnego. Wykazano, iż znacząco zmniejszył on naciek komórek zapalnych, pogrubienie ściany pęcherzyków płucnych oraz przekrwienie w płucach (3). Dawka do 25 mg/kg została uznana za bezpieczną dla myszy, natomiast wciąż brak jest badań dotyczących jego stosowania u koni.

Innym powszechnie stosowanym immunostymulatorem jest imbir (*Panax spp.*). Zmniejsza on ekspresję IL-1, IL-6, COX-2 oraz tłumi uwalnianie histaminy i leukotrienów (73). Podobny efekt ma szeroko stosowana u koni jeżówka (*Echinacea*) (83, 85), która posiada udowodnione działanie redukcji neutrofili we krwi obwodowej (68).

Skutecznym suplementem podnoszącym odporność, zarówno u ludzi, jak i u zwierząt może okazać się też kurkuma (35, 56). Aktywny składnik kurkumy, polifenol kurkumina jest wysoce skuteczny w działaniu skierowanym przeciwko szerokiej gamie patogenów (87). W badaniu, w którym koniom z objawami SEA

podawano w inhalacji wodny roztwór kurkuminy, wykazano spadek procentowej zawartości neutrofili oraz redukcję aktywności enzymów proteolitycznych w BALF (76). W kolejnych badaniach warto sprawdzić oddziaływanie kurkuminy podawanej *per os* u koni z astmą.

Antyoksydanty – niezbędny element żywienia

Niewystarczająca ilość antyoksydantów oraz nadmiar wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) omega-6 w stosunku do omega-3 mogą przyczynić się do rozwoju astmy i nasilenia jej objawów zarówno u ludzi, jak i u zwierząt (51). Uogólniony oraz miejscowy (w tym przypadku w płucach) stres oksydacyjny oraz dysproporcja pomiędzy wolnymi rodnikami tlenowymi i przeciwutleniaczami może pobudzać rozwój zapalenia poprzez uszkodzenia komórek i w ten sposób sprzyjać rozwojowi astmy ogólnie (64). Dodatkowo zapalenie dróg oddechowych u koni z SEA jest związane ze zwiększeniem specyficznych markerów stresu oksydacyjnego, np. 8-izoprostanu (44).

Witamina C jest szeroko stosowana u koni. U zwierząt zdrowych, nie poddawanych stresowi czy dużemu wysiłkowi suplementacja jest niewskazana, ponieważ witamina C jest wytwarzana endogennie, zewnętrzna podaż może zaburzyć naturalne szlaki metaboliczne i w rezultacie skutkować obniżeniem jej stężenia w osoczu, a tym samym zmniejszeniem odporności (24). U koni z ciężką postacią astmy, zwłaszcza tych starszych stwierdza się jednak znaczny spadek stężenia kwasu askorbinowego w osoczu oraz nabłonku dróg oddechowych (16). Dieta uwzględniająca zastosowanie przeciwutleniaczy powinna być zalecana koniom narażonym na warunki sprzyjające występowaniu astmy, na przykład żyjącym w słabo wentylowanych stajniach, w których spędzają większą część dnia lub których przynajmniej jedno z rodziców chorowało na tę chorobę. Korzystne efekty zdrowotne zaobserwowano przy podaży witaminy C w dawce 9-10 mg/kg masy ciała, w połączeniu z witaminą E (5 mg/kg masy ciała) (43).

Poza witaminami C i E do silnych przeciwutleniaczy należy peroksydaza glutationowa, której prawidłowa aktywność jest zależna od odpowiedniego poziomu selenu w osoczu, dlatego poziom tego pierwiastka w organizmie powinien być regularnie monitorowany u koni z astmą, a zwłaszcza z u tych z jej ciężką kliniczną postacią (43).

Zawarte w aldze morskiej – spirulina i fikocyjanina, mogą selektywnie hamować uwalnianie histaminy z komórek tucznych, także zapobiegać wzrostowi stężenia IgE w surowicy (42). Wykazano, że suplementacja spiruliną w ilości 1 g dziennie u pacjentów z astmą (od łagodnej do umiarkowanej) poprawiła parametry czynnościowe płuc (36, 41). Algi zawierają też duże ilości wspomnianego wcześniej DHA (47, 65) oraz jod, posiadający nie tylko właściwości antyseptyczne, ale

również mogący redukować objawy astmy oskrzelowej poprzez zwiększenie ekspresji interferonu gamma (40).

Ziarna zbóż mogą nie tylko być źródłem pyłu, ale także mykotoksyn (45). Jeśli ziarno ma znaleźć się w diecie konia z astmą, powinno przede wszystkim pochodzić z dobrego źródła i być właściwie przechowywane. Zawsze należy je oczyścić i najlepiej zmoczyć zaraz przed podaniem. Samo tradycyjne przewianie ziarna zmniejsza ilość zwłaszcza drobnych cząstek pyłu ($PM < 2,5$). Oczyszczenie ziarna przez aerodynamiczne separatory jest jeszcze efektywniejsze i zapewnia redukcję pyłu o 80% w przypadku całego ziarna owsa i 70% w przypadku owsa gniecionego (29). Zakłada się, że im wyższy stopień rozdrobnienia paszy, tym wyższe narażenie na kurz. Gneczenie owsa w wyniku obróbki mechanicznej skutkuje powstaniem dużej ilości drobin, które są potencjalnym źródłem alergenów. Zdaniem autorki, podaż gnecionych ziaren u koni z astmą jest zasadna jedynie w przypadku jęczmienia, którego strawność przed tym procesem wynosi jedynie 30% (57).

Ostatnio szczególnie zalecane jest podawanie koniom ziarna mikronizowanego. Mikronizacja polega na poddawaniu nasion zbóż działaniu promieniowania podczerwonego. Powoduje to pobudzenie molekuł budujących ziarno, wprawiając je w intensywne wibracje i w wyniku tarcia dochodzi do bardzo szybkiego wzrostu temperatury i ciśnienia pary wodnej wewnątrz cząstek materiału poddanego obróbce. Temperatura obrabianego materiału podnosi się w ciągu 50 sekund do 90°C, a po 90 s do 110-130°C i wyższej (przy dłuższym działaniu promieniowania nawet do 230-250°C) (17).

Dzięki temu nie tylko poprawia się strawność białek i dezaktywują się enzymy i substancje antyodżywcze (74), ale także niszczone są bakterie, pleśnie i drożdże. Dodatkowo dzięki krótkiej ekspozycji na wysoką temperaturę, jej negatywny wpływ na zawartość witamin i minerałów w ziarnie jest zminimalizowany w porównaniu do innych metod obróbki termicznej paszy (17).

Komercyjnie produkowane pellety paszowe wykazują od 10 do 12 razy mniejsze pylenie w porównaniu z nieoczyszczonym owsem i sprawdzają się lepiej niż musli, gdyż mają między innymi mniejszą tendencję do pleśnienia.

Konie przewlekłe chorujące na astmę są wymagającymi pacjentami dla dietetyka, jednak mając na uwadze istotę choroby, historię jej przebiegu oraz stan kliniczny pacjenta, można przy pomocy doboru odpowiedniej paszy i suplementacji skutecznie wspomagać efekty leczenia EA. Zastosowanie diety o niskiej zawartości pyłu i suplementacja kwasami omega-3 PUFA przez okres 8 tygodni dawało podobny efekt do leczenia wziewnymi kortykosteroidami przez 4 tygodnie u koni z potwierdzoną MEA (15, 74). W badaniu poddano ocenie takie wartości, jak: częstość oddechów, pracę tłoczni brzusznej (obecność rynienki wydechowej), wydzielinę z nosa oraz obecności lub brak kaszlu

i nieprawidłowych szmerów płucnych. Zarówno u koni przyjmujących wybrany suplement, jak i lek stwierdzono poprawę na poziomie mniej więcej 60% (32). Wskazuje to, jak ważnym aspektem w złożonej terapii astmy jest odpowiednia dieta. Można ją wdrożyć u każdego pacjenta i nawet jeśli bez zastosowania leków nie przyniesie istotnych efektów klinicznych w krótkim czasie, to z dużym prawdopodobieństwem zmniejszy częstość występowania kolejnych ataków choroby. Trzeba wspomnieć, iż w łagodnych i średniozaawansowanych przypadkach sama zmiana środowiska i żywienia może być wystarczająca. Zmiana diety jest prostym i efektywnym sposobem poprawy stanu pacjenta, co jest bardzo istotne z uwagi na fakt, że choroba ma charakter przewlekły i postępujący. Rolą dietetyka jest zatem ustalenie optymalnego czasu stosowania oraz dawki właściwej suplementacji, której stosowanie powinno istotnie poprawić kondycję konia i właściwie, zgodnie z aktualnymi potrzebami, zaopatrzyć jego organizm w składniki odżywcze.

Piśmiennictwo

1. Ainsworth D. M., Wagner B., Erb H. N., Young J. C., Retallick D. E.: Effects of in vitro exposure to hay dust on expression of interleukin-17, -23, -8, and -1β and chemokine (C-X-C motif) ligand 2 by pulmonary mononuclear cells isolated from horses chronically affected with recurrent airway disease. *Am. J. Vet. Res.* 2007, doi: 10.2460/ajvr.68.12.1361.
2. Allen K. J., Tremaine W. H., Franklin S. H.: Prevalence of inflammatory airway disease in National Hunt horses referred for investigation of poor athletic performance. *Equine Vet. J.* 2006, doi: 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05599.x.
3. Alrumaihi F., Almatroudi A., Almalek K. S., Rahmani A. H., Khan A., Khan M. A.: Therapeutic effect of Bilsaan, *Sambucus nigra* stem exudate, on the OVA-induced allergic asthma in mice. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2020, doi: 10.1155/2020/3620192.
4. Andersen B., Phippen C., Frisvad J. C., Emery S., Eustace R. A.: Fungal and chemical diversity in hay and wrapped haylage for equine feed. *Mycotoxin Res.* 2020, doi: 10.1007/s12550-019-00377-5.
5. Argo C. M., Dugdale A. H., McGowan C. M.: Considerations for the use of restricted, soaked grass hay diets to promote weight loss in the management of equine metabolic syndrome and obesity. *Vet. J.* 2015, doi: 10.1016/j.tvjl.2015.07.027.
6. Bisgaard H., Li N., Bonnelykke K., Chawes B. L. K., Skov T., Paludan-Müller G.: Reduced diversity of the intestinal microbiota during infancy is associated with increased risk of allergic disease at school age. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2011, doi: 10.1016/j.jaci.2011.04.060.
7. Blackman M., Moore-Colyer M.: Hay for horses: The effects of three different wetting treatments on dust and nutrient content. *Animal Sci.* 1998, doi: 10.1017/S1357729800009334.
8. Bochnia M., Pietsch C., Wensch-Dorendorf M., Greef M., Zeyner A.: Effect of hay soaking duration on metabolizable energy, total and prececal digestible crude protein and amino acids, non-starch carbohydrates, macronutrients and trace elements. *J. Equine Vet. Sci.* 2021, 101, 103452.
9. Bond S. L., Timsit E., Workentine M., Alexander T., Léguillette R.: Upper and lower respiratory tract microbiota in horses: bacterial communities associated with health and mild asthma (inflammatory airway disease) and effects of dexamethasone. *BMC Microbiol.* 2017, doi: 10.1186/S12866-017-1092.
10. Bosshard S., Gerber V.: Evaluation of coughing and nasal discharge as early indicators for an increased risk to develop recurrent airway obstruction (RAO). *J. Vet. Intern. Med.* 2014, doi: 10.1111/jvim.12279.
11. Candela M., Biagi E., Maccaferri S., Turroni S., Brigidi P.: Intestinal microbiota is a plastic factor responding to environmental changes. *Trends in Microbiol.* 2012, 20 (8), 385-391, doi: 10.1016/J.TIM.2012.05.003.2012.
12. Clarke A. F., Madelin T.: Technique for assessing respiratory health hazards from hay and other source materials. *Equine Vet. J.* 1987, doi: 10.1111/j.2042-3306.1987.tb02639.x.
13. Coblenz K.: Post-Harvest Physiology. Forages: The science of grassland agriculture 2020, 6, 583-599.
14. Costa M., Weese J.: The equine intestinal microbiome. *Anim. Health Res. Rev.* 2012, doi: 10.1017/S1466252312000035.

15. Couëttil L. L., Chilcoat C. D., DeNicola D. B., Clark S. P., Glickman N. W., Glickman, L. T.: Randomized, controlled study of inhaled fluticasone propionate, oral administration of prednisone, and environmental management of horses with recurrent airway obstruction. *Am. J. Vet. Res.* 2005, doi: 10.2460/AJVR.2005.66.1665.
16. Deaton C. M., Marlin D. J., Smith N. C., Harris P. A., Roberts C. A., Schroter R. C.: Pulmonary epithelial lining fluid and plasma ascorbic acid concentrations in horses affected by recurrent airway obstruction. *Am. J. Vet. Res.* 2004, doi: 10.2460/ajvr.2004.65.80.
17. Deepa C., Hebbar H. U.: Effect of high-temperature short-time 'micronization' of grains on product quality and cooking characteristics. *Food Eng. Rev.* 2016, doi: 10.1007/S12393-015-9132-0.
18. DeLuca L., Erb H. N., Young J. C., Perkins G. A., Ainsworth D. M.: The effect of adding oral dexamethasone to feed alterations on the airway cell inflammatory gene expression in stabled horses affected with recurrent airway obstruction. *J. Vet. Intern. Med.* 2008, doi: 10.1111/j.1939-1676.2008.0055.x.
19. Depner M.: Maturation of the gut microbiome during the first year of life contributes to the protective farm effect on childhood asthma. *Nat. Med.* 2020, doi: 10.1038/s41591-020-1095-x.
20. Duchaine C., Lavoie C. M., Cormier Y.: Effects of a bacterial hay preservative (*Pediococcus pentosaceus*) on hay under experimental storage conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 1995, 61, 12, 4240-4243.
21. Fillion-Bertrand G., Dickson R. P., Boivin R., Lavoie J. P., Huffnagle G. B., Leclerc M.: Lung microbiome is influenced by the environment and asthmatic status in an equine model of asthma. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2019, 60 (2), 189-197.
22. Fleming K., Hessel E., veterinary H. V. den W.: Evaluation of factors influencing the generation of ammonia in different bedding materials used for horse keeping. *J. Equine Vet. Sci.* 2008, doi: 10.1016/J.JEVS.2008.02.008.
23. Gálík B., Selická A., Bíro D., Rolinec M., Juráček, M., Šimko M.: Corn silage as a potential feed in young horses nutrition, [in:] 15th International Conference, Forage Conservation, High Tatras, Slovakia, 24-26 September 2013. Animal Production Research Centre Nitra 2013, p. 153-154.
24. Geor R. J., Coenen M., Harris P.: Equine applied and clinical nutrition: health, welfare and performance. Elsevier Health Sciences 2013.
25. Hanski I., von Hertzen L., Fyhrquist N., Koskinen K., Torppa K., Laatikainen T., Haahela T.: Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2012, 109 (21), 8334-8339.
26. Harrington L. E., Hatton R. D., Mangani P. R., Turner H., Murphy T. L., Murphy K. M., Weaver C. T.: Interleukin 17 – producing CD4⁺ effector T cells develop via a lineage distinct from the T helper type 1 and 2 lineages. *Nat. Immunol.* 2005, 6 (11), 1123-1132.
27. Harris P. A., Ellis A. D., Fradinho M. J., Jansson A., Jullian V., Luthersson N.: Review: Feeding conserved forage to horses: Recent advances and recommendations. *Anim.* 2017, 11 (6), 958-967.
28. Hawkins J., Baker C., Cherry L., Dunne E.: Black elderberry (*Sambucus nigra*) supplementation effectively treats upper respiratory symptoms: A meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *Complement. Ther. Med.* 2019, doi: 10.1016/j.ctim.2018.12.004.
29. Hessel E. F., Garlipp F., Van den Weghe H. F.: Generation of Airborne Particles from Horse Feeds Depending on Type and Processing. *J. Equine Vet. Sci.* 2009, doi: 10.1016/J.JEVS.2009.07.013.
30. Hickey L., Jacobs S. E., Garland S. M., ProPrens Study Group.: Probiotics in neonatology. *J. Paediatr. Child Health* 2012, 48 (9), 777-783.
31. Houtsma A., Bedenice D., Pusterla N., Pugliese B., Mapes S., Hoffman A. M.: Association between inflammatory airway disease of horses and exposure to respiratory viruses: a case control study. *Multidiscip. Respir. Med.* 2015, doi: 10.1186/S40248-015-0030-3.
32. Hsiao H. M., Sapinoro R. E., Thatcher T. H., Croasdell A., Levy E. P., Fulton R. A.: A Novel Anti-Inflammatory and Pro-Resolving Role for Resolvin D1 in Acute Cigarette Smoke-Induced Lung Inflammation. *PLoS One*, 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0058258.
33. Humer E., Hollmann M., Stögmüller G., Zebeli Q.: Steaming Conditions Enhance Hygienic Quality of the Compromised Equine Hay With Minimal Losses of Nonfiber Carbohydrates. *J. Equine Vet. Sci.* 2019, doi: 10.1016/j.jevs.2018.12.024.
34. Hunter J. M., Rohrbach B. W., Andrews F. M., Whitlock R. H.: Case presentation: round bale grass hay: a risk factor for botulism in horses. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 2002, 24, 2, 166-168.
35. Ibrahim A., Saleh R., Hassan A., Amer M.: Immunomodulatory effect of Echinacea purpurea and Curcuma longa in rabbits. *Mansoura. Vet. Med. J.* 2020, doi: 10.21608/MVMJ.2021.15597.
36. Ismail M., Hossain M. F., Tanu A. R., Shekhar H. U.: Effect of spirulina intervention on oxidative stress, antioxidant status, and lipid profile in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Biomed Res. Int.* 2015, doi: 10.1155/2015/486120.
37. Izumo T., Maekawa T., Ida M., Noguchi A., Kitagawa Y., Shibata H., Kiso Y.: Effect of intranasal administration of *Lactobacillus pentosus* S-PT84 on influenza virus infection in mice. *Int. Immunopharmacol.* 2010, 10 (9), 1101-1106.
38. James R., Moore-Colyer M. J. S.: Determination of the microbial contamination in dry and steamed hay. *European Workshop for Equine Nutrition*, Cirencester, Sept. 2010, p. 128-132.
39. Jochmans-Lemoine A., Picotte K., Beauchamp G., Vargas, A., Lavoie J. P.: Effects of a proprietary oiled mixed hay feeding system on lung function, neutrophilic airway inflammation and oxidative stress in severe asthmatic horses. *Equine Vet. J.* 2020, doi:10.1111/evj.13218.
40. Kawano Y., Saeki T., Noma T.: Effect of lecithin-bound iodine on the patients with bronchial asthma. *Int. Immunopharmacol.* 2005, doi: 10.1016/J.INTIMP.2004.12.002.
41. Keranis E., Makris D., Rodopoulou P., Martinou H., Papamakarios G., Daniil Z.: Impact of dietary shift to higher-antioxidant foods in COPD: A randomised trial. *Eur. Respir. J.* 2010, doi: 10.1183/09031936.00113809.
42. Kim H. M., Lee E. H., Cho H. H., Moon Y. H.: Inhibitory effect of mast cell-mediated immediate-type allergic reactions in rats by *Spirulina*. *Biochem. Pharmacol.* 1998, doi: 10.1016/S0006-2952(97)00678-3.
43. Kirschvink N., Fiévez L., Bougnet V., Art T., Degand G., Smith N.: Effect of nutritional antioxidant supplementation on systemic and pulmonary antioxidant status, airway inflammation and lung function in heaves-affected horses. *Equine Vet. J.* 2002, doi: 10.2746/042516402776250298.
44. Kirschvink N., Smith N., Fiévez L., Bougnet V., Art T., Degand G.: Effect of chronic airway inflammation and exercise on pulmonary and systemic antioxidant status of healthy and heaves-affected horses. *Equine Vet. J.* 2002, doi: 10.2746/042516402776180223.
45. Kryszinska-Traczyk E., Perkowski J.: Levels of fungi and mycotoxins in the samples of grain and grain dust collected from five various cereal crops in eastern Poland. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2007, 14, 1.
46. Kukier E., Goldsztejn M., Kozieł N., Kwiatek K.: Zarządzanie botulizmem zwierząt. *Życie Wet.* 2017, 92 (12), 865-871.
47. Lane K., Derbyshire E., Li W., Brennan C.: Bioavailability and potential uses of vegetarian sources of omega-3 fatty acids: A review of the literature. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 2014, doi: 10.1080/10408398.2011.596292.
48. Larson L. J.: The comparison of airway responses of normal horses fed round bale versus square bale hay. PhD Thesis. Virginia Tech. 2012.
49. Leclerc M., Costa M. C.: Fecal microbiota in horses with asthma. *J. Vet. Intern. Med.* 2020, doi: 10.1111/JVIM.15748.
50. Leclerc M., Lavoie-Lamoureux A., Gélinas-Lymburner É., David F., Martin J. G., Lavoie J. P.: Effect of antigenic exposure on airway smooth muscle remodeling in an equine model of chronic asthma. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2011, doi: 10.1165/rcmb.2010-0300OC.
51. Lis K.: Wpływ diety na występowanie i rozwój astmy. *Alerg. Astma. Immun.* 2019, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0186657.
52. Manguin E., Pépin E., Boivin R., Leclerc M.: Tracheal microbial populations in horses with moderate asthma. *J. Vet. Intern. Med.* 2020, doi: 10.1111/JVIM.15707.
53. Martinson K., Coblenz W., Sheaffer C.: The Effect of Harvest Moisture and Bale Wrapping on Forage Quality, Temperature, and Mold in Orchardgrass Hay. *J. Equine Vet. Sci.* 2011, doi: 10.1016/J.JEVS.2011.05.003.
54. Mazan M. R., Deveney E. F., DeWitt S., Bedenice D., Hoffman A.: Energetic cost of breathing, body composition, and pulmonary function in horses with recurrent airway obstruction. *J. Appl. Physiol.* 2004, doi:10.1152/JAPPLPHYSIOL.00629.2003.
55. McFarlin B. K., Carpenter K. C., Davidson T., McFarlin M. A.: Baker's yeast beta glucan supplementation increases salivary IgA and decreases cold/flu symptomatic days after intense exercise. *J. Diet. Suppl.* 2013, doi: 10.3109/19390211.2013.820248.
56. Memarzia A., Saadat S., Behrouz S., Boskabady M. H.: Curcuma longa and curcumin affect respiratory and allergic disorders, experimental and clinical evidence: A comprehensive and updated review. *Biofactors* 2021, doi: 10.1002/BIOF.1818.
57. Meyer H., Radicke S., Kienzle E., Wilke S., Kleffken D., Illenseer M.: Investigations on Preileal Digestion of Starch from Grain, Potato and Manioc in Horses. *J. Vet. Med. Ser. A.* 1995, doi: 10.1111/j.1439-0442.1995.tb00389.x.
58. Moore-Colyer M. J. S., Lumbis K., Longl A., Harris P.: The effect of five different wetting treatments on the nutrient content and microbial concentration in hay for horses. *PLoS One*. 2014, doi:10.1371/journal.pone.0114079.
59. Moore-Colyer M. J. S., Taylor J. L. E., James R.: The effect of steaming and soaking on the respirable particle, bacteria, mould, and nutrient content in hay for horses. *J. Equine Vet. Sci.* 2016, doi: 10.1016/j.jevs.2015.09.006.
60. Mönki J., Mykkänen A., Rajamäki M., Raekallio M., Karikoski N.: Comparison of airway cytokines in healthy adult horses housed either on peat bedding or wood pellet. *VCRS Symposium*. Caen, France 2019.

61. Müller C. E.: Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. *Grass Forage Sci.* 2005, doi: 10.1111/j.1365-2494.2005.00457.x.
62. Müller C. E.: Silage and haylage for horses. *Grass Forage Sci.* 2018, 73, 4, 815-827.
63. Müller C. E., Nostell K., Bröjer J.: Microbial counts in forages for horses-effect of storage time and of water soaking before feeding. *J. Equine Vet. Sci.* 2015, doi: 10.1016/j.jevs.2015.06.005.
64. Nadeem A., Masood A., Siddiqui N.: Review: Oxidant-antioxidant imbalance in asthma: Scientific evidence, epidemiological data and possible therapeutic options. *Ther. Adv. Respir. Dis.* 2008, doi: 10.1177/1753465808094971.
65. Nogradi N., Couetil L. L., Messick J., Stochelski M. A., Burgess J. R.: Omega-3 fatty acid supplementation provides an additional benefit to a low-dust diet in the management of horses with chronic lower airway inflammatory disease. *J. Vet. Intern. Med.* 2015, doi: 10.1111/jvim.12488.
66. Olave C.: The effect of low-dust forages and the role of pro-resolving lipid mediators in mild-moderate equine asthma. PhD Thesis. Purdue University Graduate School 2020.
67. Oliveira C. A. F. de, Vetrica V., Zanuzzo F. S.: β -Glucan successfully stimulated the immune system in different jawed vertebrate species. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2019, doi: 10.1016/j.cimid.2018.11.006.
68. O'Neill W., McKee S., Clarke A. F.: Immunological and haematinic consequences of feeding a standardised Echinacea (*Echinacea angustifolia*) extract to healthy horses. *Equine Vet. J.* 2002, doi: 10.2746/042516402776186001.
69. O'Neill W., McKee S., Clarke A. F.: Flaxseed (*Linum usitatissimum*) supplementation associated with reduced skin test lesional area in horses with *Culicoides* hypersensitivity. *Can. J. Vet. Res.* 2002, 66 (4), 272.
70. Orard M., Hue E., Couroucé A., Bizon-Mercier C., Toquet M. P., Moore-Colyer M.: The influence of hay steaming on clinical signs and airway immune response in severe asthmatic horses. *BMC Vet. Res.* 2018, doi: 10.1186/s12917-018-1636-4.
71. Pearson W.: The Hindgut Microbiome Speakers-Equine Symposium, Global Animal Nutrition Summit Guelph, 2020.
72. Pfister J. A., Lee S. T., Arnett D. P., Panter K. E.: Preference by horses for bedding pellets made from switchgrass (*Panicum virgatum*) straw. *Prof. Anim. Sci.* 2017, doi: 10.15232/pas.2016-01585.
73. Radad K., Gille G., Liu L., Rausch W. D.: Use of ginseng in medicine with emphasis on neurodegenerative disorders. *J. Pharmacol. Sci.* 2006, doi: 10.1254/JPHS.CRJ05010X.
74. Rosenfeld I., Austbø D.: Digestion of cereals in the equine gastrointestinal tract measured by the mobile bag technique on caecally cannulated horses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2009, doi: 10.1016/j.anifeeds.2008.09.002.
75. Saastamoinen M., Särkijärvi S., Hyypä S.: Reducing respiratory health risks to horses and workers: a comparison of two stall bedding materials. *Anim.* 2015, 5 (4), 965-977.
76. Sandersen C., Bienzele D., Cerri S., Franck T., Derochette S., Neven P.: Effect of inhaled hydrosoluble curcumin on inflammatory markers in broncho-alveolar lavage fluid of horses with LPS-induced lung neutrophilia. *Multidiscip. Respir. Med.* 2015, doi: 10.1186/S40248-015-0010-7.
77. Séguin V.: Effect of agricultural and environmental factors on the hay characteristics involved in equine respiratory disease. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2010, 135, 3, 206-215.
78. Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M.: Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? *LWT – Food Sci. Technol.* 2016, doi: 10.1016/j.lwt.2016.04.056.
79. Serhan C. N., Clish C. B., Brannon J., Colgan S. P., Chiang N., Gronert K.: Novel functional sets of lipid-derived mediators with antiinflammatory actions generated from omega-3 fatty acids via cyclooxygenase 2-nonsteroidal antiinflammatory drugs and transcellular processing. *J. Exp. Med.* 2000, doi: 10.1084/jem.192.8.1197.
80. Song S. J., Lauber C., Costello E. K., Lozupone C. A., Humphrey G., Berg-Lyons D.: Cohabiting family members share microbiota with one another and with their dogs. *Elife* 2013, doi: 10.7554/ELIFE.00458.
81. Songjinda P., Nakayama J., Tateyama A., Tanaka S., Tsubouchi M., Kiyohara C.: Differences in developing intestinal microbiota between allergic and non-allergic infants: A pilot study in Japan. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2007, doi: 10.1271/bbb.70154.
82. Vael C., Nelen V., Verhulst S. L., Goossens H., Desager K. N.: Early intestinal *Bacteroides fragilis* colonisation and development of asthma. *BMC Pulm. Med.* 2008, doi: 10.1186/1471-2466-8-19.
83. Vandenput S., Istasse L., Nicks B., Lekeux P.: Airborne dust and aeroallergen concentrations in different sources of feed and bedding for horses. *Vet. Q.* 1997, doi: 10.1080/01652176.1997.9694762.
84. Vlachoianis J. E., Cameron M., Chrubasik S.: A systematic review on the *Sambucus fructus* effect and efficacy profiles 2010.
85. Williams C. A., Lamprecht E. D.: Some commonly fed herbs and other functional foods in equine nutrition: A review. *Vet. J.* 2008, doi: 10.1016/J.TVJL.2007.06.004.
86. Tokarz-Deptula B., Śliwa-Dominiak J., Adamiak M., Bąk K., Deptula W.: Commensal bacteria and immunity of the gastrointestinal, respiratory and genitourinary tracts. *Post. Hig.* 2016, doi: 10.5604/17322693.1204954.
87. Tyagi P., Singh M., Kumari H., Kumari A., Mukhopadhyay K.: Bactericidal activity of curcumin I is associated with damaging of bacterial membrane. *PLoS One*, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0121313.

Autor korespondencyjny: prof. dr hab. Anna Cywińska, Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń; e-mail: anna_cywinska@sggw.edu.pl