

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Huminové látky ve výživě zvířat

Bakalářská práce

Autor práce: Kateřina Provazníková

Obor studia: Speciální chovy

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Plachý, Ph. D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Huminové látky ve výživě zvířat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D. za odborné vedení a užitečné rady při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu během celého studia.

Huminové látky ve výživě zvířat

Souhrn

Huminové látky jsou přírodní organické sloučeniny. Vznikají chemickým a biologickým rozkladem rostlinné a živočišné hmoty a biologickou činností mikroorganismů. Představují nejběžnější formu organického uhlíku v přírodním prostředí. V menším množství se vyskytují ve stojaté vodě a v běžné půdě. Větší zastoupení mají v rašelinách, lignitu, hnědém uhlí a oxyhumolitu.

Běžně se dělí na tři složky: fulvokyseliny, huminové kyseliny a humin. Fulvokyseliny jsou rozpustné nezávisle na pH (v kyselinách i zásadách). Mají nejnižší molekulovou hmotnost a jsou nejsvětější z huminových látek, jejich barva je žlutá až žlutohnědá. Huminové kyseliny se rozpouštějí pouze při vyšším pH, jejich typická barva je hnědá až šedočerná. Huminy jsou zcela nerozpustné při jakémkoliv pH. Mají černou barvu a nejvyšší molekulovou hmotnost.

Huminové látky mají důležitou roli v půdní úrodnosti a jsou velmi důležité pro stabilizaci půdy. Jsou přirozenou součástí potravního řetězce a hrají důležitou úlohu v přenosu minerálů a živin uvnitř živého organismu. Huminové látky jsou netoxické, nejsou známy žádné vedlejší účinky a nezpůsobují alergické reakce.

Huminové látky se původně používaly hlavně v zemědělství jako součást hnojiv. Významně ovlivňují kvalitu půdy, zlepšují její fyzikální vlastnosti, vlhkost a úrodnost. Nyní mají široké využití v chovech hospodářských i zájmových zvířat díky svým pozitivním účinkům na zdraví a život zvířat. Huminové látky zvyšují propustnost buněčné stěny, což dovoluje snadnější přenos minerálních látek. Snižují produkci a působení stresových hormonů a mohou zvyšovat aktivitu imunitního systému. Mají protizánětlivé účinky. Jsou schopné vytvořit ochrannou vrstvu na povrchu sliznice v trávicím traktu a bránit tak průniku infekce a toxinů do organismu. Huminové látky jsou silnými chelátory, vážou na sebe těžké kovy, mykotoxiny atd. a zabraňují tak jejich vstřebávání do organismu. Huminové látky na sebe vážou amoniak a zpomalují jeho uvolňování v bacheru. Snižují tak hladinu amoniaku ve výkalech a výrazně tlumí stájový zápach. Byly zjištěny pozitivní vlivy na tělesnou hmotnost, konverzi krmiva a užitkovost. Díky svým pozitivním účinkům se staly krmnou přísadou u mnoha druhů zvířat.

Klíčová slova: huminové látky, huminové kyseliny, fulvokyseliny, využití

Humic substances in animal nutrition

Summary

Humic substances are naturally occurring organic compounds. They are formed by the chemical and biological decomposition of plants and animals matter and by synthetic activities of microorganisms. They are the most common form of organic carbon in the natural environment. In smaller quantities, they can be found in water stagnation and in common soil. They are more numerous in peat, lignite, brown coal and oxyhumolite.

They are commonly divided into three main components: fulvic acids, humic acids and humin. Fulvic acids are soluble in every pH (in both acids and bases). They have the lowest molecular weight and have the lightest colour of humic substances, they are yellow to yellow-brown. Humic acids dissolve only at higher pH, their typical colour is brown to grey-black. Humins are completely insoluble at any pH. They have black colour and have the highest molecular weight.

Humic substances play an important role in soil fertility and they are very important for soil stabilisation. They are a natural part of the food chain and play an important role in the transfer of minerals and nutrients within living organisms. Humic substances are non-toxic, they have no side effects and they don't cause any allergic reactions.

Humic substances were originally used mainly in agriculture as a component of fertilisers. They significantly affect the quality of soil, improving its physical properties, moisture and fertility. Now they are widely used in livestock and pets due to their positive effects on animal health and life. Humic substances increase the permeability of the cell wall, which allows easier transfer of mineral substances. They reduce the production and action of stress hormones and may increase the activity of the immune system. They are able to form a protective layer on the surface of the mucous membrane in the digestive tract, thus preventing the penetration of infection and toxins into the body. Humic substances are strong chelators, they bind heavy metals, mycotoxins etc. and prevent their absorption into the body. Humic substances bind ammonia and slow its absorption in the rumen. They reduce the level of ammonia in the faeces and significantly reduce stable odour. Positive effects on body weight, feed conversion and performance have been observed. Due to their positive effects, they have become a feed additive in many animal species.

Keywords: humic substances, humic acids, fulvic acids, usage

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Charakteristika huminových látek	9
3.2	Výskyt huminových látek	9
3.2.1	Lignit	10
3.2.2	Rašelina	10
3.2.3	Oxyhumolit	10
3.3	Vznik huminových látek	11
3.3.1	Degradační (ligninová) teorie	11
3.3.2	Syntetická (polyfenolová) teorie	11
3.3.3	Humifikace	12
3.4	Rozdělení huminových látek	12
3.5	Vazebné interakce	14
3.6	Využití huminových látek	15
3.6.1	Zemědělství	15
3.6.2	Průmysl	15
3.6.3	Ochrana životního prostředí	15
3.6.4	Medicína	16
3.6.5	Chovatelství	16
3.7	Využití a vliv huminových látek na drůbež	16
3.8	Využití a vliv huminových látek na skot	19
3.9	Využití a vliv huminových látek na kozy	21
3.10	Využití a vliv huminových látek na prasata	22
3.11	Využití a vliv huminových látek na koně	24
3.12	Využití a vliv huminových látek na králíky	25
3.13	Využití a vliv huminových látek na kočky a psy	26
3.14	Využití a vliv huminových látek na potkany	27
3.15	Využití a vliv huminových látek na ryby	28
4	Závěr	33
5	Literatura	34
6	Seznam použitých zkratk a symbolů	41
7	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Huminové látky jsou přírodní organické sloučeniny, které představují nejběžnější formu organického uhlíku v přírodě. Vznikají biochemickým rozkladem převážně rostlinných zbytků a biologickou činností mikroorganismů. Běžně se vyskytují ve vodě, v půdě, rašlině, lignitu, hnědém uhlí a oxyhumolitu.

Součástí huminových látek jsou fulvokyseliny, huminové kyseliny a humin. Fulvokyseliny jsou rozpustné v kyselinách i zásadách a jsou žluté až žlutohnědé. Huminové kyseliny jsou rozpustné pouze v zásadách a jsou hnědé. Huminy jsou zcela nerozpustné a vyznačují se černou barvou. Mají také nejvyšší molekulární hmotnost, naopak fulvokyseliny mají molekulární hmotnost nejnižší.

Huminové látky mají několik pozitivních účinků jak na rostliny, tak i na zvířata. Nejsou toxické a nezpůsobují žádné vedlejší účinky. Již nějakou dobu se používají jako přísady do hnojiv. V chovech zvířat našli své uplatnění díky pozitivním vlivům na tělesnou hmotnost, konverzi krmiva, užitkovost atd. Huminové látky zlepšují vstřebávání živin a minerálních látek, mají protizánětlivé účinky a zabraňují vstřebávání toxických látek do organismu. Huminové látky se využívají jako přísady do krmiv v chovech hospodářských i zájmových zvířat.

2 Cíl práce

Cílem práce je sumarizace informací a dat o možnostech využití huminových látek, jako jsou například fulvokyseliny a huminové kyseliny, ve výživě hlavně hospodářských zvířat.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika huminových látek

Huminové látky (humin substances – HS) jsou nejběžnější formou organického uhlíku v přírodě (Islam et al., 2005). Jsou to sloučeniny, které vznikají chemickým a biologickým rozkladem organické hmoty, především zbytků rostlin a těl mrtvých živočichů, a syntetickou činností mikroorganismů. Tento proces se nazývá humifikace. Vyskytují se ve vodě, půdě, rašelinách, hnědém uhlí a lignitu. Největší zastoupení mají v rašelinách – i přes 80 %. (Veselá et al. 2005).

V přírodě mají důležitou roli, protože zvyšují půdní úrodnost a napomáhají růstu rostlin. Jsou to žlutohnědě až tmavohnědě zbarvené látky, které dokážou zadržovat vodu, vázat kovy, molekuly a ionty a také slouží jako účinné acidobazické pufrы (Davies et al., 1999).

Huminové látky mají poměrně velikou molekulovou hmotnost (2000 – 200 000 g/mol) a jejich chemická struktura je velice složitá. Bez ohledu na jejich původ vždy obsahují tyto prvky: uhlík, vodík, kyslík a dusík s menším zastoupením síry nebo fosforu (Pivokonský et al. 2010). Mají převážně aromatický charakter, základními stavebními jednotkami jsou hlavně fenoly a benzenkarboxylové kyseliny (Tyl et al. 2010). Typickými funkčními skupinami těchto látek jsou karboxylové a hydroxylové skupiny, díky kterým mají záporný náboj (Skybová, 2006).

3.2 Výskyt huminových látek

Huminové látky se přirozeně nacházejí ve všech vodách a půdách, kde vznikají rozkladem rostlin. Zdroje huminových látek pro průmyslové účely jsou hlavně rašelina, lignit a oxyhumolit. V běžné půdě se vyskytují v jednotkách procent, v rašelině je jejich zastoupení asi 3-10 % a nejvyšší výskyt mají v leonarditu (více oxidovaná část hnědého uhlí nebo lignitu), kde nalezneme až 80 %.

Vyskytují se také v sedimentech, zeminách a hnědém uhlí. Jejich obsah se v těchto materiálech pohybuje od stopových množství v píscích a jílech až po desítky procent (3-10 %) v hnědém uhlí. Extrémně vysoké množství (až 85 %) je přítomno v lignitu, rašelině a oxyhumolitu (oxidované hnědé uhlí) (viz Tabulka 1) (Skokanová & Dercová, 2008).

Tabulka 1: Obsah huminových látek v přírodních látkách (upraveno podle Skokanová & Dercová, 2008).

Přírodní zdroj	Obsah huminových a fulvokyselin (%)
Leonardit/humát	40-85
Černá rašelina	10-40
Sapropelová rašelina	10-20
Hnědé uhlí	10-30
Hnůj	5-15
Kompost	2-5
Půda	1-5
Černé uhlí	0-5

3.2.1 Lignit

Lignit je složitý uhlíkatý materiál, který obsahuje velké množství vody, komplex cyklano/aromatických sloučenin s významnými reaktivními skupinami, minerální útvary (sloučeniny křemíku, hliníku, železa a dalších prvků) a makroskopické složky náhodného původu a výskytu. Je to přechodný substrát na cestě přeměny od rostlinné fytohmoty do vysokého stupně dehydrovaného/dehydrogenovaného a současně deoxidovaného uhlí. Lignit představuje složitý makromolekulární komplex především huminových kyselin, polysacharidů, polyaromátů, atd (Mikulášková et al. 1997).

Leonardit je přírodní organický materiál vytvořený rozkladem trvajícím více než miliardu let. Tento přírodně oxidovaný materiál obsahuje až 86 % huminových látek (Chinachanta & Shutsrirung, 2016) Od lignitu se liší tím, že je na vyšším stupni oxidace, má vyšší obsah huminových kyselin a vyšší obsah karboxylových skupin (viz Obrázek 1) (Humintech GmbH, 2018).



Obrázek 1: Proces oxidace uhlí (upraveno podle Humintech GmbH, 2015).

3.2.2 Rašelina

Rašelina je organický sediment vznikající nahromaděním nerozložené nebo jen částečně rozložené rostlinné hmoty. Vzniká v bažinách nebo rašeliništích a představuje první stupeň uhelnatění (Humintech GmbH, 2018). Jde o snadno dostupný přírodní materiál využívaný nejen v zemědělství, ale i v medicíně lidí a zvířat (Trčková et al. 2005).

3.2.3 Oxyhumolit

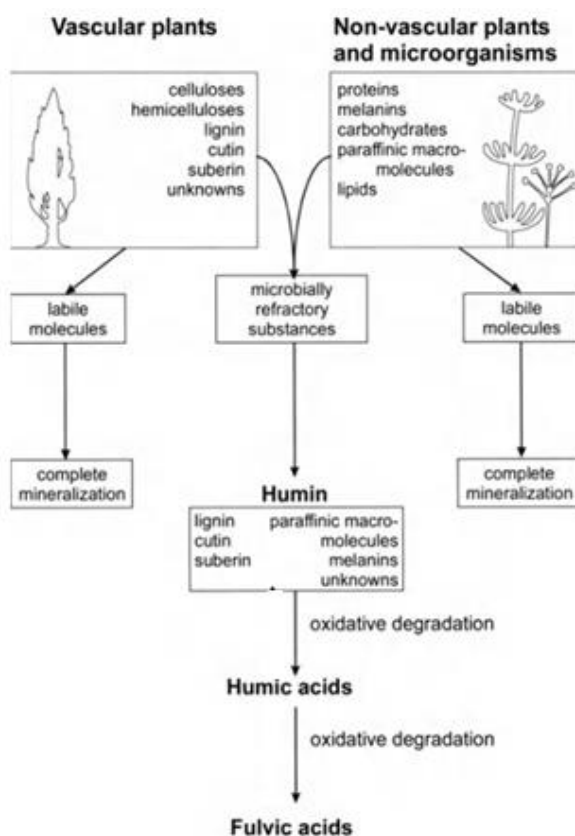
Oxyhumolit, lidově nazývaný kapucín, je oxidované mladé hnědé uhlí, které obsahuje až 90 % biochemicky vysoce aktivních huminových látek. Jedná se o druh zrnitého nesoudržného uhlí tmavě hnědé až hnědošedé barvy s nízkým stupněm prouhelnění. Obvykle se vyskytuje pod nízkým propustným nadložím na výchozech hnědouhelného sloje. Má podobné chemicko-fyzikální vlastnosti klasického hnědého uhlí (Humatex, 2005).

3.3 Vznik huminových látek

V minulém století byl výzkum původu huminových látek velmi populární, přestože přesný mechanismus vzniku není úplně znám. Existuje několik teorií vzniku, jako například degradační nebo syntetická teorie.

3.3.1 Degradační (ligninová) teorie

Rostliny, mikroorganismy i živočichové se rozkládají na biochemické sloučeniny. Mezi nimi jsou také těžko rozložitelné látky, jako lignin, kutin nebo melanin, ze kterých pak vznikají huminy. Tyto huminy jsou výchozím materiálem pro humifikaci prostřednictvím oxidace. Nejdříve vznikají huminové kyseliny, které mají stejnou molekulovou hmotnost jako huminy, ale mají vyšší obsah karboxylových, karbonylových a hydroxylových skupin. Další oxidací vznikají fulvokyseliny s nižší molekulovou hmotností (viz Obrázek 2) (Steinberg, 2003). Pokud degradační mechanismus pokračuje jsou huminové látky rozloženy až na oxid uhličitý a vodu (Pivokonský et al. 2010).



Obrázek 2: Degradační cesta vzniku huminových látek (Steinberg, 2003).

3.3.2 Syntetická (polyfenolová) teorie

Syntetická teorie probíhá opačně než degradační. Vychází z předpokladu, že rostlinné tkáně jsou degradovány na malé molekuly jako karboxylové kyseliny, fenoly atd. Z nich se pak syntézou tvoří huminové látky. Nejdříve tedy vznikají fulvokyseliny, pak huminové kyseliny a nakonec huminy.

3.3.3 Humifikace

Obecně se procesu vzniku huminových látek říká humifikace. Tento proces zahrnuje velké množství enzymatických a biochemických pochodů. Je jedním ze tří procesů tvorby humusu, dalším je mineralizace a uhelnatění.

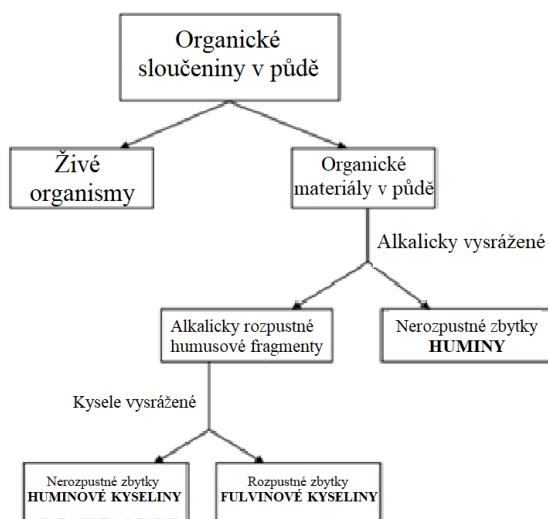
Tvorba humusu se skládá ze tří základních fází. Nejprve dochází k velmi silné aerobní aktivitě bakterií za příznivých teplotních, vlhkostních a vzdušných podmínek. Bakterie rozkládají organickou hmotu na jednoduché složky (CO_2 , H_2O , NH_3). Dochází k mineralizaci a humus se velmi rychle rozkládá.

Během druhé fáze dochází k nedostatečné oxidaci z důvodu anaerobních podmínek. Jde o nedokonalý rozklad organických zbytků, výsledkem jsou huminové látky s vysokým obsahem uhlíku.

Samostatná humifikace je převážně anaerobní proces. Během enzymatických a biochemických pochodů vznikají z meziproductů rozkladu huminové látky. Ty mají poměr uhlíku k dusíku 1:10, jsou hnědé až černohnědé a mají vlastnosti koloidních látek. Humifikace se uskutečňuje mineralizací výchozích látek. Krokem ke vzniku huminových látek je kondenzace strukturních jednotek, ke které dochází okysličením fenolů (pomocí fenoloxydázy). To vede k tvorbě chinonů a vzájemné reakci chinonů s aminokyselinami a peptidy. Závěrečnou fází je polymerizace. Optimální podmínky pro humifikaci je střídání aerobních a anaerobních podmínek (Skokanová & Dercová, 2008).

3.4 Rozdělení huminových látek

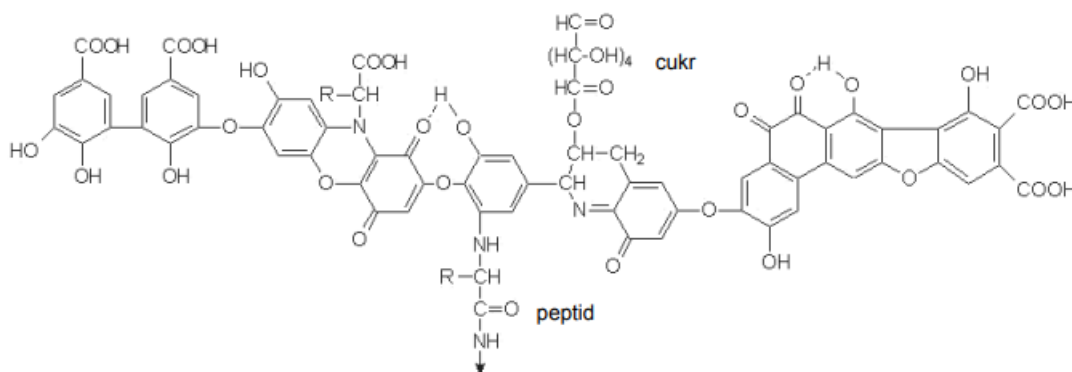
Huminové látky se dělí do tří základních skupin, a to na fulvokyseliny, huminové kyseliny a huminy (viz Obrázek 3). Strukturně si jsou podobné, ale liší se např. molekulovou hmotností, počtem funkčních skupin anebo rozpustností.



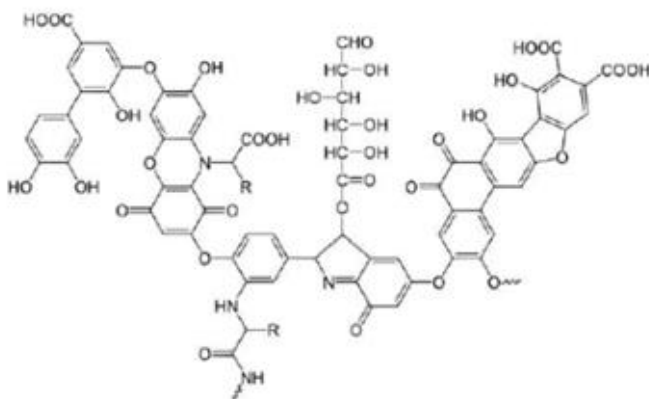
Obrázek 3: Klasifikace frakcí huminových látek.

Huminové kyseliny mají tmavě hnědou až šedočernou barvu a jsou rozpustné pouze v zásadách. Při hodnotě pH 1 se sráží, zatímco fulvinové kyseliny zůstávají v rozpuštěné formě. Oproti fulvokyselinám mají obvykle vyšší procentuální obsah uhlíku, nižší procentuální obsah

kyslíku (Pivokonský et al. 2010) a obsahují více aromatických částic a karboxylových skupin (viz Obrázek 4 a Obrázek 5) (Skybová, 2006).

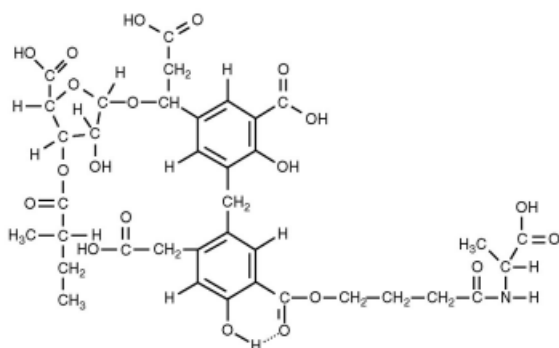


Obrázek 4: Hypotetický strukturní vzorec huminové kyseliny (Veselá et al. 2005).



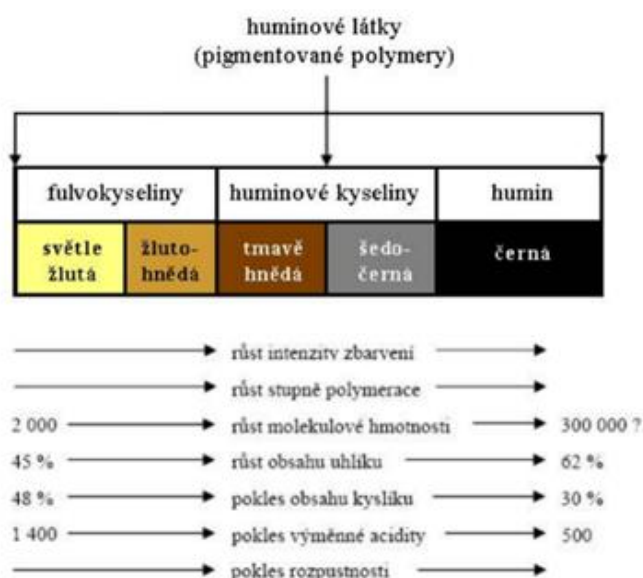
Obrázek 5: Strukturní vzorec huminové kyseliny (Arif et al. 2016).

Fulvokyseliny mají nejnižší molekulovou hmotnost a jsou rozpustné v kyselinách i zásadách. Obsahují až dvakrát více karboxylových skupin než huminové kyseliny a huminy což způsobuje jejich lepší rozpustnost (viz Obrázek 6). Mají světle žlutou až žlutouhnedou barvu (Khanna et al. 2009).



Obrázek 6: Hypotetický strukturní vzorec fulvokyseliny (Veselá et al. 2005).

Huminy mají černou barvu (viz Obrázek 7) a nejsou rozpustné ani v kyselinách ani v zásadách. Jsou to látky s největší molekulovou hmotností a mají největší procentuální obsah dusíku (Islam et al. 2005).



Obrázek 7: Vlastnosti huminových látek (upraveno podle Veselá et al. 2005).

3.5 Vazebné interakce

Z hlediska využití huminových látek je třeba znát možné vazebné interakce těchto látek. Na základě dostupných informací můžeme předpokládat několik typů vazebných interakcí, kterých jsou huminové látky schopné.

Iontová vazba vzniká působením elektrostatických sil mezi fixními náboji přítomných funkčních skupin s ionty vyskytujícími se v roztoku. Vznik elektrostatické vazby můžeme předpokládat např. u huminových látek s alkalickými kovy a amoniakem.

Koordináční vazba představuje nejdůležitější typ vazebné interakce z hlediska imobilizace toxických kovů mezi makromolekulární maticí huminových látek a ionty kovů schopných tento typ vazeb vytvářet. Potenciál ke vzniku koordinačních vazeb je dán značným zastoupením karboxylových, fenolických a dalších funkčních skupin ve struktuře huminových látek. Vytváření koordinačních vazeb je důležité zejména při odstraňování toxických kovů. Na vzniku koordinačních vazeb se v huminových látkách nejvíce podílejí karboxylové a fenolické skupiny. Zastoupení těchto dvou funkčních skupin je ovlivněno hodnotou pH a také mírou disociace těchto funkčních skupin. Ve slabě kyselém prostředí se na vzniku koordinačních vazeb podílejí hlavně karboxylové skupiny a k nim se při vzrůstu pH nad 7 a po disociaci protonu z fenolického hydroxyly přidávají významně i tyto funkční skupiny. Stabilita vznikajících komplexů se vzrůstajícím pH stoupá, a to hlavně u iontů, které tvoří silné karboxylát-fenolické komplexy.

Kovalentní vazby mohou u huminových látek vznikat buď nekatalyticky, nebo katalyticky pomocí aktivity enzymů. Příkladem kovalentní vazby může být vazba antracenu na huminových kyselinách ze zeminy znečištěné směsí polyaromatických uhlovodíků. Možnost vzniku kovalentní vazby mezi makromolekulární strukturou huminové látky a kontaminantem

je předpokladem k imobilizaci kontaminantu. V této souvislosti je důležité zjistit, zda je proces vzniku vazby reverzibilní nebo ireverzibilní.

Na základě přítomnosti některých funkčních skupin (amidová, nitrilová) ve struktuře huminových látek lze předpokládat vznik vodíkových můstků. Tyto vazby se i přes svůj nízký energetický obsah mohou význačně podílet na vazebných schopnostech mezi huminovými látkami a kontaminanty.

Hydrofobní interakce vzniká při kontaktu nepolárních skupin (např. alkylových) nesených molekulami, které se nachází ve vodném prostředí. Tento typ vazby je nejčastější předpokládanou vazbovou interakcí huminových látek s hydrofobními a alifatickými kontaminanty (Skokanová & Dercová, 2008).

3.6 Využití huminových látek

Huminové látky byly dlouhá léta předmětem vědeckého zkoumání díky jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem. Existuje velké množství výrobků na bázi huminových kyselin, které se využívají v rostlinné a živočišné výrobě (Skybová, 2006). V dnešní době můžeme jejich využití najít hlavně v zemědělství, v průmyslu, v oblasti ochrany životního prostředí, ve farmakologii a také jako palivo (Pena-Méndez et al. 2005).

3.6.1 Zemědělství

Huminové látky napomáhají zlepšit fyzikální vlastnosti půdy, čímž výrazně ovlivňují její kvalitu a úrodnost. Dokážou na sebe vázat toxické látky a tím brání jejich kumulaci v rostlinách. Zamezují vzniku půdních prasklin a půdní erozi. Zabraňují ztrátám živin a zadržují vodu. (Skybová, 2006). Mají pozitivní vliv na fotosyntézu a zvyšují produkci biomasy. Huminové látky jsou důležitým aditivem do celé řady hnojiv (Pena-Méndez et al. 2005).

3.6.2 Průmysl

V průmyslovém odvětví našly huminové látky hned několik uplatnění. Využívaly se jako přísada do cementu, díky které se dala řídit rychlost tuhnutí. Využívaly se také jako barvivo na kůži v textilním průmyslu nebo k barvení dřeva v dřevozpracujícím průmyslu (přírodní indigo). V keramickém průmyslu byly huminové látky používány jako přísady ke zlepšení pevnosti keramiky a v papírenském průmyslu našly uplatnění např. ve výrobě elektricky vodivého papíru (Pena-Méndez et al. 2005).

3.6.3 Ochrana životního prostředí

Díky jejich absorpčním schopnostem je hlavní úloha huminových látek v životním prostředí odstraňování toxických látek z vody. Používají se tedy k filtraci odpadních vod, k odstranění pesticidů, herbicidů, insekticidů a jiných nebezpečných látek (Pena-Méndez et al. 2005).

3.6.4 Medicína

Huminové látky se využívají ve veterinární i v humání medicíně díky svým antivirovým a protizánětlivým schopnostem. Využití dosáhly také v oblasti kosmetiky, kde jsou používány k léčebným zábalům a bahenním lázním (Pena-Méndez et al. 2005).

3.6.5 Chovatleství

Vzhledem k rostoucím obavám z používání antibiotik při léčbě zvířat našly huminové látky využití jako aditiva do krmných směsí. Huminové kyseliny (konkrétně kyselina huminová – HA) jsou nyní široce používanou alternativou antibiotik pro podporu růstu, která zlepšuje užitek a zdraví zvířat. Huminové látky mají široké využití v chovech hospodářských zvířat (skot, prasata, drůbež), ale i v chovech zájmových (koně, psi, kočky). Bylo zjištěno, že HS mají významné analgetické, anitivirové a imunostimulační vlastnosti (Potůčková M et al., 2017). Mají mnoho pozitivních vlivů na organismus jako je stimulační účinek na trávení a využití živin. V poslední době se objevují např. v chovech drůbeže a krav, kde se HA používá jako stimulant růstu, který má zlepšit tělesnou hmotnost a snížit hladinu cholesterolu v krvi. Kromě toho schopnost HA vázat dusík pomáhá minimalizovat emise amoniakálního dusíku (NH₃-N) z krmných zařízení pro skot (Abu Hafsa et al. 2021). Ve veterinární medicíně se huminové látky používají u koní, přežvýkavců, prasat a drůbeže k léčbě průjmů, dyspepsie a akutní intoxikace (EMA, 1999). Použití huminových látek v krmných dávkách není založeno na poskytování energie, ale na jejich zdravotních výhodách (Degirmencioglu, 2012).

3.7 Využití a vliv huminových látek na drůbež

Hlavním podnětem k začátku používání huminových látek jako alternativního krmného doplňku byl zákaz používání antibiotik jako růstového stimulantu. Primárně byly huminové látky používány ke stimulaci růstu rostlin. V poslední době se trendy v zemědělství a aplikaci krmiv pro zvířata zaměřují na studium dopadů různých krmných doplňků zaměřených na lepší zdraví a produktivitu zvířat pro produkci zdravých a bezpečných potravin.

Používání humátů ve výživě drůbeže jako alternativní krmné aditivum má stále větší význam. Huminové kyseliny hrají zásadní roli v ochraně střev proti infekcím a příznivě ovlivňují jeho funkce. HS mají dobrou pufrací schopnost a mohou upravovat pH střev. Huminové kyseliny stabilizují střevní mikrobiom a následně zajišťují lepší využití živin v krmivu drůbeže. Přidání HS do krmné směsi může zlepšit imunitní stav.

Huminové kyseliny nemají žádné vedlejší účinky na organismus zvířete. Pro udržení zdraví organismu je klíčová optimální funkce imunitního systému. V podmínkách intenzivního chovu jsou zvířata neustále vystavována stresu, který má negativní dopad na jejich imunitní systém, proto byl zkoumán vliv huminových látek na imunitu. Vlivem huminových kyselin se u zvířat vystavených stresu obnovuje střevní imunita, dochází ke ztluštění střevní sliznice. Předchází se tak dehydrataci organismu. Huminové kyseliny stimulují imunitní systém těla k obraně proti cizím vlivům. Vlivem huminových kyselin dochází k posílení fagocytózy leukocytů.

Huminové kyseliny dodávají mikroživiny obohacující imunitní systém, což umožňuje zvířatům účinně odolávat nemocem. Kromě toho také inhibují růst patogenních bakterií a plísní,

snížují hladinu mykotoxinů, zlepšují trávení bílkovin a vstřebávání vápníků, stopových prvků a živin.

Huminové kyseliny napomáhají rozkládat jednotlivé složky potravy, čímž pozitivně ovlivňují stravitelnost a konverzi krmiva. Zavedení huminových kyselin do stravy zvířat vede k aktivaci jejich vitalit, rychlé adaptaci na měnící se podmínky prostředí a stimulaci růstu.

Huminové kyseliny jsou v medicíně považovány za prostředky ke zvýšení odolnosti organismu vůči působení různých nepříznivých faktorů. Mechanismus léčby huminovými kyselinami se ve srovnání s antibiotiky projevuje spíše pomalu, během 24-72 hodin. (Simakova et al. 2021).

Huminové látky se používají jako přírodní stimulatory růstu. Mají antioxidační, protiplísňové, detoxikační a antiseptické účinky. U brojlerů dochází ke zlepšení přírůstku hmotnosti a lepší konverzi krmiva. Nosnice mají lepší produkci vajec. HS napomáhají udržovat střevní mikroflóru, čímž zlepšují stravitelnost živin. Poskytují ochrannou vrstvu proti pronikání mikrobů a jiných toxických látek do těla. Přidáním huminových kyselin do krmných směsí může být výrazně zlepšena hmotnost a produkce slepic.

Mudroňová et al. (2021) zjistili, že suplementace stravy HS aditivou měla významný vliv na snášku, denní hmotnost vajec a konverzi krmiva. Došlo k nárůstu koncentrace minerálů ve vaječných skořápkách (viz Tabulka 2). Výrazný nárůst byl pozorován u obsahu mědi, fosforu, vápníku, manganu a zinku. Přídavek HS do krmiva nosnic významně zvýšil procento aktivních fagocytů a také jejich pohlcovací schopnosti. To vše ukazuje na schopnost huminových látek stabilizovat střevní mikrobiotu a tím zajistit lepší využití živin v krmivu.

Tabulka 2: Výsledky koncentrace minerálů ve vaječných skořápkách (Mudroňová et al. 2021). C: kontrolní skupina, H: nosnice krmené dietou obohacenou o 0,5 % HS.

Sledované hodnoty	C	H
Vápník, g·kg ⁻¹	57,66 ± 0,27	59,22 ± 1,09
Hořčík, g·kg ⁻¹	4,40 ± 0,25	4,67 ± 0,46
Fosfor, g·kg ⁻¹	2,69 ± 0,35	4,77 ± 1,14
Sodík, g·kg ⁻¹	0,96 ± 0,04	0,91 ± 0,09
Draslík, g·kg ⁻¹	0,61 ± 0,06	0,55 ± 0,10
Měď, mg·kg ⁻¹	36,68 ± 4,22	46,69 ± 1,90
Zinek, mg·kg ⁻¹	21,14 ± 6,59	31,96 ± 8,09
Mangan, mg·kg ⁻¹	26,36 ± 2,09	30,09 ± 1,57

Podle Vašková et al. (2015) suplementace huminovými kyselinami může zvýšit schopnost kuřat využívat stopové minerály, ale díky schopnosti akumulace železa a poklesu v hladinách selenu není dlouhodobá suplementace vhodná.

Ve studii od Arif et al. (2016) huminové kyseliny výrazně změnily startovací a konečný přírůstek hmotnosti broilerů (viz Tabulka 3). Dietní suplementace huminovými kyselinami měla významný vliv na poměr konverze krmiva.

Tabulka 3: Vliv huminové kyseliny na růst broilerů (Arif et al. 2016). HA₀, HA₁, HA₂, HA₃ and HA₄ znamená diety s 0; 0,75; 1,5; 2,25 a 3,0 g/kg huminové kyseliny.

Sledované hodnoty	HA ₀	HA ₁	HA ₂	HA ₃	HA ₄
Příjem krmiva (g)					
Startovací	1049,4	1020,2	1044	1014,6	1006,4
Konečný	2023,2	1994,2	1982	1973,6	1958
Celkový	3081,6	3014,4	3026	2988,2	2964,4
Přírůstek hmotnosti (g)					
Startovací	638,6	656,2	674	667,4	671,4
Konečný	922,2	952,4	1022,8	1156,6	1120,4
Celkový	1560,8	1608,8	1969,8	1824	1791,8
Poměr konverze krmiva					
Startovací	1,64	1,58	1,56	1,5	1,5
Konečný	2,22	2,1	1,94	1,72	1,76
Celkový	1,98	1,88	1,78	1,64	1,66

Stejně tak ve studii od Mudroňová et al. (2021) měl přírůstek huminových látek do krmiva nosnic pozitivní vliv na konverzi krmiva, snášku vajec, hmotnost vajec a kvalitu vaječných skořápek. Byl taky pozorován imunostimulační účinek projevující se zvýšenou aktivitou fagocytů. Jako možný negativní účinek byl HS byl pozorován pokles T lymfocytů.

Stejných výsledků došli Korsakov et al. (2018) přidáním huminových látek do krmiva, které přispěly ke zvýšení rychlosti růstu brojlerových kuřat a ke snížení nákladů na krmivo. Zároveň došlo ke zvýšení porážkové hmotnosti.

Ve studii od Marciňáková et al. (2015) došlo po přidání HS do krmiva k vyšší hmotnosti jatečně upraveného těla a jatečné výtěžnosti. Také došlo k nižší spotřebě krmiva. V pokusu od Araf R et al. (2015) u nosnic došlo po přidání HS do krmiva k větší produkci vajec a větší hmotnosti vajec. Zlepšila se také konverze krmiva a barva žloutku (viz Tabulka 4).

Tabulka 4: Vliv přídatku kyseliny huminové na produkci vajec, hmotnost vajec, příjem krmiva, úmrtnost a kvalitu vajec (výška albuminu, barva žloutku, třída vajec a haughovy jednotky) (Araf et al. 2015). *1=bílá barva, 10=tmavá žlutá barva.

Sledované hodnoty	Hladiny huminových kyseliny			
	Kontrolní skupina	2.0	4.0	6.0
Produkce vajec (%)	64,80 ± 1,48	65,64 ± 1,56	69,80 ± 1,43	74,07 ± 1,51
Hmotnost vajec (g)	51,45 ± 0,73	54,01 ± 1,23	54,38 ± 0,34	54,56 ± 0,78
Příjem krmiva	93,38 ± 1,08	94,71 ± 0,84	93,87 ± 0,81	96,29 ± 1,71
Konverze krmiva	2,80 ± 0,01	2,67 ± 0,03	2,47 ± 0,01	2,38 ± 0,06
Mortalita (%)	1	0,5	0,5	0,5
Výška albuminu (mm)	4,11 ± 0,25	4,38 ± 0,14	3,64 ± 0,27	4,20 ± 0,27
Barva žloutku *	4,71 ± 0,26	5,22 ± 0,25	5,05 ± 0,31	5,54 ± 0,30
Třída vajec	B	A	A	A
Haughovy jednotky	58,78 ± 2,91	58,89 ± 4,03	62,88 ± 3,03	64,42 ± 1,40

Hakan et al. (2012) provedli pokus, kde do krmiva přidávali humát a probiotika. Produkce vajec se u sledovaných slepic zvýšila, mortalita snížila a došlo také ke zlepšení konverze krmiva. Nebyly zjištěny žádné účinky na kvalitu vajec. Ke stejnému výsledku došli

Kucukersan et al. (2005), kde přidání huminové kyseliny do krmné dávky nosnic zlepšilo míru konverze krmiva, produkci vajec a hmotnost vajec.

Huminové kyseliny stabilizují střevní flóru a tím zlepšují využití živin z krmiva pro zvířata, což má za následek zvýšené přírůstky hmotnosti zvířat bez zvýšení množství podávaného krmiva. Huminové látky údajně zlepšují trávení bílkovin, stejně jako využití vápníku a stopových prvků. Zvyšují propustnost buněčné stěny, která umožňuje snadnější přenos minerálů z krve do kostí a buněk (Vašková et al. 2015).

Huminové kyseliny mohou mít také pozitivní vliv na některé parametry v krvi drůbeže jako je hladina cholesterolu, antioxidační a hematologické parametry. Stanovení hladiny cholesterolu v krvi je důležité pro hodnocení kvality drůbežích produktů a také pro zdraví spotřebitele. K podstatnému rozdílu v krevním cholesterolu a lipoproteinech s vysokou hustotou (HDL) došlo u Arif et al. (2016). Lipoprotein s nízkou hustotou (LDL) byl významně snížen. Naopak nedošlo k ovlivnění glykémie, močoviny, hladin Ca, P a kreatininu přidáním huminových látek do krmiva. Žádný větší rozdíl nebyl pozorován ani u červených a bílých krvinek a hemoglobinu.

Mechanismus účinku huminových látek je spojen s jejich schopností tvořit komplexní sacharidy v těle, které působí jako modulátory mezibuněčných interakcí. Udržují činnost imunitního systému v rovnováze. Huminové látky mají protizánětlivé účinky, tlumí otoky souběžně se záněty kloubů. Navíc se mohou vázat na kolagenová vlákna a napomáhat tak hojení poškozených šlach a kostí. Huminové látky nevyvolávají alergické reakce ani neinterferují s jinými léky a nejsou embryotoxické (Trčková et al. 2005).

Huminové látky mají mnoho příznivých účinků na produkci a parametry a jeví se jako vhodný nenutriční prostředek v produkci drůbežního masa (Marciňáková et al. 2015).

3.8 Využití a vliv huminových látek na skot

Stejně jako u drůbeže mají huminové látky mnoho příznivých účinků na skot. Jejich schopnost lépe využívat přijaté živiny může způsobit zlepšení užitkovosti nebo složení mléka. Huminové látky ovlivňují fungování trávicího systému včetně bachorového metabolismu. Kromě toho huminové látky napomáhají minimalizovat emise amoniakálního dusíku. Kyselina huminová působí příznivě na složení mikroorganismů v trávicím traktu přežvýkavců a kvalitu jejich produktů (Degirmencioglu, 2014).

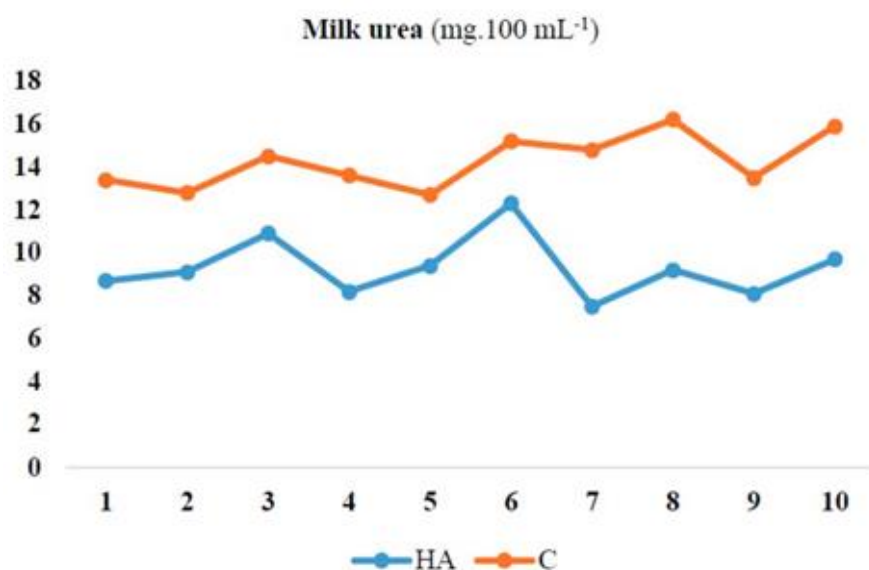
V experimentu od Teter et al. (2021) přidávali huminové látky do krmiva dojnic holštýnsko-fríských krav a sledovali chemické složení mléka a počet somatických buněk. 30 dnů používání krmné přísady nemělo žádný vliv na sledované hodnoty. Po 60 dnech používání byl zaznamenán výrazný nárůst obsahu sušiny, včetně tuku, bílkovin a kaseinu. Po 60 dnech diety došlo zároveň ke snížení počtu somatických buněk o 20 %.

Tabulka 5: Vliv přidání oxyhumolitu do diety krav (Teter et al. 2021). CON-kontrolní skupina, H-experimentální skupina, SCC-počet somatických buněk, p-hodnota.

Sledované hodnoty	Po 30 dnech			Po 60 dnech		
	CON	H	<i>p</i>	CON	H	<i>p</i>
Výtěžnost mléka (kg)	38,51 ± 6,79	38,47 ± 6,40	0,978	38,65 ± 6,20	39,46 ± 6,70	0,647
pH	6,78 ± 0,05	6,79 ± 0,06	0,281	6,76 ± 0,06	6,79 ± 0,07	0,256
Tuk (%)	3,67 ± 0,50	3,84 ± 0,51	0,173	3,66 ± 0,48	3,93 ± 0,46	0,041
Bílkoviny (%)	3,27 ± 0,23	3,35 ± 0,20	0,173	3,30 ± 0,18	3,44 ± 0,21	0,012
Kasein (%)	2,60 ± 0,20	2,67 ± 0,19	0,204	2,61 ± 0,17	2,73 ± 0,18	0,029
Laktóza (%)	4,87 ± 0,16	4,83 ± 0,15	0,332	4,82 ± 0,14	4,76 ± 0,16	0,066
Sušina (%)	12,51 ± 0,96	12,76 ± 0,59	0,058	12,47 ± 0,63	12,85 ± 1,04	0,031
Močovina (mg/kg)	203,54 ± 52,60	225,14 ± 32,87	0,07	210,88 ± 42,53	239,68 ± 51,41	0,097
SCC	258,88 ± 50,35	225,83 ± 75,62	0,271	261,08 ± 49,78	208,45 ± 40,17	0,023

Ke snížení počtu somatických buněk došlo také u experimentu Zigo F et al. (2020). Suplementace stravy huminovými kyselinami také snížila obsah močoviny v mléce, ale neovlivnila ostatní parametry mléka (viz Tabulka 6).

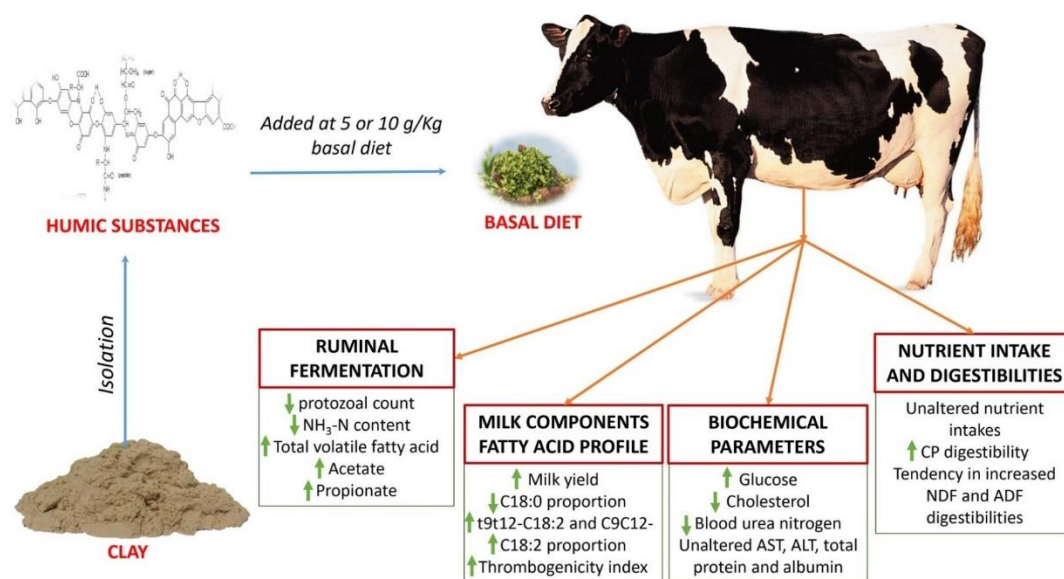
Tabulka 6: Srovnání obsahu močoviny v mléce u skupiny s přidavkem kyseliny huminové (HA) a u kontrolní skupiny (C) 10. den laktace (Zigo et al. 2020).



Využití huminových látek ve výživě krav prokázalo, že dochází k významnému zlepšení schopnosti srážení mléka. Mléko od krav v experimentální skupině se srazilo v průměru o 15 % rychleji ve srovnání s kontrolní skupinou. Zlepšení srážlivosti mléka vyplývá ze zvýšení obsahu bílkovin v mléce (včetně kaseinu), tuku a také mentálních látek (hlavně vápníku) (Teter et al. 2021). Teter et al. (2021) zjistili, že došlo k výraznému zvýšení obsahu vápníku a železa, ale snížil se draslík v mléce. Přídavek huminových látek neovlivnil produktivitu krav.

Rozdílných výsledků došli v pokusu od Hassan (2020). Ke změnám v sušině, tuku a bílkovin vůbec nedošlo. Naopak se zvýšila doживost. Suplementace huminovými kyselinami také silně modifikovala podíl mastných kyselin, došlo ke zvýšení obsahu kyseliny octové a

propionové. Dieta neovlivnila příjem živin, ale podařilo se zvýšit koeficient stravitelnosti hrubého proteinu. Došlo k poklesu obsahu NH₃-N bez ovlivnění bachorového pH. Dojnice také vykazovaly zvýšení hladiny glukózy v krvi (viz Obrázek 8).



Obrázek 8: Grafický abstrakt vlivu huminových látek na skot (Hassan, 2020).

Ke zvýšení produkce mléka došlo také u Kholif et al. (2021). Přídavek humátu dojnícím také zlepšil stravitelnost živin. Snížil počet bachorových prvoků a zvýšil obsah tuku v mléce.

Výsledkem studie od Yüca & Gul (2021) bylo zjištění, že použití humátových doplňkových látek nemá vliv na skóre tělesné kondice, tělesnou hmotnost, netučnou mléčnou hmotu v mléce, hustotu, bílkoviny, bod mrazu, počet somatických buněk, triglyceridy v krvi, fosfor, hořčík a glukózu. Bylo zjištěno, že přidavkem humátového aditiva do krmiva se zvýšila specifická hmotnost mleziva, zvýšil se příjem sušiny před a po porodu. Stejně tak se zvýšila předporodní a poporodní hladina albuminu. Mléčná užitkovost se také zvýšila. Yüca & Gul (2021) prokázali, že přidavek humátů snižuje poporodní problémy a numericky zvyšuje výskyt zabřeznutí.

3.9 Využití a vliv huminových látek na kozy

Stejně jako u skotu mají huminové látky příznivé účinky na mléčnou užitkovost koz. Degirmencioglu (2014) zjistili, že mléčná užitkovost se zvyšovala se zvyšující se dávkou HA v krmivu (viz Tabulka 7). Přídavek HA ale nezměnil žádné parametry mléka, jako je obsah mléčného tuku, sušiny, bílkovin ani laktózy. HA kozám významně snížil celkový cholesterol.

Tabulka 7: Základní informace z vyšetření koz (Degirmencioglu, 2014).

Skupina	Počet koz	Živá hmotnost (kg)	Dny produkce mléka	Produkce mléka
Kontrolní T1	6	51,10 ± 3,298	60,33 ± 4,177	2,90 ± 0,209
Testovací T2	6	54,15 ± 4,059	65,50 ± 6,339	2,96 ± 0,242
Testovací T3	6	49,20 ± 3,769	69,00 ± 1,291	2,98 ± 0,243

Ke snížení cholesterolu v krvi došlo také u El-Zaiat et al. (2018). Zvířata, kterým byly HA podávány, se vyznačovala zvýšenými hladinami bílkovin, globulinů a glukózy v krvi. Zvýšila se výtěžnost mléka, tuku, laktózy a bílkovin, zatímco počet somatických buněk se při léčbě snížil. Naopak u Degirmencioglu (2012) nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v počtu somatických buněk. K žádným změnám nedošlo ani u tělesné hmotnosti.

V experimentu od u El-Zaiat et al. (2018) HA také zvýšily pH v bachoru, zatímco koncentrace amoniaku a počtu prvků se snížila. Podávání HA snížilo denní příjem sušiny. Kůzlata chovaná kozami s HA se zvýšila tělesná hmotnost a denní přírůstek hmotnosti o 31 %. Denní dojivost se zvýšila o cca 18 %.

I přes nízký počet informací o užívání huminových látek jako krmného aditiva u koz lze předpokládat, že budou mít příznivé účinky na určité parametry mléka, mléčnou užitkovost a přírůstek hmotnosti.

3.10 Využití a vliv huminových látek na prasata

Vliv huminových látek na prasata je velice podobný jako u skotu a koz. Přidání HS do výživy prasat zlepšuje růstovou výkonnost, kvalitu masa, zvyšují stravitelnost živin a snižují emise amoniaku z hnoje.

Významně vyšší denní průměrný přírůstek byl pozorován v experimentu od Wang et al. (2008). Přídavek HS do diety významně snížil tloušťku hřbetního tuku, a naopak skóre mramorování se signifikantně zvýšilo. Zvýšily se také relativní počty lymfocytů. Další krevní parametry sledovali Trčková et al. (2018). Přídavek leonardinu a hnědé uhlí neměl žádný významný vliv na celkový počet leukocytů a diferenciální počet krvinek. Výjimkou byl vyšší počet monocytů. Byl také zjištěn významně vyšší hematokrit a hemoglobin a tendence k vyššímu počtu erytrocytů.

Obsah minerálních látek sledovali Zralý et al. (2010). Byl zjištěn významně nižší obsah manganu v játrech a v ledvinách u selat krmených dietou s přídavkem humátu sodného (HNa). Koncentrace selenu v krevním séru a ve svalové tkáni byla u pokusných zvířat významně nižší. Výsledky této studie ukázali, že zkrmování humátu sodného může způsobit určitou ztrátu manganu a selenu z těla (viz Tabulka 8). U pokusných zvířat naopak došlo ke zvýšení koncentrace glukózy, triacylglycerolu a vápníku (viz Tabulka 9).

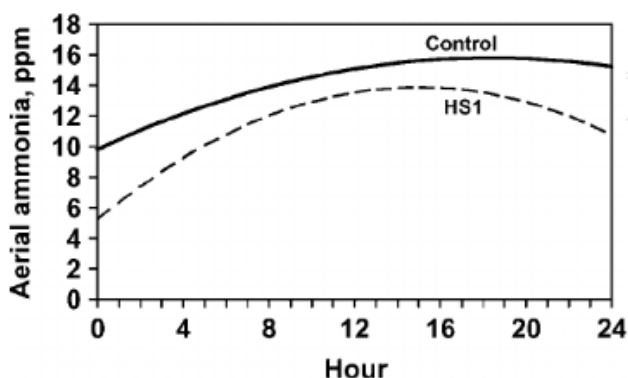
Tabulka 8: Stopové prvky v krevním séru a orgánech selat po zkrmování humátu sodného (mg/kg) (Zralý et al. 2010).

Sledované parametry		Krevní sérum		Játra		Ledviny		Svalová tkáň	
		C	HNa	C	HNa	C	HNa	C	HNa
Cu	x	1,53	1,55	23,10	20,50	4,96	4,91	0,96	1,01
	SD	0,11	0,16	7,69	5,85	0,46	0,65	0,13	0,08
Zn	x	1,94	1,88	69,60	63,70	16,70	16,50	12,30	12,30
	SD	0,13	0,13	12,80	21,00	1,00	1,45	0,79	0,71
Se	x	0,124	0,117	0,310	0,240	0,710	0,660	0,078	0,045
	SD	0,005	0,004	0,030	0,070	0,060	0,060	0,012	0,006
Mn	x	< 0,07	< 0,07	2,33	2,04	0,87	0,82	0,16	0,14
	SD			0,13	0,09	0,03	0,03	0,04	0,04
Co	x	0,05	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
	SD	0,01	0,01						

Tabulka 9: Vybrané biochemické ukazatele v krevním séru selat (Zralý et al. 2010).

Indikátor		C	HNa
Bílkoviny	g/l	51,80 ± 5,60	52,40 ± 7,30
Albumin	g/l	27,20 ± 2,95	27,30 ± 3,80
Glukóza	mmol/l	4,67 ± 0,53	5,60 ± 0,56
Triacylglyceroly	mmol/l	0,44 ± 0,10	0,62 ± 0,13
Cholesterol	mmol/l	1,63 ± 0,30	1,61 ± 0,27
ALT	μkat/l	1,10 ± 0,33	0,90 ± 0,22
AST	μkat/l	0,89 ± 0,31	0,81 ± 0,25
ALP	μkat/l	4,33 ± 1,14	4,88 ± 0,63
Vápník	mmol/l	2,53 ± 0,16	2,70 ± 0,13
Fosfor	mmol/l	2,86 ± 0,22	3,07 ± 0,31
Hořčík	mmol/l	1,02 ± 0,10	0,98 ± 0,10

HNa do stravy prasat doplňovali také Kaevská et al. (2016) kde spolu se ZnO snížil výskyt patogenních E. coli a ovlivnil mikrobiální složení trusu. U Ji et al. (2006) přidavek huminových látek do krmiva pro prasata snížil emise amoniaku z prasečí kejdy o 3 až 18 % (viz Obrázek 9). Také se snížila mortalita prasat.

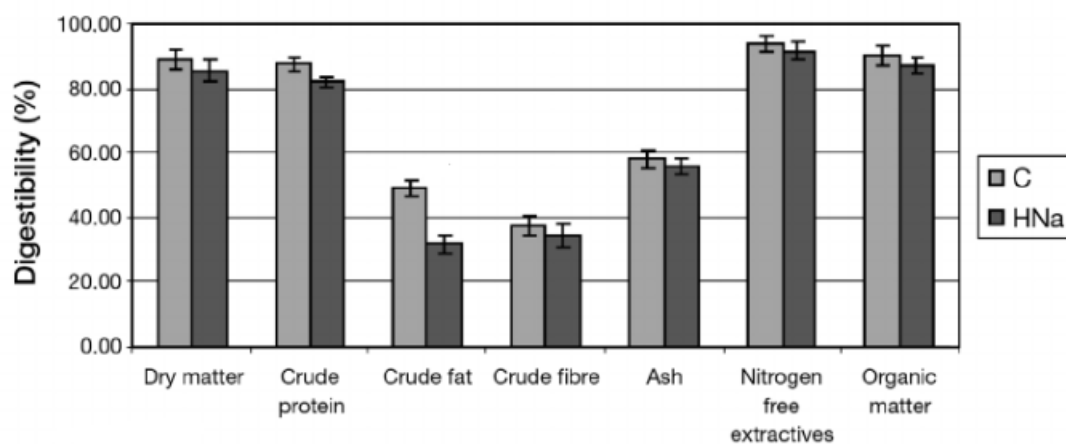


Obrázek 9: Koncentrace vzdušného amoniaku v enviromentální komoře z hnoje prasat krmených kontrolní dietou bez, nebo dietou doplněnou o huminové látky (Ji F et al. 2006).

Důležitým účinkem huminových látek je vliv na přírůstek hmotnosti. Významně vyšší byl u Zralý et al. (2010). Průměrný denní příjem krmiva se přidáním HNa také zvýšil, Byl zaznamenán příznivý účinek na konverzi krmiva, kde došlo ke zlepšení o 6,4 %.

Písaříková et al. (2010) sledovali stravitelnosti hrubého proteinu a hrubého tuku, která byla po přidání huminových látek významně nižší (viz Tabulka 10). Snížení stravitelnosti dusíkatých látek může vést ke snížení emisí amoniaku do stájového prostředí. Snížení hodnot stravitelnosti může souviset se schopností humátů vytvářet různé typy vazebných interakcí. Ty pak mohou ovlivnit resorpci živin. Absorpční schopnost huminové kyseliny způsobuje pomalejší průchod střevem, prodloužení doby trávení a zvýšení anabolických procesů. Zbytky huminových kyselin absorbují amoniak ve střevech, což snižuje nepříjemný zápach, ale také zvyšuje účinnost výkalů jako hnojiva (Písaříková et al. 2010).

Tabulka 10: Stravitelnost živin u prasat (Písaříková et al. 2010).



Pozitivní účinek huminových látek lze vysvětlit posílením metabolické aktivity buněčných membrán zrychlením metabolismu oxidačních procesů, které v důsledku zvýšeného příjmu živin stimulují vitální funkce (Islam et al. 2005).

3.11 Využití a vliv huminových látek na koně

Huminové látky pro koně jsou volně dostupné k zakoupení. Ovlivňují zdraví koní ve všech oblastech. Huminové kyseliny stabilizují střevní mikroflóru a zajišťují tak lepší využití živin v krmivu. Kromě toho údajně zlepšují trávení bílkovin a využití vápníku a stopových prvků. HA zvyšují odolnost zvířat proti tělesnému stresu (Fulvichealth, 2012).

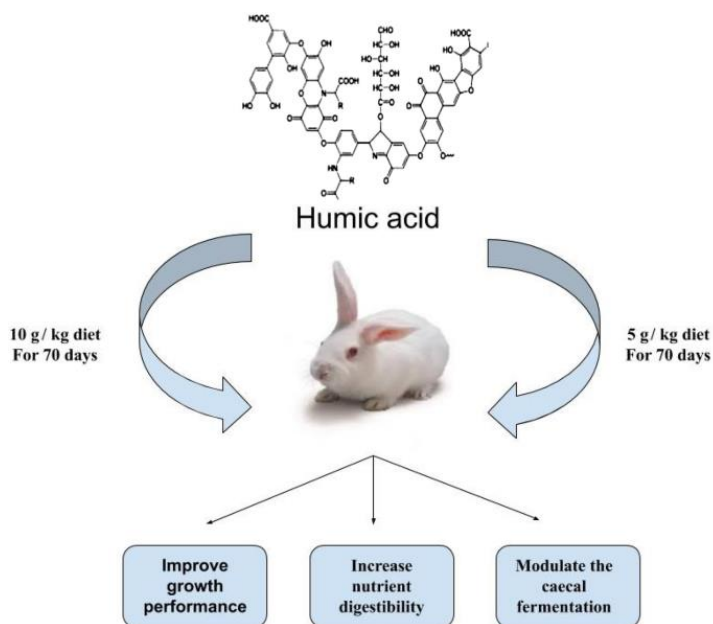
Důležitou roli také hrají v rekonvalescenci. Díky přidání kyseliny huminové do diety koně mohou červené krvinky přenášet více kyslíku. To má mimo jiné pozitivní vliv na dobu rekonvalescence po zranění. Fulvokyseliny zajišťují lepší trávení a vstřebávání oxidu křemičitého v těle koně. Křemík je důležitý pro tvorbu kolagenu a je nezbytný pro šlachy a vazy. Fulvokyseliny tím napomáhají budovat pevnější kloubní spojení a tím se zajišťuje kratší doba regenerace. Podporují také lepší absorpci živin. Zvýšená absorpce živin a snížené překyselení svalů vedou ke zvýšení výkonu a vytrvalosti. Fulvokyseliny také zlepšují přirozenou obranyschopnost, odolnost a tím i vitalitu a pohyblivost (Healt Solution, 2021).

3.12 Využití a vliv huminových látek na králíky

Huminové látky našli své využití nejenom u zvířat hospodářských, ale i u zvířat zájmových (kočky, psy, drobní savci). Účinky však zůstávají stejné. HS zlepšují stravitelnost živin, tělesnou hmotnost a několik krevních parametrů.

Vyšší tělesné přírůstky a vyšší konverze krmiva byly pozorovány v experimentu od Mišta et al. (2012) a také od Mohmed et al. (2020). Výsledky od Mohmed et al. (2020) také potvrdily lepší stravitelnost organických látek. Podávání HA významně snížilo koncentraci cholesterolu v plazmě, a naopak významně se zvýšil počet červených krvinek, bílých krvinek a koncentrace lipoproteinů o vysoké hustotě v plazmě. K ovlivnění cholesterolu došlo také v pokusu od Mišta et al. (2012). Přídavek HA ovlivnil lipidové parametry v krvi, což se projevilo nižším obsahem celkového cholesterolu a jeho LDL frakce. Při ošetření HA se také snížil počet mikrobů ve slepém střevě (Mohmed et al. 2020).

Různé krevní parametry sledovali také Hafsa et al. (2021). Králíci ošetření HA se vyznačovali zvýšeným obsahem celkových bílkovin, albuminu a globulinu. Hladiny cholesterolu, triglyceridů a močoviny se u nich však snížily. Hladiny glukózy a kreatininu v krvi zůstaly suplementací HA neovlivněny (viz Tabulka 11). Přidáním HA se snížilo pH slepého střeva a prudce se snížil obsah $\text{NH}_3\text{-N}$, ale nemělo to žádný vliv na hladinu celkových těkavých mastných kyselin a kyseliny octové. Naopak se zvýšila koncentrace kyseliny propionové a máselné. V této studii se ukázalo, že hladiny metabolitů byly u králíků v normálním fyziologickém stavu. Králíci měli normální energetický stav, což neodráží žádné negativní účinky HA (viz Obrázek 10).



Obrázek 10: Grafický abstrakt účinku huminové kyseliny na králíky (Hafsa et al. 2021)

Tabulka 11: Biochemické parametry krve rostoucích králíků krmených dietou s přidavkem huminové kyseliny (Hafsa et al. 2021). HA0 – bez HA, HA5 – 5 g/kg, HA10 – 10 g/kg, SEM – standardní chyba v průměru.

Sledované parametry	HA0	HA5	HA10	SEM	<i>P</i>
Bílkoviny (g/dl)	6,39	7,35	7,56	0,253	<0,001
Albumin (g/dl)	4,17	4,58	4,68	0,111	<0,001
Globulin (g/dl)	2,21	2,76	2,88	0,134	<0,001
Glukóza (mg/dl)	79,37	79,88	80,20	5,254	0,547
Cholesterol (mg/dl)	88,97	78,88	77,58	2,522	<0,001
Triglycerid (mg/dl)	80,38	69,93	68,07	1,580	<0,001
Močovina (mg/dl)	35,93	32,13	30,69	1,493	<0,001
Kreatinin (mg/dl)	0,77	0,78	0,79	0,007	0,899

Mišta et al. (2012) sledovali účinky huminových kyselin na kvalitu masa. Zařazení pokusného aditiva do diety mělo příznivý vliv na kvalitativní znaky masa, např. na koncentraci Fe, tvrdost a barvu. Také to ale zvýšilo náchylnost tuku k oxidačním změnám. Přídavek huminových kyselin neměl žádný vliv na obsah intramuskulárního tuku.

Rybalka et al. (2020) sledovali vliv huminových kyselin na ontogenezi králíků. Přídavek kyseliny huminové do krmiva králíků způsobil významné zvýšení obsahu vápníku, železa a mědi. V důsledku chelatačních vlastností huminové kyseliny došlo ke snížení obsahu zinku. Zároveň zaznamenali obecnou tendenci ke zvýšení obsahu makroprvků a redistribuci osteotropních stopových v kostech stehenní a hrudní kosti. Výsledky histologického vyšetření prokázali výrazné zvýšení počtu osteoblastů v kostech stehenní a hrudní kosti, což svědčí o intenzivním růstu a mineralizaci kostní tkáně.

3.13 Využití a vliv huminových látek na kočky a psy

Huminové látky jsou známé především pro aplikaci v zemědělství a zahradnictví, ale stále větší roli hrají také v krmivech pro domácí zvířata. Každodenním přidáváním huminových látek do krmiva pro zvířata se lépe vstřebávají živiny, vitamíny a minerální látky. Dnes jsou huminové látky velmi dostupné a každý si je může koupit pro své domácí mazlíčky.

U koček se např. používají fulvokyseliny. Jsou to malé molekuly, které mohou snadno proniknout do buněk a díky tomu mají vysokou absorpční kapacitu. Tato vlastnost zajišťuje, že se vitamíny a minerály lépe vstřebávají do těla zvířat. Zlepšuje se také imunitní systém a tím i vitalita a pohyblivost. Huminové látky ve výživě koček vyživují a chrání pokožku a srst, snižují zápach zvířat a výkalů a podporují pevnější stolicí. Také napomáhají odstraňovat těžké kovy a toxiny z buněk (Health Solution, 2020).

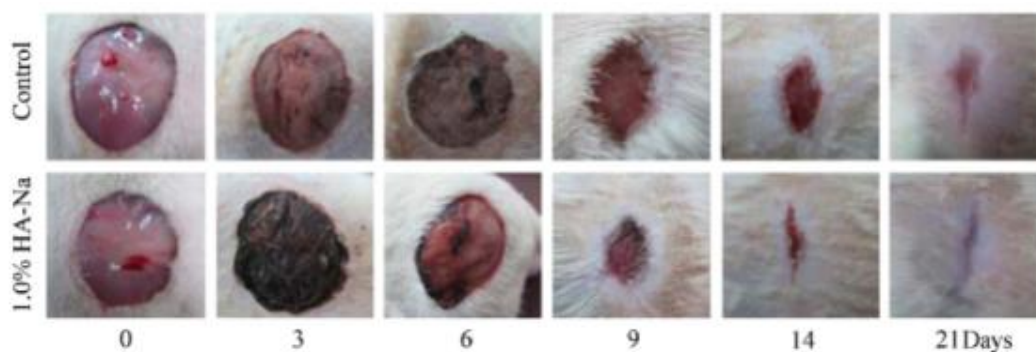
Huminové kyseliny zároveň obnovují minerální a acidobazickou rovnováhu. Mají hepatoprotektivní funkci, to znamená, že chrání játra před destrukcí buněk a stimulují jejich

regeneraci. Blokují vznik mykotoxinů, usnadňují činnost jater a výrazně snižují rizika onemocnění. Zároveň normalizují činnost jater a ledvin tím, že obnovují rovnováhu vody a solí v těle. Přidáním huminových látek do krmiva se minimalizuje pravděpodobnost vzniku kožních onemocnění způsobenými potravními a parazitárními alergeny, bakteriemi, plísněmi a viry. Huminové kyseliny pomáhají obnovit imunitní systém a funkci vnitřních orgánů zvířete po operacích nebo po léčbě různých onemocnění (Humicvet, 2021).

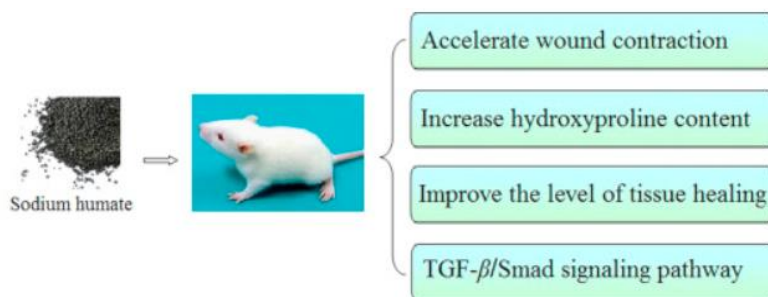
3.14 Využití a vliv huminových látek na potkany

Humát sodný se lokálně používá k hojení ran jako protizánětlivý prostředek v humánní medicíně. Účinky humátu sodného i ostatních huminových látek byly zkoumány v několika studiích zaměřených na potkany. V podmínkách chovu, kde je zátěž patogeny mnohem vyšší než v optimálních podmínkách, může schopnost zvýšené imunitní reakce vést k významnému zlepšení produkčních parametrů, protože se výrazně snižuje negativní účinek patogenů a onemocnění. Vucskits et al. 2010 sledovali účinky huminových kyselin a fulvokyselin. Suplementace neměla žádný významný vliv na příjem krmiva nebo přírůstek hmotnosti. Naopak došlo ke stimulaci imunitní odpovědi potkanů. Přírůstek hmotnosti sledovali také Yasar et al. 2002, kde došlo k výraznému zlepšení. Potkani z testovací skupiny měli také významně delší klky ve střevech než kontrolní potkani.

Účinky humátu sodného na hojení ran sledovali Yuanyuan et al. 2016 (viz Obrázek 12). Tato studie prokázala, že HA-Na má schopnost podporovat hojení ran u potkanů (viz Obrázek 10). HA-Na zároveň zvýšil tvorbu kolagenu.

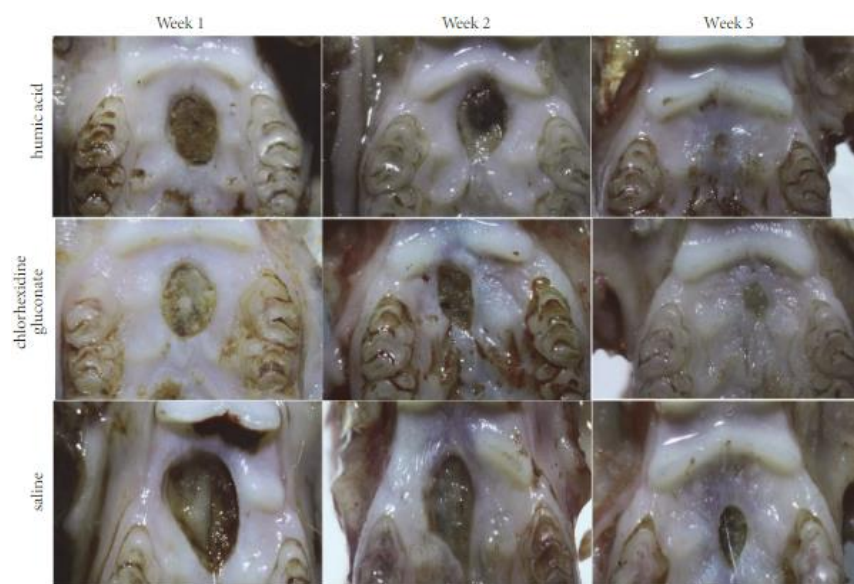


Obrázek 11: Fotografické zobrazení rány v různých dnech v každé skupině (Yuanyuan J et al. 2016).



Obrázek 12: Grafický abstrakt účinku humátu sodného na potkany (Yuanyuan J et al. 2016).

V experimentu od Çalışır et al. 2018 sledovali vliv kyseliny huminové na rány v ústní dutině. Hojení se výrazně zlepšilo. Léčba kyselinou huminovou byla dokonce lepší než léčba chlorhexidin glukonátem, který se běžně používá k léčbě ran v dutině ústní (viz Obrázek 13).



Obrázek13: Fotografie ran v týdnech 1, 2 a 3 u všech skupin (Çalışır et al. 2018).

Szabó et al. 2017 sledovali účinky huminových látek na homeostázu železa a manganu. Vliv FA a HA na homeostázu železa se významně lišil. Fulvokyseliny mírně zvýšily obsah železa v játrech a v ledvinách. Huminové látky stimulovaly absorpci železa, a naopak došlo k významnému snížení obsahu železa v játrech a v ledvinách. To naznačuje, že navzdory lepší absorpci huminové kyseliny nedodávají železo do zkoumaných orgánů. Fulvokyseliny jsou sice dobrým zdrojem železa, ale neovlivňují relativní míru absorpce. Huminové kyseliny ano. Suplementace FA ani HA neovlivnila obsah železa ve stehenní kosti a v srsti. Došlo k mírnému snížení koncentrace manganu v tlustém střevě. FA ani HA neměly žádný vliv na koncentraci manganu v játrech, ledvinách a stehenní kosti. Nedošlo k žádnému ovlivnění produkčních parametrů potkanů (Szabó et al. 2017).

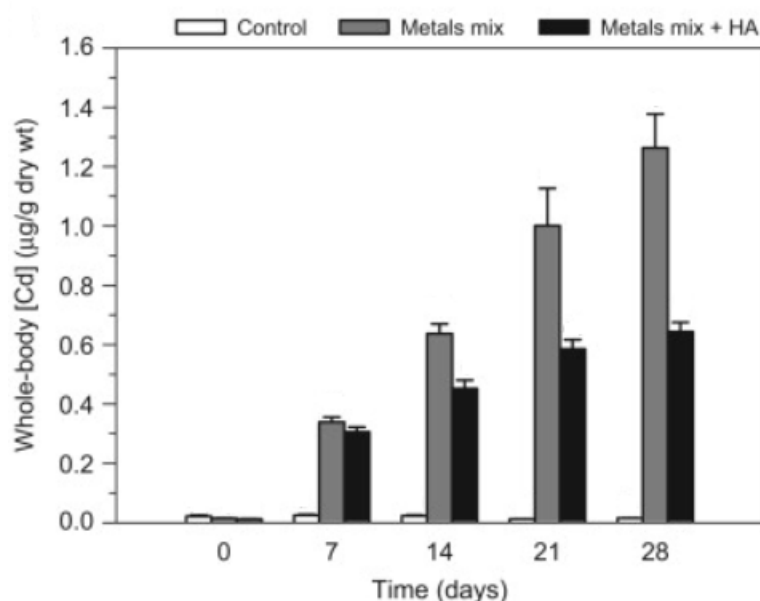
Huminové látky mohou mít také příznivý vliv na kondici zvířat. To sledovali Zamoshchina T et al. 2020, kde podávání huminových kyselin po dobu 5 dnů zvýšilo fyzickou kapacitu a vytrvalost potkanů o 40-50 %. Huminové kyseliny jsou tedy slibným terapeutickým prostředkem, který může urychlit fyzický trénink a zvýšit adaptační potenciál organismu na úrovni anaerobní respirace.

3.15 Využití a vliv huminových látek na ryby

Huminové látky jsou přirozenou součástí každého vodního ekosystému, kde působí jako imunostimulátory. Jsou součástí DOC (dissolved organic carbon) a představují zdroj energie pro některé vodní organismy. Hrají také zásadní roli jako transportní vektor při šíření kovů a organických látek (Almeida et al. 2019). Akumulaci kovů ve vodních ekosystémech u ryb sledovali Dutton et al. 2012. Se zvyšující se koncentrací kyseliny huminové se snižoval příjem

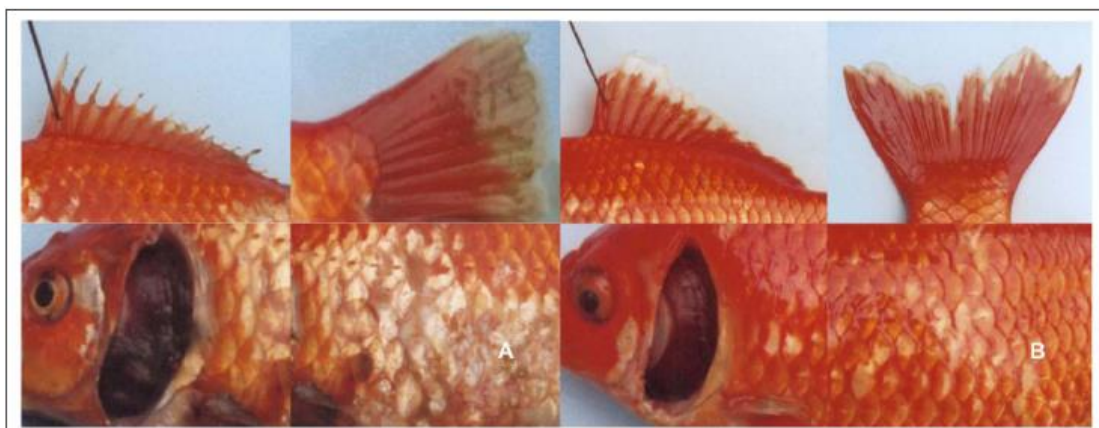
chromu, a naopak se zvyšoval příjem arsenu (viz Tabulka 12). V experimentu od Kamunde et al. 2010 pozorovali efekt kyseliny huminové na akumulaci kovů (mědi, kadmia a zinku), mortalitu a růst. U ryb vystavených směsi kovů bez HA došlo k 19 % úmrtnosti. Růst nebyl během experimentu nijak narušen. Zjistilo se, že HA snižuje akumulaci Cu a Cd, přičemž koncentrace ve skupině s huminovými kyselinami byla na konci přibližně poloviční než ve skupině bez HA.

Tabulka 12: Koncentrace Cd měřené každý týden po dobu 28 dnů u pstruha duhového (Kamunde et al. 2010).



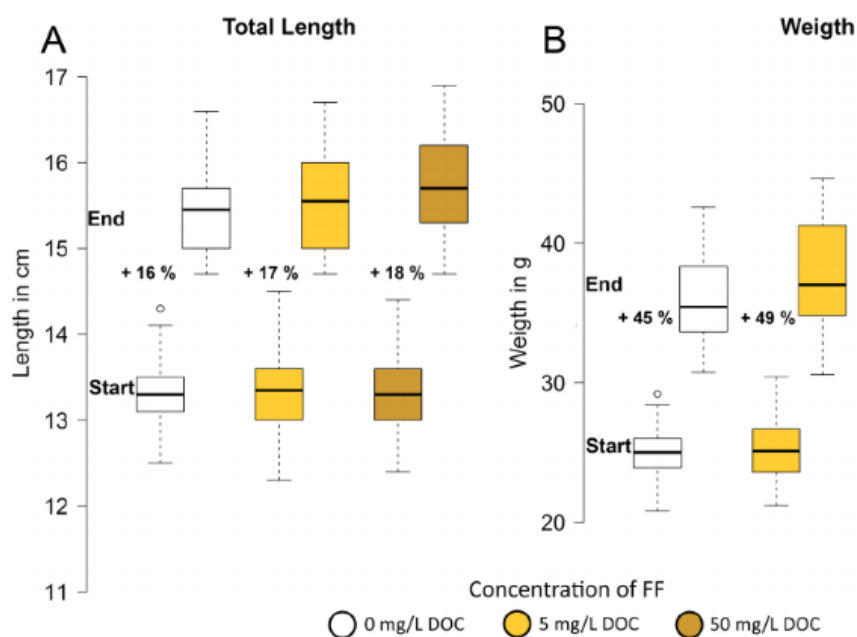
Huminové látky mají schopnost snižovat nepříznivé účinky mnoha toxických látek. V experimentu, který provedli Meinelt et al. 2010, přidavek HS snížil toxicitu NH_3 a NO^2 a zvýšil míru přežití embryí. Toxicitu sledovali také Gustavino et al. 2005. Dezinfekce povrchových vod se ve velké míře provádí chlorováním, u kterého je známo, že v důsledku reakce chloru s přirozeně se vyskytujícími huminovými kyselinami vznikají vedlejší toxické produkty. Tyto sloučeniny pak vyvolávají genotoxické/mutagenní účinky. V experimentu od Gustavino B et al. 2005 byly ryby vystaveny působení dezinfekčním prostředkům s nebo bez huminových kyselin. Expozice rybí populace vykazuje důkazy o smrtelných účincích čistých dezinfekčních prostředků v nepřítomnosti HA. Přidáním HA se snížila toxicita chlorovaných sloučenin.

Huminové látky jsou schopny zvyšovat fyziologickou kondici jedinců a snižovat nepříznivé fyziologické a histologické důsledky způsobené stresem. HS mají také posilující a hojivé účinky. Meinelt et al. 2008 sledovali hojivé účinky huminových látek na tkáň. Nekrózy, krvácení a hustota plísni na kůži, žábřácích a ploutvích u ryb se snížily (viz Obrázek 14). Na základě těchto výsledků můžeme vyvodit, že HS chrání tkáň, mají lokální antiflogistické a antimikotické účinky.



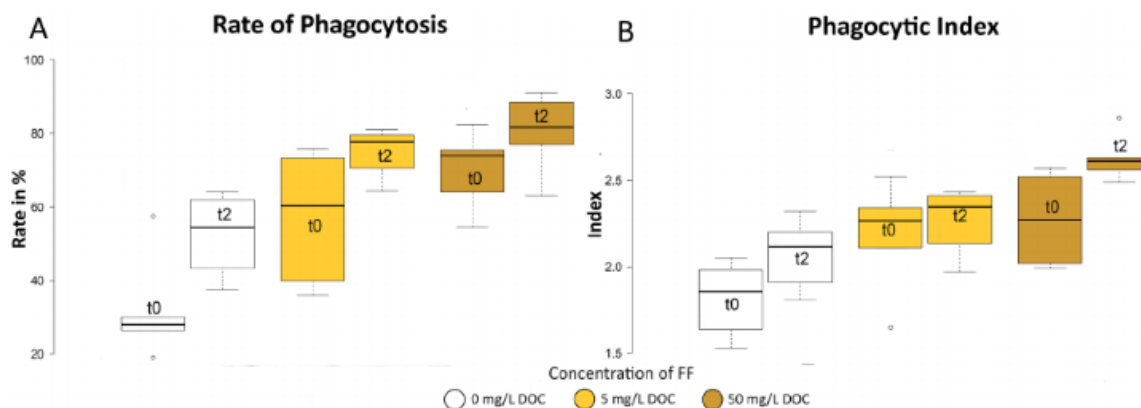
Obrázek 14: Zlaté rybky neléčené kontrolní skupiny, nekróza hřbetní a ocasní ploutve spojená se sekundární infekcí *Saprolegnia*, léze na žábřácích a kůži spojené s podlitinou krve spojená se sekundární infekcí *Saprolegnia*. Zlaté rybky ze skupiny léčené huminovými látkami (HS1500), úplně uzdravení hřbetní a ocasní ploutve, zánět žáber a kůže téměř ustoupil (Meinelt T et al. 2008).

Prokešová et al. 2021 sledovali vliv huminových látek na sumečka afrického. V této studii neměla dieta s obsahem HS žádný významný vliv na růstovou výkonnost. Výsledky ukázaly, že hladiny glukózy byly významně nižší ve skupinách s přidavkem huminových látek do diety. Glukóza je stresový marker a její metabolismus může odrážet stav výživy ryb. Žádný vliv HS na růst nebyl zjištěn ani u Louvado et al. 2021. Celkově nebyly u ryb zjištěny žádné příznaky onemocnění a během pokusu nebyl pozorován žádný úhyn. Ke zlepšení růstu došlo naopak u Leike et al. 2021 (viz Obrázek 17) přidáním vysoké koncentrace fulvokyseliny (viz Obrázek 15). Ke zlepšení došlo aniž by se nepříznivě ovlivnil poměr hmotnosti a tuku.

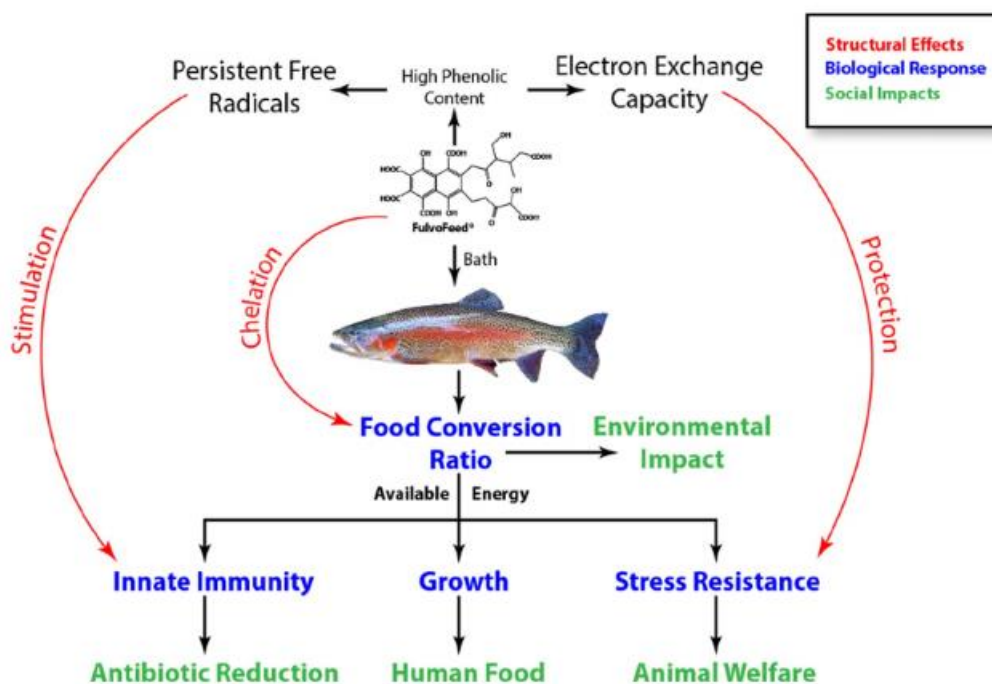


Obrázek 15: Průměrná celková délka (A) a průměrná hmotnost (B) juvenilních jedinců pstruha duhového na začátku a na konci (28 dní) pokusu. Procenta představují přírůstky ve vztahu k počáteční hodnotě (Leike et al. 2021).

V tomto experimentu se také zvýšila fagocytóza (viz Obrázek 16).



Obrázek 16: Míra fagocytózy (A) a index fagocytózy (B) buněk ledviny. t0 - 20 dní po expozici, t2 - 2 dny po působení stresoru (Leike et al. 2021).



Obrázek 17: Přehled výsledků studie od Leike et al. 2021.

Humínové látky mohou také významně ovlivňovat stres. V pokusu od Prokešová et al. 2021 zjistili, že se zvyšující se kyselostí se zvyšuje respirační stres, který se však významně snížil u ošetření humínovými látkami. HS pomáhají zmírnit účinky sníženého pH na dýchání při subletálních hodnotách pH. Pokud ale pH klesne pod určitou úroveň, humínové látky samy o sobě začnou zvyšovat toxicitu pH. Tato studie ukázala, že HS mají schopnost ovlivňovat ryby v tvrdé i měkké vodě a to jak pozitivně, tak i negativně v závislosti na pH.

Huminové látky mají potenciál stát se funkční přísadou do krmiv pro vodní živočichy, protože u hospodářských zvířat byly zjištěny jejich růst podporující a imunostimulační účinky, které se potvrdily i v některých pokusech na rybách.

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s huminovými látkami, jejich vlastnostmi a účinky na zvířata. Huminové látky vznikají humifikací a mezi nejlepší zdroje huminových látek patří rašelina, lignit a oxyhumolit. Jako přísady do krmných směsí se nejčastěji používají fulvokyseliny a huminové kyseliny. Huminové látky nemají žádné vedlejší účinky na organismus zvířete.

Ukázalo se, že huminové látky mají mnoho příznivých účinků na zdraví a život zvířat. Pozitivně ovlivnily snášku vajec u drůbeže, hmotnost i konverzi krmiva. Pomáhají udržovat střevní mikroflóru, čímž zlepšují stravitelnost živin. U skotu měli podobný vliv, kde zlepšili mléčnou užitkovost a pozitivně ovlivnily fungování trávicího systému včetně bachorového metabolismu. Kromě toho napomáhají huminové látky minimalizovat emise amoniakálního dusíku jak u skotu, tak i u prasat. U prasat také zlepšily růstovou výkonnost a kvalitu masa.

Huminové látky se nepoužívají pouze u hospodářských zvířat, ale také u zájmových. U králíků také zlepšují stravitelnost živin a hmotnost. Své využití našly i u koček a psů, kde zlepšují vitalitu a pohyblivost, vyživují a chrání pokožku a srst a snižují zápach zvířat. Proběhlo i několik experimentů na potkanech, kde huminové látky zlepšily imunitní odpověď potkanů, přírůstek hmotnosti a hojení ran.

Huminové látky se ukázaly jako vhodná alternativa doplňků do krmiva, díky svým mnoha pozitivním vlastnostem a účinkům na živé organismy.

5 Literatura

Abu Hafsa SH, Hassan AA, Sabek A, Elghandour MMY, Barbabosa-Pliego A, Alqaisi O, Salem AZM. 2021. Extracted and Characterized Humic Substances as Feed Supplement in Rabbit Feeding: Effects on Performance, Blood Metabolites and Caecal Fermentation Activity. *Waste and Biomass Valorization* **12**: 5471-5479.

Almeida A R, Jesus F, Henriques JF, Andrade TS, Barreto A, Koba O, Giang PT, Soares AMVM, Oliveira M, Domingues. 2019. The role of humic acids on gemfibrozil toxicity to zebrafish embryos. *Chemosphere* **220**: 556-564.

Arafat RY, Khan SH, Abbas G, Iqbal J. 2015. Effect of dietary humic acid via drinking water on the performance and egg quality of commercial layers. *American Journal of Biology and Life Sciences* **3**: 26-30.

Arif M, Rehman A, Saeed M, Abd El-Hack ME, Arain MA, Haseebarshad M, Zakria HM, Abbasi IH. 2016. Impacts of dietary humic acid supplementation on growth performance, some blood metabolites and carcass traits of broiler chicks. *The Indian journal of animal sciences* **86**: 1073-1078.

Çalışır M, Akpınar A, Talmaç AC, Lektemur Alpan A, Göze ÖF. 2018. Humic Acid Enhances Wound Healing in the Rat Palate. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **2018** (e1783513) DOI: 10.1155/2018/1783513.

Chinachanta K, Shutsrirung A. 2016. Chemical characterization of leonardite and its potential use as soil conditioner and plant growth enhancement. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology* **22**.

Davies G, Ghabbour EA. 1999. Humic substances, structures, properties and uses. Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Degirmencioglu Taskin. 2012. Possibilities of using humic acid in diets for Saanen goats. *Mljekarstvo* **62**: 278-283.

Degirmencioglu Taskin. 2014. Using humic acid in diets for dairy goats. *Animal Science Papers and Reports* **32**: 25-32.

Dutton J, Fisher NS. 2012. Influence of humic acid on the uptake of aqueous metals by the killifish *Fundulus heteroclitus*. *Environmental toxicology and Chemistry* **31**: 2225-2232.

El-Zaiat HM, Morsy A, El-Wakeel EA, Anower M, Sallam S. 2018. Impact of humic acid as an organic additive on ruminal fermentation constituents, blood parameters and milk production in goats and their kids growth rate. *Journal of Animal and Feed Sciences* **27**: 105-113.

EMA (European Medicines Agency). 1999. Humic acids and their sodium salts – summary report. Committee for veterinary medicinal products. Publication No. EMA/MRL/554/99-Final.

Fulvichealth. 2012. Fulvic Enhances as an Antimicrobial Feed Additive to improve the Economy and Ecology of your horse. Available from <https://fulvichealth.co.za/fulvic-enhanced-humic-as-an-equine-antimicrobial-feed-additive/> (accessed April 2022).

Gao Y, He J, He Z, Li Z, Zhao B, Mu Y, Lee JY, Chu Z. 2017. Effects of fulvic acid on growth performance and intestinal health of juvenile loach *Paramisgurnus dabryanus* (Sauvage). *Fish & Shellfish Immunology* **62**: 47-56.

Gustavino B, Buschini A, Monfrinotti M, Rizzoni M, Tancioni L, Poli P, Rossi C. 2005. Modulating effects of humic acids on genotoxicity induced by water disinfectants in *Cyprinus carpio*. *Mutation research* **587**: 103-113.

Hakan KB, Gultekin Y, Ozge S. 2012. Effects of boric acid and humate supplementation on performance and egg quality parameters of laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science* **14**: 283-289.

Hassan AA, Salem AZM, Elghandour MMY, Abu Hafsa SH, Reddy PRK, Atia SES, Vidu L. 2020. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* **268** (e114601) DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601

Health Solution. 2020. Cats. Available from <https://www.health-solution.eu/animal/cats/> (accessed April 2022)

Health Solution. 2021. Horses. Available from <https://www.health-solution.eu/animal/horses/> (accessed April 2022)

Holland A, Duivenvoorden LJ, Kinnear SHW. 2013. The double-edged sword of humic substances: contrasting their effect on respiratory stress in eastern rainbow fish exposed to low pH. *Environmental Science and Pollution Research* **21**: 1701-1707.

Humatex. 2005. Oxyhumolit. Available from <http://www.humatex.cz/cs/obecne-informace/oxyhumolit> (accessed April 2022)

Humicvet. 2021. Humic Vet for CATS. Available from <https://humicvet.com/en/humic-vet-for-cats/> (accessed April 2022)

Humintech GmbH. 2018. PEAT. Available from <https://www.humintech.com/glossary/peat> (accessed April 2022)

Humintech GmbH. 2018. LEONARDITE. Available from <https://www.humintech.com/glossary/leonardite> (accessed April 2022)

Humintech GmbH. 2020. What are humic acids? Available <https://www.humintech.com/agriculture/information/what-are-humic-acids> (accessed April 2022)

Islam KMS, Schumacher A, Gropp J. 2005. Humic Acid Substances in Animal Agriculture. *Pakistan Journal of Nutrition* **4**: 126-134.

Ji F, McGlone JJ, Kim SW. 2006. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. *Journal of animal science* **84**: 2482-2490.

Ji Y, Zhang A, Chen X, Che X, Zhou K, Wang Z. 2016. Sodium humate accelerates cutaneous wound healing by activating TGF- β /Smads signaling pathway in rats. *Acta Pharmaceutica Sinica B* **6**: 132-140.

Kaevska M, Lorencova A, Videnska P, Sedlar K, Provaznik I, Trckova M. 2016. Effect of sodium humate and zinc oxide used in prophylaxis of post-weaning diarrhoea on faecal microbiota composition in weaned piglets. *Veterinarni Medicina* **61**: 328-336.

Kamunde C, MacPhail R. 2010. Effect of humic acid during concurrent chronic waterborne exposure of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to copper, cadmium and zinc. *Ecotoxicology and Environmental safety* **74**: 259-269.

Khanna R, Agarwal SP. 2009. Humic substances in drug development. Studium Press, India.

Kholif AE, Matloup OH, EL-Bltagy EA, Olafadehan OA, Sallam SMA, El-Zaiat HM. 2021. Humic substances in the diet of lactating cows enhanced feed utilization, altered ruminal fermentation, and improved milk yield and fatty acid profile. *Livestock Science* **253** (e104699) DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104699.

Korsakov KV, Vasiliev AA, Moskalenko SP, Sivokhina LA and Kuznetsov MY. 2018. Efficiency of using the Reasil Humic vet feed additive in broiler chicken farming. *International Journal of Engineering & Technology* **7**: 281-283.

Kucukersan S, Kucukersan K, Colpan I, Goncuoglu E, Reisli Z, Yesilbag D. 2005. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Veterinarni Medicina* **50**: 406-410.

- Lieke T, Steinberg C, Pan B, Perminova IV, Meinelt T, Knopf K, Kloas W. 2021. Phenol-rich fulvic acid as a water additive enhances growth, reduces stress, and stimulates the immune system of fish in aquaculture. *Scientific Reports* **11** (e174) DOI:10.1038/s41598-020-80449-0.
- Louvado A, Cleary DFR, Pereira LF, Coelho FJRC, Pousão-Ferreira P, Ozório ROA, Gomes NCM. 2021. Humic substances modulate fish bacterial communities in a marine recirculating aquaculture system. *Aquaculture* **544** (e737121) DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737121.
- Marcinčáková D, Mačanga J, Ngy J, Marciňák S, Popelka P, Vašková J, Jad'uttová I, Mellen M. 2015. Effect of supplementation of the diet with humic acids on growth performance and carcass yield of broilers. *Folia Veterinaria* **59**: 165-168.
- Meinelt T, Kocour Kroupova H, Stüber A, Rennert B, Wienke A, Steinberg C. 2010. Can dissolved aquatic humic substances reduce the toxicity of ammonia and nitrite in recirculating aquaculture systems? *Aquaculture* **306**: 378-383.
- Meinelt T, Kocour Kroupova H, Stüber A, Rennert B, Wienke A, Steinberg C. 2010. Can dissolved aquatic humic substances reduce the toxicity of ammonia and nitrite in recirculating aquaculture systems? *Aquaculture* **306**: 378-383.
- Meinelt T, Schreckenbach K, Pietrock M, Heidrich S, Steinberg C. 2008. Humic Substances. Part 1: Dissolved humic substances (HS) in aquaculture and ornamental fish breeding. *Environmental Science and Pollution Research* **15**: 17-22.
- Mikulášková B, Lapčík L (Jr.), Mašek I. 1997. Lignite: Structure, Properties and Applications. *Chemické listy* **91**: 160-168.
- Mišta D, Rzasa A, Wincewicz E, Zawadzki W, Dobrzański Z, Szmańko T, Gelles A. 2012. The effect of humic-fatty acid preparation on selected haematological and biochemical serum parameters of growing rabbits. *Polish journal of veterinary sciences* **15**: 395-397.
- Mohmed SAR, Elsebai A, Elghalid O, Abd Elhady A. 2020. Productive performance, lipid profile and caecum microbial counts of growing rabbits treated with humic acid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **104**: 1233-1241.
- Mudroňová D, Karaffová V, Semjon B, Nad' P, Koščová J, Bartkovský M, Makiš A, Bujňák L, Nagy J, Mojžišová J, Marciňák S. 2021. Effects of Dietary Supplementation of Humic Substances on Production Parameters, Immune Status and Gut Microbiota of Laying Hens. *Agriculture* 2021 **11** (e744) DOI: 10.3390/agriculture11080744.
- Muhammad A, Alagawany M, El-Hack ME, Saeed M, Arain MA, Elnesr SS. 2019. Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review. *Iranian journal of veterinary research* **20**: 167-172.

Pena-Mendez EM, Havel J, Patočka J. 2005. Humic substances – compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of Applied Biomedicine* **3**: 13–24.

Písaříková B, Zralý Z, Herzig I. 2010. The Effect of Dietary Sodium Humate Supplementation on Nutrient Digestibility in Growing Pigs. *Acta Veterinaria Brno* **79**: 349-353.

Pivokonský M, Pivokonská L, Bubáková P, Janda V. 2010. Treatment of Water Containing Humic Matter. *Chemické listy* **11**:1015-1022.

Potůčková M, Kouřimská L. 2017. Effect of humates in diet of dairy cows on the raw milk main components. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* **11**: 558–563.

Prokešová M, Bušová M, Zare M, Tran HQ, Kučerová E, Ivanova AP, Gebauer T, Stejskal V. 2021. Effect of Humic Substances as Feed Additive on the Growth Performance, Antioxidant Status, and Health Condition of African Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822). *Animals* **11** (e2266) DOI: 10.3390/ani11082266.

Rybalka M, Stepchenko L, Shukeshko OO, Zhorina L. 2020. The impact of humic acid additives on mineral metabolism of rabbits in the postnatal period of ontogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems* **11**: 289-293.

Simakova IV, Vasiliev AA, Korsakov KV, Sivokhina LA, Salautin VV, Gulyaeva LY, Dmitriev NO. 2021. Role of Humic Substances in Formation of Safety and Quality of Poultry Meat. Pages in Makan A, editor. *Humic Substances*. IntechOpen, London.

Skokanová M, Dercová K. 2008. Interactions of Humic Acids with Contaminants. *Chemické listy* **5**: 338-345.

Skokanová M, Dercová K. 2008. Origin and Structure of Humic Acids. *Chemické listy* **4**:262-268.

Skybová M. 2006. Humínové kyseliny – prínos pre environmentálny výzkum. *Acta Montanistica Slovaca* **11**: 362-366.

Steinberg C E W. 2003. Sources of inorganic and organic nutrients and interactions with photons. Pages 131–157. In Steinberg CEW, editors. *Ecology of humic substances in freshwaters*. Springer-Verlag, New York, NY.

Szabó J, Vucskits A, Berta E, Andrásófszky E, Bersényi A, Hullár I. 2017. Effect of fulvic and humic acids on iron and manganese homeostasis in rats. *Acta Veterinaria Hungarica* **65**: 66-80.

Teter A, Kędzierska-Matysek M, Barłowska J, Król J, Brodziak A, Florek M. 2021. The Effect of Humic Mineral Substances from Oxyhumolite on the Coagulation Properties and Mineral

Content of the Milk of Holstein-Friesian Cows. *Animals: an open access journal from MDPI* **11** (e1970) DOI:10.3390/ani11071970.

Trckova M, Lorencova A, Babak V, Neca J, Ciganek M. 2018. The effect of leonardite and lignite on the health of weaned piglets. *Research in Veterinary Science* **119**: 134-142.

Trckova M, Matlova L, Hudcova H, Faldyna M, Zraly Z, Dvorska L, Beran V, Pavlik I. Peat as a feed supplement for animals: A review. *Veterinarni Medicina* **50**: 361-377.

Tyl P, Řimnáč M, Špánek R, Štuller J, Linková Z, Kozler J, Antošová B, Váňa V. Tvorba ontologie huminových látek. Výzkumná zpráva č. V-1098. Ústav informatiky AV ČR, 2010, 23 s.

Vašková J, Patlevič P, Žatko D, Vaško L, Marcinčák S. 2015. Impact of humic acids on trace element content under different conditions. *Folia Veterinaria* **59**:159-164.

Veselá L, Kubal M, Kozler J, Innemanová P. 2005. Structure and Properties of Natural Humic Substances of the Oxyhumolite Type. *Chemické listy* **10**: 711-717.

Vucskits A, Hullár I, Bersényi A, Andrásófszky E, Kulcsár-Huszenicza M, Szabó J. 2010. Effect of fulvic and humic acids on performance, immune response and thyroid function in rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **94**: 721-728.

Wang Q, Chen YJ, Yoo JS, Kim HJ, Cho JH, Kim IH. 2008. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science* **117**: 270-274.

Yamin G, Falk R, Avtalion RR, Shoshana N, Ofek T, Smirnov R, Rubenstein G, van Rijn J. 2017. The protective effect of humic-rich substances on atypical *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* infection in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of fish diseases* **40**: 1783-1790.

Yasar S, Gokcimen A, Altuntas I, Yonden Z, Petekkaya E. 2002. Performance and ileal histomorphology of rats treated with humic acid preparations. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **86**: 257-264.

Yüca SS, Gul M. 2021. Effect of adding humate to the ration of dairy cows on yield performance. *Veteriner Fakültesi dergisi* **68**: 7-14.

Zamoshchina TA, Zykova MV, Gostyukhina AA, Logvinova LA, Zaitsev KV, Lasukova TV, Svetlik MV, Kurtsevich EA, Abdulkina NG, Belousov MV, Dygai AM. 2020. Effect of Humic Acids from Lowland Peat on Endurance of Rats in Forced Swim Test in Relation to Serum Lactate and Corticosterone. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* **169**: 734-737.

Zigo F, Vasil' M, Farkašová Z, Ondrašovičová S, Zigová M, Maľová J, Výrostková J, Bujok J, Pecka-Kieľb E. 2020. Impact of humic acid as an organic additive on the milk parameters and occurrence of mastitis in dairy cows. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* **14**: 358–364.

Zralý Z, Písaříková B. 2010. Effect of Sodium Humate on the Content of Trace Elements in Organs of Weaned Piglets. *Acta Veterinaria Brno* **79**: 73-79.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

HS – humic substances

HL – huminové látky

HA – huminové kyseliny

FA – fulvokyseliny

7 Samostatné přílohy

PŘÍLOHA 1 Příklad doplňkové huminové krmné směsy pro koně (prášková a tekutá forma)

PŘÍLOHA 2 Příklad doplňkové huminové směsy pro kočky a psy (sprej a prášek)

PŘÍLOHA3 Příklad doplňkové huminové směsy pro ryby

PŘÍLOHA 4 Příklad huminové doplňkové krmné směsy pro skot, drůbež, prasata a králíky

PŘÍLOHA 1 – Příklad doplňkové huminové směsy pro koně (prášková a tekutá forma)



Zdroj: <https://eshop.enviprodukt.cz/pripravky-krmiva-c6/humac-natur-kone-25kg-i43/>



Zdroj: <https://eshop.enviprodukt.cz/pripravky-krmiva-c6/humac-natur-afm-liquid-kone-250ml-i41/>

PŘÍLOHA 2 – Příklad doplňkové huminové směsy pro kočky a psy (sprej a prášek)



Zdroj: <https://www.health-solution.eu/product/primefulvic-spray-for-pets-50ml/>



Zdroj: <https://humicvet.com/en/product/humic-vet-powder-60-g/>

PŘÍLOHA 3 – Příklad doplňkové huminové směsi pro ryby



Zdroj: <https://dennerle.com/en/products/aquarium/water-conditioning/water-treatment-care/humin-elixier>

PŘÍLOHA 4 – příklad huminové doplňkové krmné směsi pro skot, drůbež, prasata a králíky



Zdroj: <https://www.humintech.com/environment/products/humodor-wsp>