



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zootechnických věd

Bakalářská práce

Poodstavové období u selat se zaměřením na zákaz podávání
terapeutických dávek oxidu zinečnatého

Autorka práce: Denisa Dohnalová

Vedoucí práce: Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Ivan Řezáč

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou v období odstavu prasat bez použití terapeutických dávek ZnO. Začátek je věnován výživě selat, zejména důležitosti včasného příjmu kolostra, strategiím pro dostatečnou výživu v mlezivovém a mléčném období a výživovým opatřením zajišťujícím hladký přechod na pevné krmivo. Hlavním cílem práce bylo seznámení se se změnami probíhajícími v gastrointestinálním traktu a celém organismu, vlivem rozličných stresových faktorů. Dále práce pojednává o příčinách vzniku poodstavového průjmu, významnosti zinku v organismu a o rizicích spojených s používáním vysokých dávek ZnO. Na závěr práce jsou navržena určitá strategická opatření, která vedou k nahrazení farmaceutických dávek ZnO a redukuje poodstavové průjmy.

Klíčová slova: poodstavové období, ZnO, *E. coli*, odstav selat, poodstavový průjem

Abstract

The bachelor's thesis deals with issues during the weaning period of pigs without the use of therapeutic doses of ZnO. The first part is dedicated to the nutrition of piglets, especially the importance of early intake of colostrum, strategies for sufficient nutrition in the colostrum and milk period and nutritional measures ensuring a smooth transition to solid fodder. The main goal of the work was to become familiarized with the changes taking place in the gastrointestinal tract and the entire organism, due to the influence of various stress factors. The work also discusses the causes of post-weaning diarrhea, the importance of zinc in the body and the risks associated with the use of high doses of ZnO. At the end of the thesis, strategic measures are proposed, leading to the replacement of pharmaceutical doses of ZnO and reducing post-weaning diarrhea.

Keywords: post weaning period, ZnO, *E. coli*, weaning piglets, post weaning diarrhea

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Lubošovi Zábranskému, Ph.D. za vstřícnost, poskytnutí cenných rad a trpělivost. Dále pak Ing. Ivanu Řezáčovi za odbornou konzultaci. V neposlední řadě také děkuji mé rodině, příteli a přátelům za podporu po celou dobu mého studia.

Obsah

Úvod.....	7
1 Výživa selat	8
1.1 Mléčné a mlezivové období	8
1.1.1 Strategie pro zabezpečení dodatečné výživy selat.....	9
1.2 Tranzitní období	9
1.2.1 Krmná aditiva pro podporu zdraví střev	11
2 Funkční a strukturní změny gastrointestinálního traktu.....	13
2.1 Žaludek.....	13
2.2 Tenké střevo	13
2.3 Tlusté střevo	14
3 Střevní mikrobiom selat	15
3.1 Kolonizace střevního traktu	15
3.2 Faktory ovlivňující střevní mikrobiom v období odstavu.....	16
4 Imunitní systém selat.....	17
4.1 Vývoj postnatální střevní imunity	17
4.2 Imunita v období odstavu.....	17
5 Poodstavový průjem.....	19
5.1 <i>Escherichia coli</i>	19
5.1.1 Popis patogenních virotypů a jejich účinků	20
5.1.2 Klinické příznaky patogenních virotypů.....	20
5.1.3 Diagnostika	21
5.1.4 Prevence	22
6 Stres a hlavní stresové faktory působící v období odstavu	23
6.1 Způsoby odstavu.....	24
7 Zinek.....	25

7.1	Rozložení v organismu	25
7.2	Absorpce	26
7.3	Projevy nedostatku a nadbytku.....	26
7.4	Anorganické a organické formy a jejich využití	27
8	Oxid zinečnatý	28
8.1	Mechanismus účinku	28
8.2	Rizika spojená s používáním farmakologických hladin	29
8.2.1	Kontaminace životního prostředí	29
8.2.2	Rezistence bakterií.....	30
9	Doporučení pro praxi	31
	Závěr	35
	Seznam použité literatury.....	36
	Seznam obrázků.....	49
	Seznam použitých zkratk.....	50

Úvod

Chov prasat je tradičním segmentem živočišné výroby. Ačkoliv se vepřové maso těší u domácích spotřebitelů velké oblibě, pro chovatele je čím dál obtížnější udržet ekonomiku chovu v kladných číslech. Hlavním důvodem vzniku této kritické situace je výrazný propad cen za jateční prasata na evropském, potažmo i českém trhu, který je důsledkem zejména evropské nadprodukce prasat a omezení exportních možností Evropské unie.

Odstav je pravděpodobně jedním z nejnáročnějších období v životě prasat. Je doprovázen nejen nutričním stresem, ale i stresem sociálním způsobeným odloučením od prasnice, změnou prostředí a změnou sociální hierarchie v nově vznikajících skupinách zvířat. Navíc k těmto událostem dochází v období, kdy trávicí a imunitní systém není plně vyvinut. V důsledku těchto změn je toto období charakteristické vysokým výskytem střevních průjmů a poklesem růstové schopnosti, což vede k významným ekonomickým ztrátám. Většina chovatelů proto používá různá preventivní opatření za účelem minimalizace negativních ekonomických dopadů. Jedním z nejefektivnějších a nejpoužívanějších suplementů využívaných za účelem omezení patogenních organismů byl do nedávna ZnO, jehož použití je pro selata od června 2022 značně omezeno Evropskou unií a to na 150 ppm kus a den.

Hlavním důvodem tohoto opatření jsou obavy o životní prostředí a zvyšující se podíl rezistentních bakterií. Vzhledem k typickým vlastnostem Zn, tj. nedegradovatelnost a netěkavost, může docházet ke zvyšování koncentrace Zn v půdě a podzemních vodách vlivem nepřetržitého používání hnoje, až do míry ohrožující nezávadnost potravinářských plodin, vodní život či bezpečnost pitné vody. Podávání farmakologických dávek ZnO může také přispívat k získávání a šíření genů rezistence k těžkým kovům a antibiotikům. S ohledem na aktuální zákaz používání vysokých dávek ZnO (2000 až 3000 ppm) jsou chovatelé nuceni hledat nové a účinné strategie pro prevenci podstavových průjmů, které taktéž zajistí rentabilitu chovu.

1 Výživa selat

1.1 Mléčné a mlezivové období

Výživa je bezesporu jedním ze zásadních faktorů, které významně ovlivňují užitkovost selat. Největší důraz je na ni třeba klást především v počátečních fázích života, kdy doslova rozhoduje o přežití a budoucí užitkovosti narozeného selete (Bělková, 2022). Prvním krmivem se ihned po narození stává mlezivo, které obsahuje značné množství živin, energie a protilátek. Přírozenou součástí kolostra jsou taktéž růstové hormony, které napomáhají správnému vývoji životně důležitých orgánů a střevního traktu. Mlezivo je produkováno 24–48 h po narození, poté se mění ve zralé mléko, které se odlišuje od kolostra především obsahem živin. V průběhu přeměny dochází ke snížení obsahu proteinu, avšak koncentrace laktózy a tuku se zvyšuje (Mavromichalis, 2018; Hoelting, 2016). Jednou z nejdůležitějších funkcí kolostra je tvorba pasivní imunity, která sele chrání od prvního napití až do tří až čtyř týdnů věku (Bělková, 2022). Pro zajištění imunity je nezbytný příjem kolostra v minimálním množství 200 g, a to nejlépe do 3 h po narození (Ferrari et al., 2014). S postupujícím časem totiž dochází ke snižování propustnosti střevní sliznice pro imunoglobuliny (Alexopoulos et al., 2018). Včasný příjem kolostra je nejen důležitý z hlediska tvorby pasivní imunity, ale také z hlediska zajištění dostatečného množství energie. Selata se totiž rodí s omezenou zásobou energie, která je uložena především v játrech ve formě glykogenu. Vlivem vysoké fyzické aktivity při hledání struku a vysokých energetických nároků pro termoregulaci jsou selata bezprostředně po porodu v negativní energetické bilanci a jsou tak odkázána na zdroj energie z mleziva (Theil et al., 2014). Při nízkých hladinách glukózy v krvi, menších než 50 mg/100 ml, dochází k tzv. hypoglykémii a při neposkytnutí pomoci selata hynou. Náchylnější jsou jedinci s menší porodní hmotností (Bělková, 2022).

V důsledku nízkého příjmu železa z mléka, přibližně 1 mg denně, omezených tělesných zásob, asi 50 mg při narození a při denní potřebě 7 až 10 mg, je nezbytná suplementace tohoto prvku pro prevenci vzniku anémie. Železo lze podat perorálně či intramuskulárně (Svoboda, 2017). Mléko od prasnice by mělo být k dispozici selatům do 3 týdnů věku (Kirianova, 2022).

1.1.1 Strategie pro zabezpečení dodatečné výživy selat

Se zvyšující se plodností prasnic, kdy počet selat převyšuje počet funkčních struků, nastává problém v podobě nedostatečné výživy. V případě nadpočetných vrhů mohou chovatelé využít kojných prasnic, děleného krmení, překládání selat či příkrmování mléčnou náhražkou (De Vos, 2013).

Při využití kojných prasnic se vytváří zcela nová skupina selat z nadpočetných vrhů. Selata jsou po dostatečném napití mleziva přemístěna od vlastní matky k prasnici, jejíž selata byla již odstavena nebo přesunuta k jiné prasnici (Hansen et al., 2014).

Dalším způsobem, jak dodat selatům potřebnou výživu, je metoda děleného krmení, která spočívá v oddělení větších a dříve narozených selat, asi na jednu až dvě hodiny, aby se napojila méně vitální a později narozená selata. Překládání selat lze využít u prasnic oprasených ve stejný den krátce po porodu, ale i po celou dobu laktace. Odebírají se selata z nadpočetných vrhů, která se následně přidělují k prasnici s menším počtem selat (O'Driscoll, 2021). Touto metodou lze snížit mortalitu selat do odstavu až o 40 % (Bělková, 2022).

Poslední možností je příkrmování mléčnou náhražkou, kterou lze podávat od 2. dne po porodu. Dřívější zkrmování způsobuje rychlejší uzavírání sliznice a tím i horší vstřebávání imunoglobulinů. Mléko je zapotřebí udržovat čisté a čerstvé, proto je lepší ho podávat vícekrát za den v menším množství. Pokud selata přijímají okolo 20 g suché směsi, je vhodné přejít výhradně na pevný příkrm (Popelář, 2021). Komerčně dostupné mléčné náhražky využívají zejména složek pocházejících z kravského mléka, tj. syrovátku, laktózu a odstředěné mléko. Příkrmování selat mléčnými náhražkami má pozitivní vliv na růst selat a hmotnost při odstavu (De Vos, 2013). Je však zapotřebí mít stále na paměti, že mléčnou krmnou směsí nelze plně nahradit mateřské mléko, proto by mělo být podáváno spíše jako doplněk a v takovém množství, aby nedocházelo k omezování mléčnosti matek (Marcinková, 2021).

1.2 Tranzitní období

Během odstavu jsou selata nucena k rychlé adaptaci z vysoce stravitelného a chutného mléka od prasnice, jehož příjem je rovnoměrně rozložen po celý den, na pevnou suchou stravu, která je hůře stravitelná a méně chutná. V důsledku toho je

příjem krmiva zpočátku odstavu obvykle snížen a selata se stávají podvyživená (Campbell et al., 2013). Přibližně 50 % odstavených selat zkonsumuje své první krmivo do 24 hodin po odstavení, zatímco u zhruba 10 % anorexie přetrvává dalších 24 hodin (Heo et al., 2012). Následkem toho selata ztrácejí první den přibližně 100–250 g tělesné hmotnosti a k obnovení původní hmotnosti před odstavem dochází přibližně až za 4 dny (Sève, 2000).

Pro snadnější překonání podstavového období je vhodné selata začít přikrmovat od 10-14 dne života takovou krmnou směsí, která jim bude předkládána následně i po odstavu (Marcinková, 2021). O tom, zdali by se přechodová dieta měla zaměřit na dosažení vysokého energetického příjmu či spíše na podporu zdraví a vývoj střev, se stále vedou diskuse. Jednou z možných strategií je podávání krmiva bohatého na živiny s drahými přísadami, jako jsou mléčné produkty a vysoce stravitelné plazmatické bílkoviny. Nicméně není jasné, zda se takto krmená selata dokáží přizpůsobit krmivu na bázi obilí, aniž by došlo k narušení struktury střev a vzniku GIT problémům. Další z možností je krmení speciálním krmivem tzv. creep na bázi obilných zrn, které usnadňuje přechod z mléčné výživy na pevné krmivo (Molist, 2021). Zkrmováním tohoto speciálního startéru před odstavem má za cíl zvýšit obeznamenost selat s pevným krmivem. Konzumace obilné stravy taktéž napomáhá sekreci trávicích enzymů, tvorbě kyselin a vstřebávání v tenkém střevě (Marcinková, 2021).

Heo et. al (2018) prokázali, že poskytování creep krmiva vede ke zkrácení období sníženého příjmu krmiva po odstavu. Taktéž důležitým faktorem pro brzký příjem krmiva je podobnost mezi složením stravy před a po odstavu, která je důležitější než jeho absolutní příjem před odstavem (Molist, 2021). Toto tvrzení podporují i výsledky studie publikované autory Middelkoop et. al (2019). V současných podmínkách chovu prasat je příjem krmiva před odstavem mezi vrhy velmi variabilní a pohybuje se kolem 250–300 g na sele, avšak cílem je, aby selata před odstavem přijímala 400–450 g krmné směsi (Molist, 2021). Bohužel ne všechna prasata se do odstavu naučí přijímat pevné krmivo. To platí zejména pro větší selata, která měla přístup k dostatku mleziva a mléka a neměla tak zapotřebí přijímat předloženou krmnou směs. V porovnání se suchým krmivem selata lépe přijímají tekutou (kašovitou) formu krmiva (Jedlička, 2021).

Pro krmení prestérem se obvykle používají krmítka vhodná pro skupinová krmení, zejména pak kruhová. Selata jsou tak lépe připravena na krmení v období po

odstavu. Umístění krmítka by nemělo být situováno v blízkosti rohů či v oblastech, kde se hromadí výkaly (Marcinková, 2021).

1.2.1 Krmná aditiva pro podporu zdraví střev

Jedním z nejvíce využívaných krmných doplňků jsou prebiotika, která jsou využívána pro podporu prospěšných mikrobiálních populací ve střevě (Berding et al., 2016). Prebiotika lze definovat jako nestrávitelnou složku potravy, která příznivě působí na hostitele selektivní stimulací růstu omezeného počtu bakterií ve střevě, a tím zlepšuje zdraví hostitele (Gibson a Roberfroid, 1995). Byla prokázána souvislost mezi konzumací probiotik, jako je inulin, frukto-oligosacharidy, galakto-oligosacharidy a mannano-oligosacharidy a obnovením střevní rovnováhy. Dále vykazují protizánětlivý účinek a antiadhezivní vliv na patogenní mikroorganismy (Zheng et al., 2021).

Probiotika jsou definována jako živé organismy, které při požití v dostatečném množství vykazují přínosy nad rámec základní výživy (Bourlioux et al., 2003). Probiotika ovlivňují mikrobiotu prostřednictvím prospěšných kultur, jako jsou bakterie mléčného kvašení a kvasinky. Tyto kultury hrají důležitou roli ve zdraví hostitele a snižují výskyt průjmů tím, že zabraňují kolonizaci patogenních bakterií (Markowiak a Śliżewska, 2018).

Organické kyseliny jsou ve výživě prasat používány ke snížení pH v žaludku, zlepšení stravitelnosti živin, potlačení patogenních bakterií či zlepšení růstové schopnosti. Suplementací organických kyselin, jako je kyselina fumarová a citronová, lze příznivě ovlivnit zdraví a užitkovost čerstvě odstavených selat (Zheng et al., 2021).

Fytobiotika, známá také pod názvem fyto-genní krmná aditiva, jsou produkty rostlinného původu dodávané do krmiva za účelem zlepšení růstové schopnosti selat a zlepšení zdraví. Fytobiotika zahrnují širokou škálu bylin, koření a produktů z nich odvozených (Sun a Kim, 2017).

Funkční aminokyseliny glutamin a glutamát jsou vysoce používanými aditivami v chovu prasat. Tyto funkční aminokyseliny jsou zpravidla klasifikovány jako neesenciální aminokyseliny, protože jsou produkovány vlastním tělem. Avšak v důsledku zjištění významnosti byl glutamin redefinován a zařazen do skupiny semiesenciálních aminokyselin. Ačkoliv je organismus schopen vlastní syntézy, během náročných stresových situací, jako je odstav, je jeho produkce nedostatečná

(Modina et al., 2019). Suplementací glutamátu lze výrazně zlepšit střevní morfologii a imunitu a příznivě ovlivnit růstovou schopnost (Mou et al., 2019).

V období odstavu prasat není plně vyvinutá schopnost produkovat vlastní imunoglobuliny. Suplementace komponentů obsahujících protilátky může být velmi prospěšná. Bylo prokázáno, že krevní plasma bohatá na imunoglobuliny, má příznivý vliv na příjem krmiva, rychlost růstu a snížení čestnosti průjmů po odstavu. Navíc udržuje integritu střeva, zvyšuje produkci protilátek a snižuje expresi prozánětlivých cytokinů (Zheng et al., 2021).

Nukleotidy jsou bioaktivní molekuly, které hrají významnou roli v metabolických, strukturálních a regulačních funkcích. V období mlezivové a mléčné výživy selata přijímají velké množství nukleotidů prostřednictvím mléka. Během odstavu se zvyšuje potřeba pro imunitní odpověď a střevní zotavení, avšak endogenní syntéza a obsah nukleotidů v dietě je nedostačující (Martinez-Puig et al., 2007). Z tohoto důvodu je vhodné k uspokojení požadavků a zmírnění stresu použít exogenních zdrojů (Weaver a Kim, 2014). Komerčně dostupné nukleotidové přísady se typicky získávají z kvasnicových extraktů nebo prostřednictvím bakteriální fermentace (Zheng et al., 2021).

Mezi známé mykotoxiny patří aflatoxiny, fumonisiny, ochratoxin A, trichotheceny, jako je deoxynivalenol a zearalenon. Selata jsou zvláště citlivá na trichotheceny, zejména na DON a fumosiny, kvůli jejich negativním účinkům na střeva (Pierron et al., 2016). Pro eliminaci mykotoxinů v krmivu se běžně využívají tzv. absorbenty, které účinně absorbují aflatoxin, ale u ostatních mykotoxinů je jejich působení do značné míry omezené (Murugesan et al., 2015).

2 Funkční a strukturní změny gastrointestinálního traktu

2.1 Žaludek

Žaludek je vakovitý orgán, jehož úkolem je míchat a částečně trávit krmivo. Navíc také slouží jako bariéra proti patogenním organismům. Kyselina chlorovodíková vylučovaná buňkami žaludku napomáhá udržovat nízké pH, které je nezbytné pro aktivaci trávicích enzymů (Heo et al., 2012). Vliv odstavu na aktivitu enzymů je dle literatury nejednoznačný. Například Hedemann et. al (2004) uvádějí sníženou aktivitu pepsinu při odstavu bez změny aktivity lipázy, kdežto jiné studie uvádějí zvýšenou aktivitu lipázy i pepsinu po odstavu (Jensen et al., 1997).

Nízké hodnoty pH (tj. 3,0–4,0) mají baktericidní účinky pro mnoho patogenních bakterií včetně *E.coli*. Avšak ve srovnání se sajícími selaty mají odstavená selata vyšší hodnoty pH, což může být částečně způsobeno nižší kapacitou sekrece kyseliny chlorovodíkové při odstavu spolu se sníženou produkcí kyseliny mléčné z laktózy. Odstavení také snižuje motilitu žaludku (Heo et al., 2012). Snoeck et. al (2004) uvádějí zpomalení vyprazdňování žaludku u prasat 3 až 14 dní po odstavu ve srovnání s dospělými jedinci.

2.2 Tenké střevo

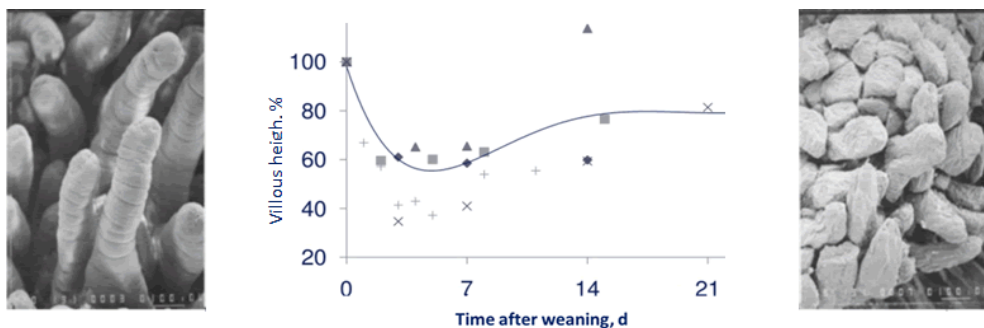
Bezprostředně po odstavu dochází ke změnám ve funkci a struktuře tenkého střeva, což může mít za následek atrofii klků, hyperplazii krypt, zvýšenou transepiteliární permeabilitu, sníženou trávicí absorpční kapacitu a narušení střevní bariéry (Wang et al., 2016).

Tenké střevo plní mnoho funkcí. Mezi nejdůležitější patří trávení a vstřebávání krmiva. Střevní sliznice a mucinová vrstva slouží jako první obranná linie proti patogenům, antigenům a dalším látkám (Heo et al., 2012). V období odstavu bylo zjištěno, že dochází ke snížení počtu pohárkových buněk a mucinu, což má za následek narušení funkce epiteliální bariéry (Xiong et al., 2019). Povrch sliznice tenkého střeva obsahuje výběžky, tzv. klky, které výrazně zvětšují povrchovou plochu (Sumigray et al., 2018). Pro správnou funkci tenkého střeva jsou žádoucí dlouhé klky, avšak v období odstavu dochází k jejich výraznému zkrácení, a to přibližně o 25 až 35 % (Campbell et al., 2013). Atrofie klků může být zapříčiněna nižším příjmem krmiva, ale i jinými faktory (Modina et al., 2019). Například zvýšenou koncentrací stresového hormonu kortizolu (Campbell et al., 2013).

Na slizničním povrchu lze také pozorovat tubulární žlázy známé jako Lieberkünovy krypty, které ústí do střevního lumenu na bázi střevních klků. Součástí těchto krypt jsou i kmenové buňky, které jsou nezbytné pro repopulaci epitelálních buněk (Hansen, 2018). K jejich kompletní obměně dochází během 4 až 5 dnů. Kmenové buňky v kryptách proliferují, prochází řadou proměn, a nakonec se diferencují na čtyři buněčné typy enterocyty, enteroendokrinní buňky, pohárkové buňky a Panethovy buňky. Absorpční enterocyty tvoří až 90 % epitelálních buněk. (Xiong et al., 2019). Do klků migrují enteroendokrinní buňky a pohárkové, zatímco Panethovy buňky se přesouvají do základny krypt (Banker, 2013).

V důsledku změny stravy je aktivita laktázy, sacharázy a maltázy dramaticky snížena mezi 3 a 5 dnem po odstavení, zatímco ke snížení aktivity pankreatických enzymů dochází až do 15 dne. Naopak aktivita enzymů trypsinu a amylázy se kolem 15 dne začíná zvyšovat (Xiong et al., 2019). U alkalické fosfatázy, která hraje významnou roli při detoxikaci patogenního endotoxinu a ovlivňuje střevní záněty, je také omezena aktivita (Campbell et al., 2013).

Pod epitelární vrstvou se nachází tzv. lamina propria, která obsahuje kapilární žlázy vylučující hlen a je bohatá na buňky imunitního systému (Hansen, 2018).



Obrázek 2.1: Vliv odstavení na zkrácení klků ve střevě selat před a po odstavení (efeedlink.com)

2.3 Tlusté střevo

Fyziologické funkce tlustého střeva zahrnují absorpci tekutin, elektrolytů a zajišťují fyzickou bariéru proti mikrobiální invazi. Změny v těchto funkcích mohou přispívat ke vzniku podstavových průjmů. Povrch tlustého střeva je vystlán kryptami, ale na rozdíl od tenkého střeva postrádá klky. Po odstavení dochází k prohloubení krypt a snížení absorpční kapacity tlustého střeva (Heo et al., 2012).

3 Střevní mikrobiom selat

Je známo, že střevní mikrobiom sehrává zásadní roli ve zdraví a pohodě zvířat. Střevní mikroflóra prasat poskytuje mnoho funkcí, včetně lepší konverze krmiva, produkci těkavých mastných kyselin a vitamínu K, fermentaci celulózy a zvýšenou odolnost proti patogenním mikroorganismům (Guevarra et al., 2019). Gastrointestinální trakt prasat ukrývá rozmanitou a komplexní mikrobiální komunitu. Odhaduje se, že tenké a tlusté střevo obsahuje přibližně 10^{14} bakterií a 500–1000 bakteriálních druhů (Kim a Isaacson, 2015). Více než 90 % bakterií mikrobiomu střev pochází ze dvou kmenů *Firmicutes* a *Bacteroidetes*, avšak ileum obsahuje vysoké procento (až 40 %) *Proteobacterium* (Isaacson a Kim, 2012).

3.1 Kolonizace střevního traktu

Střevní ekosystém selat je před narozením v podstatě sterilním prostředím tzn. bez mikrobů. V období po porodu dochází k rozvinutí poměrně husté populace mikroorganismů. Prvním kolonizátorem je všudypřítomná *E.coli*, ale brzy poté se objevují jak grampozitivní *Firmicutes* a *Actinobacteria*, tak i gramnegativní zástupci kmenů *Fusobacteria* a *Bacteroidetes* (Karasova et al., 2021). Během růstů a vývoje prasete se složení mikrobiomu mění v procesu známém jako mikrobiální sukcese. Po tomto jevu dojde k ustálení a vytvoření poměrně stabilní komunity (Isaacson a Kim, 2012).

Utváření střevní mikroflóry je komplexním procesem ovlivněným vnějšími a vnitřními faktory. Za hlavní vnitřní faktor lze považovat genetiku, která se zásadně podílí na formování střevního mikrobiomu. Bylo zjištěno, že mikrobiální komunita byla více podobná mezi dvojčaty než geneticky nepříbuznými jedinci (Tims et al., 2013). Vnější faktory, včetně způsobu porodu, rané výživy (kojení nebo krmení umělou výživou) a prostředí chovu ovlivňují taktéž významně mikrobiální střevní komunitu (Bian et al., 2016). Vytvoření a udržování prospěšné střevní mikroflóry v raném věku je u prasat zásadní. Taktéž časná kolonizace střev je klíčová při vytváření trvalých struktur mikrobiálního společenství, ovlivňuje zdraví a růstovou schopnost prasete v pozdějším věku. (Guevarra et al., 2019).

3.2 Faktory ovlivňující střevní mikrobiom v období odstavu

Během odstavu dochází u selat k přechodnému poklesu příjmu krmiva či anorexii, což přispívá ke vzniku zánětů střev. Vznikající zánět ve střevě má za následek produkci reaktivních forem kyslíku, jako je oxid dusnatý (NO), který se rychle přeměňuje na dusičnany (NO₃). Prostředí bohaté na dusičnany je příznivé pro růst *Enterobacteriaceae*, jmenovitě *Salmonella Typhimurium* a enterotoxigenní *E.coli* (ETEC). Ke zvýšení exprese těchto patogenních bakterií může také přispívat schopnost využití speciální živiny entholaminu, který nemůže být katabolizován komenzálními bakteriemi (Anderson et al., 2015). Při infekci těmito patogeny dochází k poklesu populace žádoucích bakterií, jako jsou *Bifidobacterium* a *Lactobacillus* (Guevarra et al., 2019). Výsledky některých studií naznačují, že střevní mikrobiální složení by mohlo být využito jako biomarker k predikci zdravotního stavu selat. Metagenomická analýza fekální mikroflóry u průjmových selat odhalila, že průjem byl spojen se zvýšeným výskytem *Prevotella*, *Sutterella*, *Campylobacter* a *Fusobakteria* (Yang et al., 2017). Naopak střevní mikrobiom u zdravých selat vykazoval vyšší výskyt *Prevotellaceae*, *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae* a *Laktobacillaceae* v porovnání s průjmovými selaty (Dou et al., 2017).

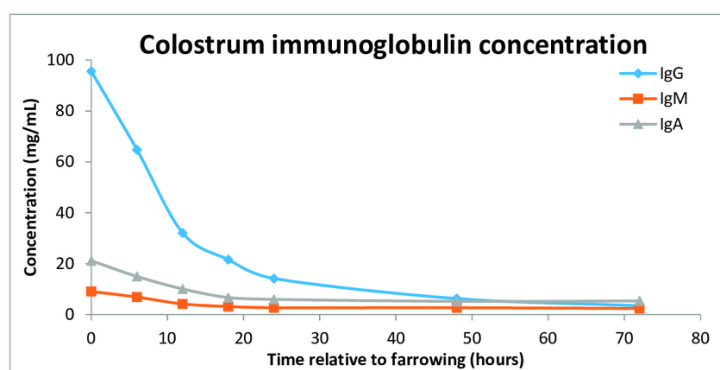
Přechod na pevné krmivo je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících střevní mikroflóru odstavených selat. Například Guevarra et. al (2018) prokázali významný nárůst *Prevotella* a *Lactobacillus* po odstavení ve srovnání s mikrobiomem sajících selat. Je známo, že členové rodu *Prevotella* metabolizují neškrobové polysacharidy rostlinného původu na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA). Dále jsou schopné degradovat polysacharidy v rostlinné stěně za pomoci enzymů, jako jsou b-glukanáza, manáza a xylanáza. Taktéž *Lactobacilly* metabolizují sacharidy včetně oligosacharidu a škrobu (Guevarra et al., 2019).

4 Imunitní systém selat

4.1 Vývoj postnatální střevní imunity

Po narození je imunitní systém selete nezralý a až do odstavu je závislý na pasivní ochraně matky skrze mlezivo a následně mléko (Lannoo, 2016). Krátce po porodu dochází k adaptaci imunitního systému na mikrobiální kolonizaci a antigeny mléka (Moeser et al., 2017). Na rozdíl od lidí, placenta prasnic neumožňuje přechod imunoglobulinu k plodu. Z tohoto důvodu je včasný příjem kolostra po narození esenciální pro přežití. V průběhu prvních 24 h po narození je přechod imunoglobulinů skrze sliznici vysoce efektivní, avšak po uplynutí této doby dochází ke snížení koncentrace v mlezivu a k omezení schopnosti průchodu skrze sliznici střeva (Mavromichalis, 2016). Imunoglobuliny z mléka, mateřské leukocyty a mléčné glykany mohou modulovat a neutralizovat střevní mikroby. Dalším faktorem, který napomáhá zabránit neúměrné imunitní reakci, je příjem mateřského mléka poskytujícího protizánětlivé cytokiny a peptidy (Newburg a Walker, 2007).

Důležitým procesem, ke kterému dochází 2 až 3 týdny po porodu, je vznik tzv. epiteliální bariéry, která se vyznačuje rychlým poklesem střevní permeability. Tento proces zabraňuje vystavení imunitního systému novým antigenům z potravy a kolonizujícího střevního mikrobiomu, které by jinak vyvolaly masivní zánět (Moeser et al., 2017).



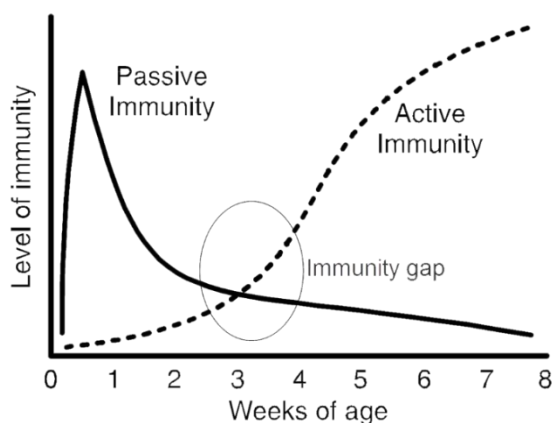
Obrázek 4.1: Pokles koncentrace imunoglobulinů v mlezivu po dobu 72 hodin po porodu (Alexopoulos et al., 2018)

4.2 Imunita v období odstavu

U čerstvě odstavených selat dochází k přerušení příjmu Ig a dalších bioaktivních sloučenin pocházejících z mléka prasnice, což vede k drastickému snížení pasivní imunity. Současně se jejich adaptivní imunita začíná teprve vyvíjet a tím vzniká mezera v imunitě a selata se tak stávají vysoce náchylná k onemocnění (Modina et

al., 2019; Geervliet a Tijhaar, 2022; Jedlička, 2022). Střevní epiteliální buňky jsou primárně zodpovědné za sekreci tekutin a absorpci živin, avšak mimo to také poskytují selektivní bariéru proti škodlivým antigenům. Mezi buňkami střevního epitelu a mezi základními buňkami lamina propria dochází k přenosu informací. Komunikace mezi těmito buňkami a buňkami imunitního systému napomáhá udržovat střevní imunitní homeostázu (Xiong et al., 2019). Slizniční homeostáza je velmi důležitá pro rozpoznávání exogenních nebezpečných podnětů, zároveň však zajišťuje adekvátní imunitní odpověď na nové dietní antigeny, kterým je sele vystaveno během odstavu (Stokes, 2017).

Stres z odstavu má za následek několik hlavních změn ve střevní imunitě. Odstavení prudce zvyšuje střevní CD4+ a CD8+ T lymfocyty u prasat, taktéž dochází ke zvýšené tvorbě prozánětlivých cytokinů, které mají za úkol regulovat imunitní funkce (Xiong et al., 2019). Toto pozorování ukazuje, že odstavení vyvolává přechodný zánět ve střevech u selat. Rovněž krmení na bázi sóji může přispívat k aktivaci zánětlivých procesů vlivem antinutričních látek (Zheng et al., 2017). Antinutriční faktory glycinin, β -konglycinin, inhibitory trypsinu, lektiny a nestravitelné sacharidové komplexy obsažené v sójových komponentech jsou potencionálními antigenními a alergenními sloučeninami, mají negativní dopad na střevní membránu, způsobují střevní léze a narušují schopnost střeva absorbovat živiny. Důsledkem narušeného a propustnějšího střeva je, že velké potencionálně škodlivé molekuly mohou projít střevní stěnou a způsobit alergickou reakci (Vega, 2022). Dále bylo zaznamenáno snížení exprese hlavního histokompatibilního komplexu (MHC), který je primárně zodpovědný za rozeznání vlastního od cizorodého (Heo et al., 2012).



Obrázek 4.2: Mezera v imunitě v období odstavu (pigprogress.net)

5 Poodstavový průjem

Průjem je často pozorovaným problémem při odstavu selat. Způsobuje vážné ekonomické ztráty vlivem snížené užitkovosti, zvyšováním nákladů za léčbu a předčasného úhynu (Jedlička, 2021). Mortalita spojená s tímto multifaktoriálním onemocněním může u infikovaných odstavených selat dosahovat 20–30 % (Rhouma et al., 2017).

Náchylnost k průjmu po odstavu byla spojena s faktory souvisejícími s managementem chovu, jako je nízký příjem krmiva během prvního týdne po odstavení, nadměrný příjem krmiva, úroveň hygieny a managementu, nízká hmotnost a věk při odstavu, chladový stres, průvan či počet krmných míst v kotci (Laine et al., 2008). Dalšími faktory ovlivňujícími vznik průjmů po odstavu je změna krmné dávky, genetik selat nebo přítomnost patogenních bakterií (Karasová et al., 2021).

Průjmová onemocnění jsou založena na třech různých patomechanismech: malabsorpci, hypersekreci a zánětu. Malabsorpce je založena na skutečnosti, že živiny nemohou být absorbovány a zůstávají ve střevě. To může být způsobeno nepřítomností specifických enzymů, nadměrným přísunem živin či absencí zralých buněk (Hoeltig, 2016; Nechvátalová a Kučerová, 2010). Dalším z patomechanismů vedoucím k průjmu je hypersekrece, ta je založena na stimulaci sekrece elektrolytů (zejména chloridů). Ke vzniku průjmu může taktéž přispívat dočasné snížení schopnosti absorpce tekutin a elektrolytů (Campbell et al., 2013). Zánět se ve střevě objevuje v důsledku narušení střevní integrity a následného přichycení specifických bakterií na střevní klky (Jedlička, 2021). Průjem vzniká z několika příčin, kterými jsou střevní infekce, dále závadná krmiva a zřídka pak nesprávné krmivo nebo složení (Pluske et al., 2018). Mezi významné původce průjmových onemocnění patří určité virotypy *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella typhimurium*, koronaviry, rotaviry a další (Hoeltig, 2016).

5.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli z čeledi *Enterobacteriaceae* je běžnou součástí střevního mikrobiomu prasat a je nezbytná pro správné fungování trávicích procesů. Tato tyčinkovitá gramnegativní bakterie byla objevena v roce 1885 bakteriologem Theodorem Eschericem. Nicméně některé specifické virotypy *E. coli* mohou

za určitých okolností vyvolat onemocnění (Jedlička, 2018). Podle mechanismů, jimiž působí na organismus prasete, se uvedené patogenní kmeny dělí na enterotoxigenní (ETEC), shigatoxigenní (STEC), enterohemoragická (EHEC), enteroinvazivní (EIEC), enteropatogenní (EPEC) a další (Heo et al., 2012; Sato et al., 2013).

5.1.1 Popis patogenních virotypů a jejich účinků

Edémová choroba je jednou z nejčastějších chorob postihujících selata v období odstavu a způsobuje významné ekonomické ztráty. Choroba je vyvolána schigatoxinem (Stx2e), který je produkován specifickým virotypem *E.coli* nazývaným jako STEC. Virotyp je charakterizován určitou kombinací genů virulence pro produkci virulenčních faktorů. Mezi významné viruleční faktory STEC patří fibrilární adhezin F18 potřebný pro kolonizaci střeva selat a shiga toxin (Stx2e) umožňující vstup do buňky a následnou infikaci na základě enzymatické aktivity a inhibice syntézy bílkovin. (Sato, 2013; Sperling, 2022). Hlavním faktorem zapříčiňujícím vznik lézí na určitých místech je přítomnost či nepřítomnost adhezivního faktoru, který umožňuje přilnutí *E.coli* ke střevní sliznici. Receptory pro Stx2e jsou uloženy v hladké svalovině cév (Taraban et al., 2019).

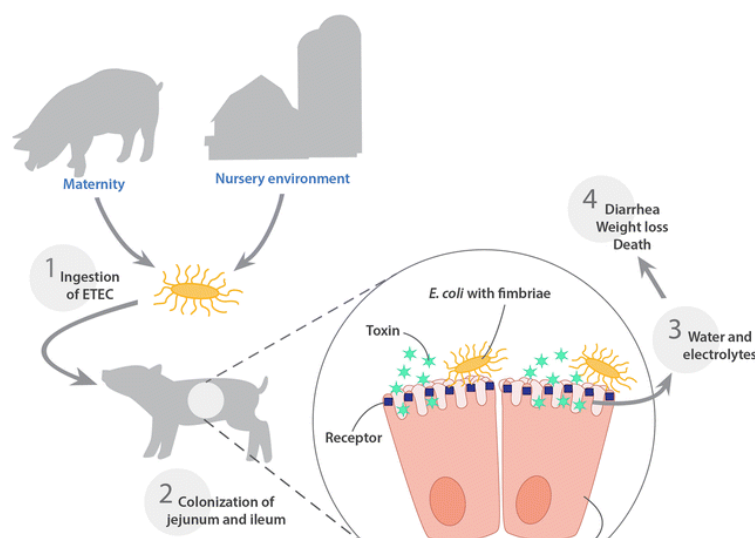
Průjem po odstavení je často způsobován enterotoxigenní *E.coli* (ETEC), jejíž přilnutí ke sliznici umožňují adhezivní fimbrie (F4, F18) a specifické receptory na sliznici tenkého střeva. Jejich toxicita spočívá v produkci tzv. enterotoxinů. Tepelně labilní enterotoxiny zvyšují sekreci sodných, chloridových a hydrogenuhličitanových iontů do lumenu, zatímco tepelně stabilní enterotoxiny snižují absorpci kapalin a solí (Girard a Bee, 2020). Působením toxinů dochází k nadměrné sekreci vody a elektrolytů do lumenu střeva, v tlustém střevě však nedojde k jejich vstřebání v důsledku nízké absorpční kapacity. Vlivem těchto procesů dochází k průjmu, dehydrataci, snížení příjmu krmiva, poškození střevního epitelu a úhynu (Heo et al., 2012; Hoeltig, 2016).

5.1.2 Klinické příznaky patogenních virotypů

Kmeny *E.coli* způsobující edémovou chorobu se odlišují od jiných virotypů zejména místem působení. Produkované toxiny se dostávají do krevního řečiště prasete a poškozují krevní cévy, vyvolávají neurologické příznaky a otok určitých částí těla

(McOrist, 2014). Akutní forma edémové choroby se často projeví jako náhlá smrt bez předchozích varovných příznaků. Pro tuto chorobu je typický otok víček, čela, laryngeální edém (vede ke specifickým hlasovým projevům) a otok mozku selat (způsobuje křeče, ataxii a laterální polohu s typickými plovacími pohyby končetin). (Zimmerman et al., 2012) Chovy postižené subklinickou formou edémové choroby nevykazují téměř žádné klinické příznaky. Negativní dopad však můžeme pozorovat v hmotnostních rozdílech ve skupině postižených zvířat (Šperling et al., 2020).

Průjmy způsobené ETEC postihují selata v prvních dnech života nebo krátce po odstavu. Receptory pro některé fimbrie jako F5 a F6 se během dozrávání střeva snižují, naopak některé receptory, například pro fimbrie F18, jsou exprimovány pouze u starších selat po odstavu (Hoeltig, 2016). Klinické příznaky se objevují přibližně 2 týdny po odstavu a projevují se vodnatou stolicí s bělavým až žlutým zbarvením. Ve skupině prasat se průjem může značně lišit konzistencí od vodnaté až po pastovitou s širokou škálou barev od šedobílé přes žlutou až po zelenou. Inkubační doba se pohybuje mezi 10 až 30 hodinami. Díky tomu dochází k poměrně rychlému rozšíření. V těžkých případech může dojít až k úmrtí (McOrist, 2014; Vangroenweghe, 2022).



Obrázek 5.1: Průběh infekce a patogenního působení *E. coli*
(Rhouma et al., 2017)

5.1.3 Diagnostika

Podezření lze vyslovit na základě přítomnosti typických klinických příznaků, avšak k určení správné diagnózy je zapotřebí odběr vzorků se specifickým mikrobiologickým vyšetřením (Vangroenweghe, 2022; Šperling, 2020).

Pro určení přítomnosti patogenní *E. coli* za pomoci mikrobiální kultivace je ideální vzorek výkalů či rektálního výtěru. U uhynulých selat lze využít stěr ze sliznice tenkého střeva. Jakmile je vzorek vykultivován a diagnostikován, je provedena identifikace specifických genů na základě multiplex PCR (McOrist, 2015).

5.1.4 Prevence

Úlohou prevence je eliminovat patogenní *E.coli* či zabránit adhezi ETEC, STEC a dalších virotypů ke stěně sliznice tenkého střeva. Toho lze docílit zavedením hygienických opatření, vnější a vnitřní biosekuritou, změnami ve skladbě krmné dávky či medikací (Casanova et al., 2018).

Nejlepších výsledků v rámci prevence onemocnění patogenními *E.coli* je dosahováno při očkování toxinovými přípravky. Vakcinace prokazatelně snižuje úmrtnost a projevy klinických příznaků, díky tomu lze také omezit spotřebu antibiotik nebo ZnO (Rouma et al., 2017).

6 Stres a hlavní stresové faktory působící v období odstavu

Jelínek a Koudelka (2003) popsali stres jako soubor regulačních mechanismů nastupujících při ohrožení homeostázy, jedná se o reakce organismu na vnitřní nebo zevní změny, které narušují „klidový“ chod životních funkcí, nebo které dokonce ohrožují jeho vlastní existenci.

V důsledku působení stresu dochází k reakci a adaptaci na nově vzniklou situaci. Biologický význam stresu tkví v přípravě organismu na zvládnutí složitých situací s cílem navrátit narušenou rovnováhu organismu (Grauer, 2022). Přechodný či akutní stres je v určitých případech prospěšný, pomáhá seleti získat odolnost a zvyšuje jeho výkonnost. V tomto případě lze mluvit o pozitivní formě stresu. Dlouhodobý, neboli chronický stres, působí přesně naopak (Einarsson et al., 2008). Negativně působící dlouhodobý stres narušuje fyziologickou rovnováhu jedince, snižuje užitek a napomáhá rozvoji mnoha onemocnění. Hranice mezi pozitivním stresem a negativním stresem je různá, proto se nedá poznat, co na selata působí příznivě a co jim již škodí. V případě, že se stres stane neúnosným, dochází k vyčerpání s následnými zdravotními problémy nezřídka vedoucími ke smrti. U stresovaných selat často dochází ke snížení příjmu, který přispívá k prohloubení celkového vyčerpání organismu. Při zajištění dostatečného příjmu vody a krmiva se selata lépe vypořádávají se stresem a rychleji se vrací do normálu (Grauer, 2022).

Stres je vyvolán stresovými faktory, tzv. stresory, které je možné rozdělit na fyzikální, chemické, biologické a komplexní. Mezi fyzikální patří hluk, teplo, vibrace, světlo, atmosférický tlak, ale také průvan ve stáji. Za ty chemické lze považovat otravy a záněty, nezřídka způsobené zdravotně závadnou krmnou směsí. Biologickými stresovými faktory jsou odřeniny, zlomeniny, hlad, žízeň či veterinární zákrok. Námaha, nové prostředí, přeprava nebo nešetrná péče náleží do skupiny tzv. komplexních stresorů (Jelínek a Koudelka, 2003; Campbell et al., 2013).

Působení stresu má za následek aktivaci osy hypotalamus-hypofýza-nadledviny, ve které se významně uplatňují humorální mechanismy. Během stresu hypotalamus vytváří a vysílá hormon zvaný kortikoliberin, který dá signál hypofýze, aby uvolnila další chemickou látku - adenokortikotropní hormon. To stimuluje nadledviny k uvolňování adrenalinu a kortizolu. Adrenalin zvyšuje výkon a napomáhá k rychlé reakci (útěk či boj) na danou situaci. Kortizol zajišťuje dostatek energie tak, že zvýší koncentraci glukózy v krvi (Moeser, 2018; Jelínek a Koudelka, 2003).

Odstavená selata jsou vystavena řadě stresových faktorů, jako je náhlé oddělení od prasnice, ztráta ochranných látek z mateřského mléka, míchání s jinými vrhy, manipulace, změna krmiva, přesun do neznámého prostředí s často rozdílným mikroklimatem. V období odstavu lze využít určitá technologická zlepšení, která mohou přispět k minimalizaci nepříznivých účinků (Campbell et al., 2013).

6.1 Způsoby odstavu

Selata jsou v komerčních chovech standardně odstavována ve věku 21–28 dní. Dle směrnice Rady EU 2008/120/ES, která stanovuje minimální požadavky na ochranu prasat, nesmějí být selata odstavována dříve než ve stáří 28 dnů. Pouze ve výjimečných případech je povolen dřívější odstav v 21 dnech. Odstavení ve vyšším věku snižuje výskyt průjmů, omezuje stres a napomáhá lepší involuci dělohy prasnice (Velechovská, 2019).

Při odstavu máme dvě základní možnosti volby. První z možností je klasický jednofázový odstav, kdy dochází k odstavení selat od prasnic najednou s následným přesunutím do předvýkrmu. Nevýhodou tohoto způsobu je vystavení selat velkému stresu, avšak předností může být, že selata přecházejí do vydezinfikované stáje a jsou tak pod menším infekčním tlakem. Druhý ze způsobů je dvoufázový odstav, kdy jsou nejprve z porodního kotce přesunuty prasnice a až po několika dnech selata. Odstavená selata zůstávají ve známém prostředí se sourozenci či jednici, které dobře znají. V tomto případě dochází k menšímu působení stresu, který má za následek lepší a dřívější příjem krmiva (Grauer, 2022).

Z hlediska zlepšení pohody zvířat může být nejvhodnější možností tzv. rodinný odstav, který má za cíl co nejméně míchat selata z různých vrhů a zachovat rodiny. Tímto způsobem lze snížit sociální stres z vytváření nové hierarchie (Kerber, 2021).

Ne vždy je tento způsob možné uplatňovat, zejména při odstavu dle pohlaví, přesto ho lze využít alespoň částečně. Měli bychom se vyhnout především míchání všech selat na chodbě a do kotců v předvýkrmu vybírat selata jen z několika vrhů (Grauer, 2022).

7 Zinek

Zinek je jedním ze základních stopových prvků zastávajících v organismu mnoho rozličných funkcí. Je významnou součástí více než 300 enzymů, zejména pak těch, které se podílejí na metabolismu bílkovin, tuků, sacharidů a v neposlední řadě nukleových kyselin (Cho et al., 2014; Bonetti et al., 2021). Hraje nezastupitelnou roli při udržování stability genomu, genetické expresi a modulaci apoptózy. Společně s vápníkem, fosforem a hořčíkem je nezbytný pro tvorbu kostí a jeho nedostatek snižuje pevnost a velikost stehenních kostí. Taktéž zásadně ovlivňuje růst, fyziologické procesy v kůži a kožních derivátech, vývoj pohlavních orgánů a jejich činnost. Sehrává zásadní roli ve fungování imunitního systému. Je spojen s udržováním a funkcí gastrointestinálního traktu od chuťových pohárků až po funkci klků a krypt ve střevě. Dále ve střevním traktu napomáhá udržovat stabilitu střevní mikroflóry tak, že podporuje její rozmanitost (Sanjib a Dipankar, 2018).

7.1 Rozložení v organismu

V organismu je zinek uložený výrazně nerovnoměrně. Celkové množství zinku v organismu selete se pohybuje přibližně mezi 24–25 mg. Koncentrace tohoto mikroprvku se zvyšuje v raném období postnatálního vývoje až do 4 týdne od narození a následně zůstává přibližně na stejné úrovni (Tvrzník a Zeman, 2005).

Z celkového množství je nejvíce zastoupen ve svalové a kostní tkáni. Avšak největší koncentraci zinku nalezneme v prostatě a cévnatce oka. Značně koncentrovaný je taktéž v kůži, kožních derivátech, pankreatu, játrech, varlatech, ledvinách a kostech (Jelínek a Koudelka, 2003).

Fyziologické rozpětí koncentrace tohoto prvku v krevní plazmě se pohybuje mezi 12,5 až 18 $\mu\text{mol/l}$ (Jelínek a Koudelka, 2003). Přibližně 60–80 % zinku je volně vázáno na albumin, méně na globulin a transferin, a nejméně pak na volné aminokyseliny histidine a cystein (Sloup et al., 2017). V erytrocytech a leukocytech se vyskytuje především ve formě metaloproteinů. Koncentrace zinku v krvi a krevních elementech se odvíjí od obsahu zinku ve výživě (Jelínek a Koudelka, 2003).

7.2 Absorpce

Vstřebávání zinku probíhá v tenkém střevě, a to především ve dvanáctníku. Zinek je z krmiva transportován do enterocytů dvěma způsoby. Prvním způsobem je aktivní transport, který se uskutečňuje za pomoci specifických transportérů, jejichž účinnost roste se zvyšujícím se příjmem zinku v potravě. Druhou z možností je pasivní transport, který funguje na principu difúze (Sloup et al., 2017). Převážná část zinku je zachycena v cytosolu střevních buněk, jenž slouží jako zásobárna. Zbylá část je transportována přímo do krevní plazmy (Tvrzník a Zeman, 2005).

7.3 Projevy nedostatku a nadbytku

Skutečná potřeba zinku pro rostoucí prasata v 1 kg směsi se pohybuje v rozmezí 80 až 130 mg/kg, přičemž vyšší koncentrace vyžadují kojená selata (Horký et al., 2017). Potřeba zinku je ovlivněna věkem, rychlostí růstu, pohlavím, typem diety, hladinou mědi a vápníku a v neposlední řadě formou zinku (Zeman a Tvrzník, 2005). S vyšším příjmem mědi a vápníku se zvyšují i nároky na jeho příjem. Taktéž zvýšená koncentrace kyseliny fytové zvyšuje potřebu zinku, neboť dochází k navázání stopového prvku a vzniku fytátů, které jsou pro zvířata nedostupné. Takto vázaný zinek je možné pro využití zvířat uvolnit enzymatickou hydrolyzou za pomoci enzymu fytázy. V rostlinných komponentech krmných směsí je zastoupena v malém množství a zvířata si ji tvořit neumí, z tohoto důvodu musí být do krmiv přidávána (Horký et al., 2017).

Při nedostatku zinku můžeme pozorovat nechutenství, zhoršený růst, poruchy metabolismu tuku, sacharidů a bílkovin, změny na kůži, sliznicích, kožních útvarech a poruchy reprodukčních schopností samic a samců. Při karenci zinku u kanců se snižuje vylučování gonadotropinů, dochází k atrofii varlat, poruchám spermiogeneze a vývoje pohlavních znaků (Sloup et al., 2017). U prasnic je zinek zapotřebí k syntéze kyseliny arachidonové a prostaglandinů. Významně ovlivňuje regulační mechanismy vylučování prolaktinu a kontrakce dělohy při porodu. Deficit tohoto prvku u březích prasnic zapříčiňuje zpomalení vývoje plodu, těžké porody, sníženou životaschopnost mláďat a mléčnost a taktéž potlačuje všechny fáze pohlavního cyklu (Tvrzník a Zeman, 2005). Jedním ze specifických onemocnění, vznikajících v důsledku nedostatku, je tzv. paraketóza projevující se změnami na kůži. Nejčastěji jsou postiženi jedinci ve věku 2–4 měsíců (Horký et al., 2017).

K nadměrnému příjmu zinku jsou zvířata poměrně tolerantní, neboť rozmezí mezi biotickou a toxickou dávkou je poměrně široké. V praxi může vzniknout nadbytek zinku v krmné dávce v případě uchovávání vlhkých krmiv v pozinkovaných nádobách. Prasata dokáží přijmout i 20–30násobné množství Zn, než je doporučená dávka, bez negativního dopadu na zdraví (Tvrzník a Zeman, 2005).

7.4 Anorganické a organické formy a jejich využití

Biologická dostupnost zinku je z různých zdrojů odlišná, využívány jsou formy anorganické i organické. Za lépe vstřebatelné lze považovat formy organické, a to zejména formy chelátové, jejichž vstřebatelnost dosahuje až 60 %. Chelát je vazba dvou aminokyselin, které svírají minerální látku, jež je tak pro organismus lépe využitelná (Horký et al., 2018).

Obecně se udává, že stopové prvky dosahují nejvyšší využitelnosti (z anorganických forem) ve formě síranů, jejichž použití je ve větší míře limitováno z důvodu snižování účinku lipofilních vitamínů (Zeman a Tvrzník, 2005). Ačkoliv je síran zinečnatý společně s oxidem zinečnatým nejpoužívanějším zdrojem zinku v chovu zvířat, míra jejich resorpce dosahuje poměrně nízkých hodnot, většinou do 15 % (Horký et al., 2018). Dalším anorganickým zdrojem zinku může být chlorid zinečnatý (Bonetti et al., 2021).

8 Oxid zinečnatý

Suplementace terapeutických dávek (2000 až 3000 ppm) oxidu zinečnatého u selat po odstavu byla donedávna běžnou praxí, která umožňovala účinnou kontrolu průjmu a zlepšovala užítkovost selat. Avšak od června roku 2022 je v Evropské unii používání zinku pro selata omezeno na 150 ppm celkového dietního zinku (Jedlička, 2022). Podávání ZnO u selat začíná bezprostředně po odstavení a trvá obvykle 14 dní. Bylo prokázáno, že v tomto období má ZnO největší účinek. Suplementace této formy zinku má za následek nejen lepší fekální skóre, ale i nižší výskyt symptomů a úmrtnosti PWD. Dále zlepšuje růstovou výkonnost selete, trávení a příjem krmiva. Jiné formy Zn, poskytované na stejné úrovni, nevykazují významné zlepšení růstových parametrů, což naznačuje, že účinnost Zn je pravděpodobně nezávislá na jeho efektivní absorpci, ale spíše spočívá v působení ve střevě (Bonetti et al., 2021).

8.1 Mechanismus účinku

Přesný mechanismus účinku ZnO proti PWD nebyl dosud plně objasněn. Mnoho studií však předpokládalo a následně prokázalo několik prospěšných účinků. Zdá se, že hlavní mechanismus účinku ZnO spočívá ve zlepšení absorpce živin a střevní morfologie (Pearce et al., 2015). Další studie prokázaly vyšší výšku klků a snížení permeability, v důsledku snížení exprese zánětlivého genu. Pozitivní vliv ZnO na střevní sliznici může souviset i s jeho antioxidačními vlastnostmi. Dále může působit antibakteriálně, takže způsobuje nástup oxidačního stresu v mikrobiálních buňkách (Bonnetti et al., 2021; Hu et al., 2014). Navzdory tomuto potencionálnímu mechanismu je účinek ZnO proti *E. coli*, hlavnímu původci PWD, nízký. Zdá se, že antibakteriální aktivita ZnO je zaměřena především proti grampozitivním než gramnegativním bakteriím. Při podávání ZnO v krmných dávkách odstaveným selatům dochází k nárůstu koliformních bakterií a enterokoků a snížení pozitivně působících bakterií mléčného kvašení (Højberg et al., 2005). Avšak zdá se, že autoři studií jsou v tomto ohledu nekonzistentní. Například Wang et. al (2019) dospěli k opačnému závěru, tj. že při zkrmování vysokých dávek ZnO dochází k potlačení růstu *E.coli* a koliformních bakterií, přičemž populace bakterií mléčného kvašení zůstává neporušená. Mezi další významnou vlastnost patří schopnost ZnO chránit erytrocyty před poškozením bakterií. V prázdném traktu využívají přítomné bakterie

jako zdroj energie mukózní vrstvu, po jejímž narušení se mnohou přichytit a způsobit zánětlivé změny, které bývají doprovázeny průjmy. V této souvislosti bylo prokázáno, že vyšší dávky ZnO podporují tvorbu mukózní vrstvy, čímž inhibují bakteriální adhezi ke střevním buňkám (Jedlička, 2021). ZnO je nejen schopen modulovat expresi cytokinů, ale je také nezbytným stopovým prvkem s klíčovým účinkem na celý imunitní systém. Deficit Zn vede k významnému snížení schopnosti makrofágů provádět fagocytózu. U odstavených selat bylo prokázáno, že farmakologické dávky ZnO dokázaly zvýšit počet regulačních T buněk, které jsou klíčové pro modulaci imunitní odpovědi a udržení homeostázy (Bonnetti et al., 2021). Bylo zjištěno, že vysoké dávky ZnO se podílí také na stimulaci produkce ghrelinu, jehož nepřímým působením se zvyšuje syntéza svalových proteinů, buněčná proliferace a příjem potravy (Yin et al., 2008). Vysoké hladiny ZnO rovněž zlepšují aktivitu některých pankreatických enzymů, jako jsou karboxypeptidáza, trypsin, chymotrypsin, což působí pozitivně na stravitelnost krmiva (Hedemann et al., 2006).

8.2 Rizika spojená s používáním farmakologických hladin

Velké a dlouhodobé používání terapeutických dávek ZnO v chovu prasat vyvolává mnoho obav. Vysoká suplementace ZnO vede ke ztrátě pozitivních vlastností s potenciálním nástupem toxických účinků, kvůli nadměrné akumulaci Zn ve zvířecích tkáních, jako jsou ledviny, slinivka a játra (Burrough et al., 2019). Poškození jater ve velmi raném stadiu vede ke zhoršení užitkovosti po celý život prasete. Vystavení vysokým dávkám ZnO může způsobit nárůst patogenních bakterií *Enterobacteriaceae* a snížení populace bakterií produkujících kyselinu mléčnou, což negativně ovlivňuje vývoj a zdraví střev. To je pravděpodobně hlavním důvodem, proč se průjem často projeví po odstranění Zn z krmné dávky (da Fonseca et al., 2018).

8.2.1 Kontaminace životního prostředí

Zinek se stejně jako další stopové prvky (Cu, Mn, Co, Ni) dostává do životního prostředí dvěma možnými způsoby. Prvním ze způsobů je zvětrávání matečních hornin, které obsahují vysoký podíl zinku, například smithsonit a sfakerit. Ty pod vlivem specifických přírodních podmínek oxidují a stávají se tak mobilní. Druhý

ze způsobů vstupu stopových prvků do půdy je antropogenní činnost. Antropogenní procesy zahrnují aplikaci fungicidů, herbicidů, pesticidů, a hnojiv (Sloup et al., 2017). Jeho koncentrace se dále zvyšuje vlivem vypouštění odpadních vod z továren a domácností, ukládáním odpadů a spadem uhelného popílku z elektráren (Havel et al., 2010). Značným rizikem je pro životní prostředí aplikace kejdy. Exkrementy pocházející z chovů používajících vysoké dávky ZnO jsou na Zn bohaté, neboť zvířata vylučují veškerý přebytek Zn, který překračuje fyziologické potřeby. Vlivem opětovné aplikace kejdy, jakožto hnojiva na půdu, dochází k postupné akumulaci Zn až do hodnot ohrožujících růst rostlin a život zvířat (Bonnetti et al., 2021). Bak et. al (2015) prokázali, že v období 1986-2014 vedla aplikace prasečí kejdy k vyšší koncentraci Zn v půdě o 2–5 %.

8.2.2 Rezistence bakterií

Rezistenci bakteriálních patogenů k antibiotikům lze definovat jako schopnost bakteriální populace přežít účinek definované koncentrace příslušného antibiotika. Zvyšování odolnosti bakterií vůči antibiotikům je jednou z největších hrozeb pro lidstvo. Netýká se pouze zemědělského odvětví, ale také humánní medicíny. Každý rok v Evropě zemře v důsledku infekce rezistentní bakterií přibližně 33 tisíc lidí (Kolář, 2016).

Terapeutické hodnoty ZnO, které jsou běžnou součástí krmné dávky po odstavu selat, představují určitá rizika pro zdraví lidí a zvířat. Indukují rezistenci, takže přeživší střevní bakterie se stávají odolné nejen vůči Zn, ale rovněž i vůči antibiotikům, aniž by bylo zvíře v přímém kontaktu (Yazdankhah et al., 2014). Slifierz et. al (2014) prokázali, že terapeutické dávky ZnO mohou zvýšit perzistenci a prevalenci na meticilin-rezistentního *Staphylococcus aureus* u selat v době odstavu. Bylo také pozorováno šíření genů rezistence mezi *E.coli* uvnitř střeva odstavených selat se značným nárůstem multirezistentních kmenů *E.coli* k těžkým kovům. To může vést k ohrožení potenciálního antimikrobiálního účinku Zn (Bonetti et al., 2021). Dále byl objeven mechanismus pro horizontální přenos rezistence na kolistin, který je široce používán pro kontrolu průjmů u prasat (Nordmann a Poirel, 2016). V humánní medicíně je toto antibiotikum používáno, jako poslední možnost pro léčbu infekcí způsobených multirezistentními gramnegativními bakteriemi, jako je například *Pseudomonas aeruginosa* (Rhouma et al., 2017).

9 Doporučení pro praxi

S ohledem na zjištěné informace získané během zpracovávání této bakalářské práce lze říci, že v současné době na trhu neexistuje žádné alternativní krmné aditivum, které by plně nahrazovalo ZnO. Z tohoto důvodu je zapotřebí, aby chovatelé k této problematice přistupovali komplexně. Pro překonání tohoto kritického období a pro produkci zdravých a vitálních selat je nezbytné zařadit specifická aditiva do krmiva či vody, změnit skladbu krmné dávky, či přijmout určitá preventivní opatření v managementu chovu.

Vše začíná již u samotné prasnice, kterou bychom měli udržovat před porodem v optimální kondici, abychom zajistili dobrý zdravotní stav a dostatečnou produkci mleziva a mléka pro selata. Výživa po narození je zprvu zajištěna kolostrem, po jehož příjmu dochází k navození tzv. pasivní imunity vlivem obsažených imunoglobulinů. Koncentrace těchto protilátek se však s časem výrazně snižuje a také dochází k omezení schopnosti průchodu skrze střevní sliznici selete. Mortalita selat je vysoce spjatá s množstvím přijatého mleziva, jestliže sele přijme během prvních 24 hodin po porodu 200 g kolostra, dochází k výraznému snížení pravděpodobnosti úhynu před odstavenem. Z praxe vyplývá, že ideální množství přijatého mleziva se pohybuje okolo 250 g a více. Jestliže počet selat převyšuje počet funkčních struků, dochází k nedostatečné výživě. Za těchto okolností je vhodné aplikovat některou z metod pro řešení tohoto problému. Lze využít děleného krmení, či překládání selat.

Časné postnatální období selat se vyznačují velkou erythropoetickou aktivitou a intenzivním růstem, jenž zapříčiňuje vysoké nároky na železo. V komerčních chovech, kde selata nemají možnost rýt v zemi a získávat tak přirozeně železo, bychom neměli opomenout preventivní podání železa ať už ve formě krmné přísady či injekční aplikací. Období od narození do odstavení má významný vliv na jeho další vývoj v předvýkrmu a výkrmu či na jeho využití v reprodukci.

Dalším vysoce stresovým obdobím v životě selat je odstav, který je doprovázen nejen nutričním stresem, ale i stresem sociálním, změnou prostředí, mikroklimatem a dalšími negativně působícími faktory, které mnohdy vedou k poodstavovému průjmu. V přírodě se selata stávají plně nezávislá na prasnici ve věku 12–17 týdnů. Do té doby mají dostatek času na vývoj trávicího traktu a rozvoj aktivní imunity. V chovech však k odstavení dochází mnohem dříve, proto je nezbytná včasná příprava

trávicího traktu na příjem pevného krmiva a podpora imunitního systému. Pro stimulaci rozvoje trávicího traktu a pro postupné navykání na pevné krmivo je vhodné selata začít příkrmovat 7 dní před plánovaným odstavením takovou krmnou směsí, která jim bude předkládána následně i po odstavení. Selata, která přijímají v období odstavení pouze mateřské mléko a nedokáží pít z napáječky, jsou vystavena mnohem většímu stresu než selata, která si již tyto návyky osvojila před odstavením.

Dalším opatřením, které lze aplikovat je minimalizace míchání selat z různých vrhů, tím lze zamezit šíření nemocí a vzniku stresu z utváření hierarchie v nově vznikajících skupinách. Základem každého zdravého chovu je zajištění tzv. biologické bezpečnosti. Toho lze docílit zavedením komplexních preventivních opatření, směřujících k zamezení zavlečení infekčního agens do chovu a jeho následné šíření. Základní opatření zahrnují mytí a dezinfekci kotečů s odstavkami mezi jednotlivými turnusy, zabránění vjezdu nevydezinfikovaných krmných vozů a vstupu nechtěných osob a zvířat. V praxi je nezdůvodněně využíván černobílý systém provozu, který spočívá v rozdělení farmy na 2 části, a to bílou („čistou“) a černou („špinavou“), vyžaduje však přísně prostorově oddělené zóny a dodržování stanovených pravidel. Pro pohodu a zdraví selat po odstavení je nutné taktéž zajistit suché prostředí bez průvanu s optimální teplotou. Nejde pouze o sledování průměrné teploty prostředí, ale také o efektivní řízení kolísání mezi denními a nočními teplotami, jejichž rozdíl by měl být co nejmenší. Rozdíl teplot mezi dnem a nocí o více než 5 °C přináší zvýšené riziko zdravotních problémů.

Čerstvě odstavená selata jsou velmi vnímavá ke střevním infekcím, které jsou způsobeny jejich nevyzrálým imunitním systémem a trávicím traktem. Nejběžnějším původcem střevních infekcí je bakterie *E.coli*, disponující mnoha různými faktory virulence za pomoci nichž přilne ke stěně střevní sliznice a způsobí průjem. Pro kontrolu kolibacilózy je možné použít dostupných vakcín, které vedou k rozvoji aktivní imunity tím, že vyvolávají ve střevě produkci slizničních protilátek. Lze ji aplikovat prostřednictvím napájecích misek nejlépe 7–8 dnů před očekávaným nástupem klinických příznaků podstavového průjmu.

Riziko průjmů po odstavení je možné taktéž eliminovat změnou skladby krmné dávky, a to konkrétně snížením podílu proteinu a zvýšením podílu nerozpustné vlákniny. Vysoké hladiny proteinu v krmivu pro odstavená selata zvyšují průměrný denní přírůstek, ale mohou mít negativní dopad na zdraví střev, zejména pokud zdroje bílkovin nejsou vysoce stravitelné. Nestrávený protein se totiž stává potravou

pro patogenní bakterie v zadní části GIT a může zvýšit riziko infekcí a průjmů, a to zejména při absenci terapeutických dávek ZnO. Bylo prokázáno, že snížení bílkovin o 3–4 % je dostatečné pro eliminaci rizika GIT infekcí a zároveň nedochází ke zpomalení růstu. Pro optimální využití růstového potenciálu a pro vyvážený poměr aminokyselin je přínosné současně se sníženou hladinou bílkovin využít i syntetických aminokyselin. Hojně využívané jsou esenciální aminokyseliny (např. lysin, threonin, methionin, tryptofan a valin).

K vysoce stravitelným proteinovým zdrojům patří tzv. proteinové hydrolyzáty, které se vyrábějí z různých zdrojů bílkovin chemickou, mikrobiální či enzymatickou hydrolyzou. Proteinové hydrolyzáty mohou být vyrobeny z živočišných (vnitřnosti, mléko, krevní plasma) či rostlinných zdrojů (sója, pšenice, brambory). Navíc některé z výše uvedených zdrojů působí imunomodulačně, antihypertenzně či antimikrobiálně.

Odstavená selata mají ve srovnání se sajícími selaty vyšší hodnoty pH vlivem omezení schopnosti produkce kyseliny chlorovodíkové. Vyšší hodnoty pH mají za následek snížení schopnosti pepsinu trávit efektivně bílkoviny. Přidání kyseliny chlorovodíkové není praktickou možností pro zlepšení trávení, z důvodu její korozivní vlastnosti. Snížení pH v žaludku nemá za následek pouze zlepšení stravitelnosti krmiva, ale také působí jako antimikrobiální bariéra. Suplementací alespoň jedné z těchto organických kyselin (mléčné, propionové, citrónové, mravenčí, fumarové či kaprylové) lze dosáhnout výše zmíněných účinků.

Probiotika a prebiotika, jsou velmi účinným prostředkem pro udržování či zlepšení složení střevního mikrobiomu. Přidání prebiotik do krmiva má za cíl snížit zánět ve střevě, podpořit růst prospěšných mikroorganismů a redukovat adhezi patogenních bakterií. Pozitivní vliv na zdraví střev mají také probiotika. Nejběžnějšími používanými probiotickými kmeny jsou *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, a *Saccharomyces cerevisiae*. V případě kombinace těchto dvou krmných aditiv mluvíme o tzv. symbiotikách.

Antimikrobiální, antioxidační a protizánětlivý účinek poskytují tzv. fyto-gení krmná aditiva, z nichž nejvýznamnější jsou esenciální oleje. Třemi nejúčinnějšími oleji proti patogenní *E.coli* dle několika studií je skořicový, hřebíčkový a tymiánový olej.

Krmnou směs pro odstavená selata lze také doplnit o krmné enzymy, kterými lze významně zvýšit stravitelnost. Široce rozšířeným trávicím enzymem je fytáza, která je běžně podávána ve 3 až 4násobném množství, než je doporučená dávka. Při použití dochází ke zvýšení stravitelnosti fosforu, vápníku a zinku v důsledku rozštěpení vazby mezi minerály a kyselinou fytovou. V důsledku zvýšené stravitelnosti minerálů je také eliminováno vylučování těchto prvků do okolního prostředí. Dále lze pro podporu trávení, střevní morfologie, imunitního systému a pro obnovu střevní rovnováhy použít například nukleotidy, deaktivátory mykotoxinů a bakteriofágy.

Závěr

Odstav od prasnice je rozhodujícím mezníkem života pro každé sele. Je uskutečňován, dle směrnice Rady EU 2008/120/ES, v minimálním věku 28 dnů. Pouze ve výjimečných případech, kdy je ohroženo zdraví prasnice či selat, je odstav možný dříve a to ve 21 dnech. K náročnosti odstavu přispívá několik aspektů, od psychosociálních faktorů, přes dietní změny až po morfofunkční změny v trávicím traktu. Přechod z tekutého krmiva na pevné poškozují klky, zhoršuje absorpci živin a sekreci trávicích enzymů. Tyto okolnosti následně vedou ke snížení rychlosti růstu, hladovění a těžké anorexii. Pozoruhodné účinky jsou také pozorovány v žaludku, kde je sekrece kyseliny chlorovodíkové nedostačující pro efektivní trávení bílkovin a ochranu proti patogenům. Navíc vlivem náhlého nedostatku protilátek z mateřského mléka a nedostatečně rozvinuté adaptivní imunity při odstavu dochází k zánětu. Všechny tyto skutečnosti mají škodlivý vliv na celkový zdravotní stav a poskytují ideální prostředí pro vznik průjmu po odstavu. Průjem je jedním z ekonomicky nejrelevantnějších podstavových onemocnění vzhledem k nákladům na terapii, zpomalenému růstu a zvýšené úmrtnosti. Hlavním původcem je enterotoxigenní *E.coli*, jejíž patogenita je podmíněná přítomností genů kódujících adheziny. Samotný průjem je však následně způsoben tepelně labilními a tepelně stabilními toxiny, které bakterie vylučuje do cílových střevních epitelárních buněk. Toxiny narušují těsné spojení, zvyšují sekreci elektrolytů a vody, a nakonec způsobují masivní průjem.

Navzdory velkým pokrokům v chovu prasat se chovatelé nezdálo potýkají s podstavovým průjmem u selat a jeho hlavním původcem bakterií *E.coli*. Při odstavu pro chovatele donedávna představovaly terapeutické hladiny ZnO jednu z hlavních strategií pro zvládnutí tohoto období, avšak vážné hrozby vyvstávající ze znečištění prostředí a narůstající počet rezistentních bakterií vedl k zákazu podávání takto vysokých dávek. Současnost bez podávání farmaceutických hladin ZnO vyžaduje nová alternativní řešení. Složitost hledání jedinečné náhrady ZnO spočívá v multifaktoriálním a víceúčelovém působení samotného ZnO. Bezproblémového odstavu lze dosáhnout kombinací několika strategií v managementu chovu a nutričních opatření, která se budou navzájem doplňovat.

Seznam použité literatury

Citace knihy

Horký, P., Šmerková, K., Kopel, P., Hynek, D., Kabourková, E., Bytešníková, Z., Kalhotka, L., Zeman, L., Nevrkla, P., Čáslavová, I., Václavková, E., Skládanka, J., Adam, V. (2017). *Metodika modifikace a syntézy nanokomplexů zinku pro dietní využití u hospodářských zvířat*. 1. vydání. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7509-535-0.

Jelínek, P. a Koudela, K. (2003). *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-644-1.

Mavromichalis, I. (2016). *Piglet nutrition notes – volume one*. 5M, Sheffield. ISBN 978-1-910455-62-3.

Mavromichalis, I. (2018). *Piglet nutrition notes – volume two*. 5M, Sheffield. ISBN 978-1-910455-62-3.

Zimmerman, J. J., Karriker, L. A., Ramirez, A., Schwartz, K. J., Stewenson, G. W., Zang, J. Z. (2019). *Diseases of swine*. John Wiley & Sons. ISBN 9781119350927.

Citace vědeckých publikací

Alexopoulos, J. G., Lines, D. S., Hallett, S., Plush, K. J. (2018). A Review of Success Factors for Piglet Fostering in Lactation. *Animals*, 8(3):38.

Anderson, C. J., Clark, D. E., Adli, M., Kendall, M. M. (2015). Ethanolamine signaling promotes Salmonella niche recognition and adaptation during infection. *PLOS Pathogens*, 11(11): e1005278.

Banker, N (2013) Adult intestinal stem cells: critical drivers of epithelial homeostasis and regeneration. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 15:19–33.

Berding, K., Wang, M., Monaco, M. H., Alexander, L. S., Mudd, A. T., Chichlowski, M., Waworunt, R. V., Berg, B. M., Miller, M. J., Dilger, R. N., Donovan, S. M.

(2016). Prebiotics and bioactive milk fractions affect gut development, microbiota, and neurotransmitter expression in piglets. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 63(6): 688–697.

Bian, G., Ma, S., Zhu, Z., Su, Y., Zoetendal, E. G., Mackie, R., Liu, J., Mu, C., Huang, R., Smidt, H., Zhu, W. (2016). Age, introduction of solid feed and weaning are more important determinants of gut bacterial succession in piglets than breed and nursing mother as revealed by a reciprocal cross-fostering model. *Environmental microbiology*, 18(5): 1566–1577.

Bonetti, A., Tugnoli, B., Piva, A., Grilli, E. (2021). Towards zero zinc oxide: feeding strategies to manage post-weaning diarrhea in piglets. *Animals*, 11(3): 643.

Boudry G., Péron V., Le Huërou-Luron I., Lallès J.P., Sève B., (2004). Weaning Induces Both Transient and Long-Lasting Modifications of Absorptive, Secretory, and Barrier Properties of Piglet Intestine. *The Journal of Nutrition*, 9: 2256–2262.

Bourlioux, P., Koletzko, B., Guarner, F., Braesco, V. (2003). The intestine and its microflora are partners for the protection of the host: report on the Danone Symposium “The Intelligent Intestine,” held in Paris, June 14, 2002. *The American journal of clinical nutrition*, 78(4): 675–683.

Burrough, E. R., De Mille, C., Gabler, N. K. (2019). Zinc overload in weaned pigs: Tissue accumulation, pathology, and growth impacts. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(4): 537–545.

Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1): 19.

Casanova, N. A., Redondo, L. M., Dailoff, G. C., Arenas, D., Mariano, E., Miyakawa, F. (2018) Overview of the role of Shiga toxins in porcine edema disease pathogenesis. *Toxicon*, 148(6): 149–154.

da Fonseca, A. F. V., Siqueira, R. L., Landers, R., Ferrari, J. L., Marana, N. L., Sambrano, J. R., La porta, L. F., Schiavon, M. A. (2018). A theoretical and experimental investigation of Eu-doped ZnO nanorods and its application on dye sensitized solar cells. *Journal of Alloys and Compounds*, 739: 939–947.

De Vos, M., Che, L., Huygelen V., Willems, S., Michiels, J., Cruchten, S., Ginneken, C. (2013). National interventions to prevent and rear low-birthweight piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(4):609-616.

Dou, S., Gadonna-Widehem, P., Rome, V., Hamoudi, D., Rhazi, L., Lakhel, L., Larcher, T., Bahi-Jaber, N., Pinon-Quintana, A., Guyonvarch, A., Huërou-Luron, I. L. E., Abdennebi-Najar, L. (2017). Characterisation of early-life fecal microbiota in susceptible and healthy pigs to post-weaning diarrhoea. *PloS one*, 12(1), e0169851.

Einarsson, S., Brandt, Y., Lundeheim, N., Madej, A. (2008) Stress and its influence on reproduction in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(1): 1–8.

Ferrari, C. V., Sardella, P. E., Bernardi, M. L., Coutinho, M. L., Vaz, I. S., Wentz, I., Bortolozzo, F. P. (2014). Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. *Preventive Veterinary Medicine*, 114(4):259–66.

Gibson, G. R. and Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6): 1401–1412.

Girard, M. and Bee, G. (2020). Invited review: Tannins as a potential alternative to antibiotics to prevent coliform diarrhea in weaned pigs. *Animal*, 14(1): 95–107.

Guevarra, R. B., Hong, S. H., Cho, J. H., Kim, B. R., Shin, J., Lee, J. H., Kang, B. N., Kim, Y. H., Wattanaphansak, S., Isaacson, R. E., Song, M., Kim, H. B. (2018). The dynamics of the piglet gut microbiome during the weaning transition in

association with health and nutrition. *Journal of animal science and biotechnology*, 9:1–9.

Guevarra, R. B., Lee, J. H., Lee, S. H., Seok, M. J., Kim, D. W., Kang, B. N., Johnson, T. J., Isaacson, R. E., Kim, H. B. (2019). Piglet gut microbial shifts early in life: causes and effects. *Journal of animal science and biotechnology*, 10(1): 1–10.

Hedemann, M. S., Jensen, B. B., Poulsen, H. D. (2006). Influence of dietary zinc and copper on digestive enzyme activity and intestinal morphology in weaned pigs. *Journal of animal science*, 84(12): 3310–332

Hedemann, M. S., Jensen, B. B. (2004). Variations in enzyme activity in stomach and pancreatic tissue and digesta in piglets around weaning. *Archives of Animal Nutrition*, 58:47–59.

Heo, J. M., Opapeju, F. O., Pluske, J. R., Kim, J. C., Hampson, D. J., Nyachoti, C. M. (2012) Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(2): 207–237.

Heo, P. S., Kim, D. H., Jang, J. Ch., Hong, J. S., Kim, Y. Y. (2018). Effects of different creep feed types on pre-weaning and post-weaning performance and gut development. *Asian-Australas journal animal sciences*, 31(12): 1956–1962.

Højberg, O., Canibe, N., Poulsen, H. D., Hedemann, M. S., Jensen, B. B. (2005). Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. *Applied and environmental mikrobiology*, 71(5): 2267–2277.

Hu, C. H., Song, Z. H., Xiao, K., Song, J., Jiao, L. F., Ke, Y. L. (2014). Zinc oxide influences intestinal integrity, the expressions of genes associated with inflammation and TLR4-myeloid differentiation factor 88 signaling pathways in weanling pigs. *Innate immunity*, 20(5): 478–486.

Cho, J. H., Upadhaya, D. S., Kim, I. H. (2014). Effects of dietary supplementation of modified zinc oxide on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, fecal microbial shedding and fecal score in weanling pigs. *Animal science journal*, 86: 617–623.

Isaacson, R. a Kim, H. B. (2012). The intestinal microbiome of the pig. *Animal health research reviews*, 13(1): 100–109.

Jensen, M. S.; Jensen, S. K.; Jakobsen, K. (1997). Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *Journal of Animal Science*, 75: 437–445.

Karasova, D., Crhanova, M., Babak, V., Jerabek, M., Brzobohaty, L., Matesova, Z., Rychlik, I. (2021). Development of piglet gut microbiota at the time of weaning influences development of postweaning diarrhea—a field study. *Research in veterinary science*, 135: 59–65.

Kim, H. B. a Isaacson, R. E. (2015). The pig gut microbial diversity: understanding the pig gut microbial ecology through the next generation high throughput sequencing. *Veterinary microbiology*, 177(3-4): 242–251.

Kolář, M. (2016). Interpretace bakteriální citlivosti/rezistence k antibiotikům. *Klinická mikrobiologie infekční lékařství*, 22: 105–109.

Laine, T. M., Lyytikäinen, T., Yliaho, M., Anttila, M. (2008). Risk factors for post-weaning diarrhoea on piglet producing farms in Finland. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(1): 1–11.

Lallès, J.P., Bosi, P., Smidt, H., Stokes, C.R., (2007). Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proceedings of the Nutrition Society*, 66(2): 260–268.

Markowiak, P. a Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut pathogens*, 10(1): 1–20.

Martinez-Puig, D., Manzanilla, E. G., Morales, J., Borda, E., Pérez, J. F., Piñeiro, C., & Chetrit, C. (2007). Dietary nucleotide supplementation reduces occurrence of diarrhoea in early weaned pigs. *Livestock Science*, 108(1-3): 276–279.

Middelkoop, A., Marwijk, M. A., Kemp, B., Bolhuis, E. (2019). Pigs like it varied; feeding behavior and pre- and post-weaning performance of piglets exposed to dietary diversity and feed hidden in substrate during lactation. *Frontiers in Veterinary Science*, 6: 408.

Modina, S. C., Polito, U., Rossi, R., Corino, C., & Di Giancamillo, A. (2019). Nutritional regulation of gut barrier integrity in weaning piglets. *Animals*, 9(12): 1045.

Moeser, A. J., Pohl, C. S., Rajput, M. (2017). Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition*, 3(4): 313–321.

Mou, Q., Yang, H. S., Yin, Y. L., Huang, P. F. (2019). Amino acids influencing intestinal development and health of the piglets. *Animals*, 9(6): 302.

Murugesan, G. R., Ledoux, D. R., Naehrer, K., Berthiller, F., Applegate, T. J., Grenier, B., Philips, T. D., Schatzmayr, G. (2015). Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry science*, 94(6): 1298–1315.

Newburg, D. S. a Walker, W. A. (2007). Protection of the neonate by the innate immune system of developing gut and of human milk. *Pediatric research*, 61(1): 2–8.

Nordmann, P. a Poirel, L. (2016). Plasmid-mediated colistin resistance: an additional antibiotic resistance menace. *Clinical Microbiology and Infection*, 22(5): 398–400.

Pearce, S. C., Sanz Fernandez, M. V., Torrison, J., Wilson, M. E., Baumgard, L. H., Gabler, N. K. (2015). Dietary organic zinc attenuates heat stress–induced changes in

pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of animal science*, 93(10): 4702–4713.

Pierron, A., Alassane-Kpembi, I., Oswald, I. P. (2016). Impact of two mycotoxins deoxynivalenol and fumonisin on pig intestinal health. *Porcine Health Management*, 2(1): 1–8.

Pluske, J. R., Turpin, D. L., & Kim, J. C. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2): 187–196.

Rhouma, M., Fairbrother, J. M., Beaudry, F., Letellier, A. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59: 1–19.

Sato, T., Matsui, T., Takita, E., Kadoyama, Y., Makino S., Kato, K., Sawada, K., Hamabata. (2013) Evaluation of recombinant forms of the shiga toxin variant stx2eb subunit and non-toxic mutant stx2e as vaccine candidates against porcine edema disease. *Journal of veterinary medical science*, 75(10): 1309–1315.

Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic animal endocrinology*, 19(2): 63–74.

Slifierz, M. J., Park, J., Friendship, R. M., Weese, J. S. (2014). Zinc-resistance gene CzcC identified in methicillin-resistant *Staphylococcus hyicus* isolated from pigs with exudative epidermitis. *The Canadian Veterinary Journal*, 55(5): 489.

Sloup, V., Jankovská, I., Nechybová, S., Peřinková, P., Langrová, I. (2017). Zinc in the animal organism: a review . *Scientia agriculturae bohemica*, 48(1): 13–21.

Snoeck, V., Huyghebaert, N., Cox, E., Vermeire, A., Saunders, J., Remon, J. P., Verschooten, F., Goddeeris, B. M. (2004). Gastrointestinal transit time of non-disintegrating radio-opaque pellets in suckling and recently weaned piglets. *Journal of Controlled Release* 94: 143–153.

Stokes, C. R. (2017) The development and role of microbial-host interactions in gut mucosal immune development. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1): 1–10.

Sumigray, K. D., Terwilliger, M., Lechler, T. (2018). Morphogenesis and compartmentalization of the intestinal crypt. *Developmental cell*, 45(2): 183–197.

Sun, Y. a Kim, S. W. (2017). Intestinal challenge with enterotoxigenic *Escherichia coli* in pigs, and nutritional intervention to prevent postweaning diarrhea. *Animal Nutrition*, 3(4): 322–330.

Taraban, F. a Taraban, A. (2019) Edema disease of swine: riview of pathogenesis. *Porcine research*, 9(1): 7–14.

Theil, P. K., Lauridsen, C., Quesnel, H. (2014). Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*, 8(7): 1021–1030.

Tims, S., Derom, C., Jonkers, D. M., Vlietinck, R., Saris, W. H., Kleerebezem, M., de Vos, W. M., Zoetendal, E. G. (2013). Microbiota conservation and BMI signatures in adult monozygotic twins. *The ISME journal*, 7(4): 707–717.

Wang, J., Zeng, L., Tan, B., Guangan, L., Huang. B., Xiong. X., Fengna. L., Xiangfeng. K., Gang. L., Ylong. Y. (2016). Developmental changes in intercellular junctions and Kv channels in the intestine of piglets during the suckling and post-weaning periods. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7: 1–10.

Wang, W., Van Noten, N., Degroote, J., Romeo, A., Vermeir, P., Michiels, J. (2019). Effect of zinc oxide sources and dosages on gut microbiota and integrity of weaned piglets. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 103(1): 231–241.

Weaver, A. C. a Kim, S. W. (2014). Supplemental nucleotides high in inosine 5'-monophosphate to improve the growth and health of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 92(2): 645-651.

Xiong, X., Tan, B., Song, M., Ji, P., Kim, K., Yin, Y., Liu, Y. (2019) Nutritional intervention for the intestinal development and health of weaned pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 6: 46.

Yang, Q., Huang, X., Zhao, S., Sun, W., Yan, Z., Wang, P., Li, S., Huang, W., Zhang, S., Liu, L., Gun, S. (2017). Structure and function of the fecal microbiota in diarrheic neonatal piglets. *Frontiers in microbiology*, 8: 502.

Yazdankhah, S., Rudi, K., Bernhoft, A. (2014). Zinc and copper in animal feed—development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial ecology in health and disease*, 25(1): 25862.

Yin, J., Li, X., Li, D., Yue, T., Fang, Q., Ni, J., Zhou, X., Wu, G. (2009). Dietary supplementation with zinc oxide stimulates ghrelin secretion from the stomach of young pigs. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 20(10): 783–790.

Zheng, L., Duarte, M. E., Sevarolli Loftus, A., Kim, S. W. (2021). Intestinal health of pigs upon weaning: Challenges and nutritional intervention. *Frontiers in Veterinary Science*, 8: 628258.

Zheng, L., Li, D., Li, Z. L., Kang, L. N., Jiang, Y. Y., Liu, X. Y., Chi, Y. P., Li, Y. Q., Wang, J. H. (2017). Effects of Bacillus fermentation on the protein microstructure and anti-nutritional factors of soybean meal. *Letters in Applied Microbiology*, 65(6): 520–526.

Citace článku ve sborníku z konference

Bak, J. L., Jensen, J., Larsen, M. M. (2015). Indhold og udvikling i kvadratnettet og måling på udvalgte brugstyper. In: *Belysning af kobber-og zinkindholdet i jord*. Aarhus Universitet, Aarhus, Denmark, pp. 159.

Hansen, C. F., Muller, R., Kanitz, E., Tuchscherer, M., Thorup, F. (2014). Manipulating Pig Production. *In proceedings of the Fourteenth Biennial Conference of the Australasian Pig Science Association*, Melbourne, Australia, pp. 24–27.

Časopisy

Bělková, J. (2022). Výživa selat od narození do odstavu. *Příloha měsíčníku Náš chov*, 82(6):20–21.

Grauer, P. (2022). Nestresujte zbytečně vaše selata, ušetříte. *Příloha měsíčníku Náš chov*, 82(6):24–25.

Jedlička, M. (2021) Informační servis pro chovatele prasat. *Náš chov*, 81(3): 25–26.

Marcinková, A. (2021) Výživa a pohoda pomáhají zvládnout odchov a odstav selat. *Náš chov*, 81(5): 60–61.

Popelář, D. (2021) Systém krmení mléčnými náhražkami. *Náš chov*, 81(11): 34–35.

Šperling, D., Vaňhara, J. (2020) Edémová choroba prasat. *Náš chov*, 80(8): 32–33.

Vangroenweghe, F. (2022). *Escherichia coli* a poodstavový průjem: příčiny, následky a prevence pomocí vakcinace. *Příloha měsíčníku Náš chov*, 82(6): 29–30.

Citace webových zdrojů

Geervliet, M. a Tijhaar, E. (2021). *A Window of Opportunity – How feed additives modulate the porcine gut microbiota and immune system in early life*. [online] Wageningen University and Research [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/article/a-window-of-opportunity-how-feed-additives-modulate-the-porcine-gut-microbiota-and-immune-system-in-early-life-3.htm>

Hansen, Ch. (2018). *Exploring the digestive tract of weaned piglets*. [online] Pig Progress [cit. 11. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/health-nutrition/exploring-the-digestive-tract-of-weaned-piglets/>

Havel, M., Vebr, V., Petrlík, J., Válek, P. (2010). *Zinek* [online] Arnika [cit. 14. 2. 2023]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/zinek>

Hoeltig, D. (2016). *Exploring the fragility of a piglet's gut* [online] Pig Progress [cit. 15. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/health-nutrition/exploring-the-fragility-of-a-piglets-gut/>

Jedlička, M. (2018). *Poodstavové průjmy a možnosti jejich řešení*. [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/poodstavove-prujmy-a-moznosti-jejich-reseni/>

Jedlička, M. (2021). *Blíží se zákaz používání oxidu zinku u selat*. [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/blizi-se-zakaz-pouzivani-oxidu-zinku-u-selat/>

Jedlička, M. (2022). *Jak nastartovat imunitu selat*. [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/jak-nastartovat-imunitu-selat/>

Jedlička, M. (2022). *Zákaz zinku pro selata v EU*. [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/zakaz-zinku-pro-selata-v-eu/>

Kerber, P. (2021). *Chov prasat welfare. Proč a jak*. [online] Agrofert [cit. 30. 12. 2022]. Dostupné z: https://www.agrofert.cz/sites/default/files/magazin/afm_let_2021_nahled_5.pdf

Kirianova, G. (2022). *Best feed practices to prepare piglets for weaning*. [online] Pig Progress [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/pigs/piglets/best-feed-practices-to-prepare-piglets-for-weaning/>

Lannoo, K. (2016). *Aromabiotic fighting the immunity gap* [online] Pig Progress [cit. 24. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/pigs/aromabiotic-fighting-the-immunity-gap/>

Mavromichalis, I. (2012). *Introduction to piglet nutrition: back to the basics*. [online] Pig Progress [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/specials/introduction-to-piglet-nutrition-back-to-the-basics/>

McOrist, S. (2014). *Escherichia coli infections in pigs (1 of 2)* [online] Pig333 [cit. 1. 3. 2023]. Dostupné z: https://www.pig333.com/articles/escherichia-coli-infections-in-pigs-1-of-2_9414/

McOrist, S. (2015). *Escherichia coli infections in pigs (2 of 2)* [online] Pig333 [cit. 1. 3. 2023]. Dostupné z: https://www.pig333.com/articles/escherichia-coli-infections-in-pigs-2-of-2_9457/

Mooser, A (2018). *Stress is bad for your body, but how? Studying piglets may shed light.* [online] The conversation [cit. 6. 12. 2022]. Dostupné z: <https://theconversation.com/stress-is-bad-for-your-body-but-how-studying-piglets-may-shed-light-97650>

Molist, F. (2021). *The impotence of a transition weaning diet.* [online] Pig Progress [cit. 2. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/health-nutrition/the-importance-of-a-transition-weaning-diet/>

Nechvátalová, K. a Kučerová, Z. (2010). *Průjmy po odstavu?* [online] Cymedica [cit. 16. 2. 2023]. Dostupné z: <https://cymedica.com/wp-content/uploads/2018/11/23066-Zinek-a-Colistin-letak.pdf>

O'Driscoll, K. (2021). *Improving the chances of piglet survival.* [online] Pig Progress [cit. 18. 10. 2022]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/pigs/improving-the-chances-of-piglet-survival/>

Sanjib, B., Dipankar, P. (2018). *The six different roles of zinc in pigs.* [online] Pig Progress [cit. 25. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/health-nutrition/the-six-different-roles-of-zinc-in-pigs/>

Sperling, D. (2022). *Oedema Disease and the zinc oxide ban* [online] Pig Progress [cit. 1. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.pigprogress.net/specials/oedema-disease-and-the-zinc-oxide-ban/>

Svoboda, M. (201). *Prevence anémie selat pomocí opakované injekční aplikace železa.* [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/prevence-anemie-selat-pomoci-opakovane-injekcni-aplikace-zeleza/>

Tvrzník, P., Zeman, L. (2005). *Stopové prvky ve výživě zvířat* [online] VÚŽV [cit. 1. 3. 2023]. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/tvrznik-Zeman-stopove-prvky-2005.pdf>

Vega, J. L. (2022). *The importance of a high-quality feed in the first feeding phases of pigs* [online] The Pig Site [cit. 24. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.thepigsite.com/articles/the-importance-of-a-high-quality-feed-in-the-first-feeding-phases-of-pigs>

Velechovská, J. (2019). *Kdy odstavit selata?*. [online] Náš chov [cit. 13. 10. 2022]. Dostupné z: <https://naschov.cz/kdy-odstavit-selata/>

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Vliv odstavu na zkrácení klků ve střevě selat před a po odstavu	14
Obrázek 4.1: Pokles koncentrace imunoglobulinů v mlezivu po dobu 72 hodin po porodu	17
Obrázek 4.2: Mezera v imunitě v období odstavu	18
Obrázek 5.1: Průběh infekce a patogenního působení <i>E.coli</i>	21

Seznam použitých zkratek

Co – kobalt

Cu – měď

DON – Deoxynivalenol

E.coli – *Escherichia coli*

EHEC – enterohemoragická *Escherichia coli*

EIEC – enteroinvazivní *Escherichia coli*

EPEC – enteropatogenní *Escherichia coli*

ETEC – enterotoxigenní *Escherichia coli*

g – gram

GIT – gastrointestinální trakt

h – hodin

Ig – imunoglobulin

mg – miligramy

MHC – major histocompatibility complex

ml – mililitr

Mn – mangan

Ni – nikl

ppm – parts per million

PWD – post weaning diarrhea

STEC – shigatoxigenní *Escherichia coli*

Zn – zinek

ZnO – oxid zinečnatý
