

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Fermentované krmiva pro výkrm prasat

Bakalářská práce

Petra Čejková

**Chov hospodářských zvířat
doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.**

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Fermentované krmiva pro výkrm prasat" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala **doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D.** za pomoc, cenné rady a odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala **Ing. Kateřině Zadinové, Ph.D.** za pomoc a asistenci u provedení mého výzkumu v laboratoři. Poděkování patří i mým rodičům, kteří mě podporovali a byli mi oporou po celou dobu studia.

Fermentované krmiva pro výkrm prasat

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá fermentovaným tekutým krmivem, jeho výrobou, komponenty a následným vlivem na výkrm prasat. V práci jsou popsány jednotlivé druhy fermentovaného tekutého krmiva a vliv na trávicí ústrojí a mikrobiotu vykrmovaných prasat.

V práci je popsána anatomie trávicího traktu a fyziologie trávení. Dále jsou definovány jednotlivé krmné komponenty a vybraná aditiva, která ovlivňují trávení.

Dále je v práci popsán rozdíl mezi jednotlivými způsoby fermentace. Byly uvedeny vlivy, které mohou ovlivnit kvalitu a úspěšnost fermentace, jako je teplota fermentace, fáze fermentace nebo použité inokulum. Také byly uvedeny žádoucí vlastnosti fermentovaných tekutých krmiv. V práci byl popsán postup fermentace, technika a technologie krmení a jejich výhody a nevýhody.

V závěru rešerše jsou uvedeny vlivy na trávicí trakt prasat, na jejich střevní mikrobiotu a jednotlivé výhody a nevýhody při zkrmování fermentovaného tekutého krmiva.

Cílem experimentální části práce bylo ověřit spolehlivost průběhu fermentace při různých podmínkách. Byl ověřován vliv teploty na počátku fermentace při zaočkování inokulem a dále různé komponenty, především různé koncentrace sójového a řepkového extrahovaného šrotu.

Byl popsán postup přípravy jednotlivých vzorků a jejich měření. Dále bylo uvedeno složení jednotlivých krmných komponent ve vzorcích. Pracovalo se s ječmenem ošetřeným, ječmenem neošetřeným, pšenicí, triticales, sójovým šrotem a řepkovým šrotem. Bylo použito inokulum Dr. FERM RS-L HEALTH, které obsahuje bakterie *Lactobacillus plantarum* a *Enterococcus faecium*.

U všech fermentací došlo k poklesu pH pod požadovanou hodnotu, proto je považujeme za úspěšné. Fermentace s neošetřeným ječmenem měly vyšší počáteční pH. Průměrné pH po 48 hodinách fermentace, bylo nižší u vzorků se sójovým šrotem.

Klíčová slova: Prase, fermentace, fermentované krmení, krmné komponenty, trávicí trakt

Fermented liquid feed for pigs

Summary

The bachelor thesis deals with fermented liquid feed, its production, components and subsequent effect on pig fattening. The thesis describes the different types of fermented liquid feed and the effect on the digestive tract and microbiota of fattened pigs.

The anatomy of the digestive tract and the physiology of digestion are described in this thesis. Furthermore, the different feed components and selected additives that influence digestion are defined.

Furthermore, the difference between the different methods of fermentation is described. Influences that can affect the quality and success of fermentation, such as fermentation temperature, fermentation phase or inoculum used, have been listed. Also, the desirable properties of fermented liquid feeds were listed. The fermentation process, technique and feeding technology and their advantages and disadvantages were described in the thesis.

The research concluded with the effects on the digestive tract of pigs, their gut microbiota and the various advantages and disadvantages of feeding fermented liquid feed.

The aim of the experimental part of the work was to verify the reliability of the fermentation process under different conditions. The effect of temperature at the beginning of fermentation during treatment with inoculum and different components, especially different concentrations of soy and canola extracted meal, were verified.

The procedure for the preparation of the different samples and their measurements were described. The composition of the different feed components in the samples was also presented. Treated barley, untreated barley, wheat, triticale, soybean meal and canola meal were used. Dr. FERM RS-L HEALTH inoculum containing *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium* was used.

All fermentations resulted in a decrease in pH below the desired value and are therefore considered successful. Fermentations with untreated barley had a higher initial pH. The average pH after 48 hours of fermentation, was lower for samples with soybean meal.

Keywords: Pig, fermentation, fermented feed, feed components, digestive tract

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Gastrointestinální trakt prasat	11
3.1.1 Žaludek	11
3.1.1.1 Trávení v žaludku	11
3.1.2 Tenké střevo.....	11
3.1.2.1 Trávení v tenkém střevě	12
3.1.2.2 Vstřebávání živin v tenkém střevě	12
3.1.3 Tlusté střevo.....	12
3.1.3.1 Trávení v tlustém střevě	12
3.2 Živiny v krmivu	12
3.3 Krmné komponenty	13
3.3.1 Krmné enzymy.....	13
3.3.2 Organické a anorganické kyseliny	13
3.3.3 Probiotika.....	14
3.3.4 Prebiotika	14
3.3.5 Byliny a bylinné extrakty.....	15
3.3.6 Antibiotika	15
3.4 Tekuté krmivo	15
3.4.1 Čerstvá tekutá krmiva	16
3.4.2 Fermentovaná tekutá krmiva	16
3.5 Fermentovaná tekutá krmiva.....	16
3.5.1 Fáze fermentace	17
3.5.2 Fermentace kompletních krmiv	17
3.5.3 Fermentace zrnové frakce	17
3.5.4 Spontánní fermentace	18
3.5.5 Backslipping fermentace (zpětné kvašení)	18
3.5.6 Způsoby krmení fermentovaných tekutých krmiv	19
3.5.7 Sanitace systému tekutých krmiv	20

3.5.8	Vlivy na fermentaci	20
3.5.8.1	Teplota fermentace	20
3.5.8.2	Fáze fermentace.....	21
3.5.8.3	Inokulum	21
3.5.9	Žádoucí vlastnosti fermentovaných tekutých krmiv.....	21
3.5.10	Vliv na užitkovost prasat	22
3.6	Vliv fermentovaných tekutých krmiv	22
3.6.1	Vliv na GIT prasat	22
3.7	Výhody fermentovaných tekutých krmiv	23
3.7.1	Hlavní výhody fermentovaných tekutých krmiv	23
3.7.2	Praktické výhody	23
3.7.3	Vedlejší výhody	24
3.8	Nevýhody fermentovaných tekutých krmiv	24
4	Metodika	25
4.1	Vliv komponent na pH.....	25
4.1.1	Příprava vzorků.....	25
4.2	Vliv počáteční teploty fermentace na její průběh a kvalitu	26
5	Výsledky.....	27
5.1	Vliv komponent na pH.....	27
5.2	Vliv počáteční teploty na pH.....	28
6	Diskuze	30
7	Závěr	31
8	Literatura.....	32

1 Úvod

Tato vědecká práce se zaměřuje na význam chovu prasat a využití fermentovaných krmiv jako možnosti optimalizace krmné dávky. Chov prasat představuje důležitý odvětví zemědělství, zejména v produkci vepřového masa, které má významný ekonomický dopad. Správná výživa zvířat je klíčová pro dosažení maximální produkce, zdraví zvířat a zajištění kvalitního masa. Dalším významným prvkem ve výživě prasat je zvolení vhodné techniky a technologie krmení.

V poslední době se stále více uplatňují fermentovaná krmiva, která přinášejí mnoho výhod v porovnání s tradičními krmivy. Tyto výhody zahrnují zlepšení využitelnosti živin, zvýšení trvanlivosti krmiv a ovlivnění mikrobiálního složení trávicího traktu zvířat.

Fermentovaná krmiva sebou nesou ale řadu nevýhod, které mohou být způsobeny i špatným procesem fermentace. Tyto nevýhody zahrnují, snížení chutnosti krmiva, ztrátu základních živin nebo vznik onemocnění gastrointestinálního traktu prasat.

2 Cíl práce

Cílem práce je vytvoření literární rešerše popisující problematiku výživy prasat, složení krmné dávky. Podrobně bude popsána problematika fermentovaných krmiv a podmínky řízené fermentace. Bude ověřena schopnost řízené fermentace u komponent používaných pro výkrm prasat. Dále bylo cílem ověřit podmínky fermentace při teplotách 25 °C, 37 °C, 45 °C, 48°C.

3 Literární řešerše

3.1 Gastrointestinální trakt prasat

Gastrointestinální trakt prasat je velmi složitý, dynamický a neustále se měnící orgán, například u mladých prasat v době odstavu prochází rychlými změnami velikosti, množství mikrobioty. Dochází k rychlým a výrazným změnám v trávení, absorpčních, bariérových a imunitních funkcí. Optimálně fungující gastrointestinální trakt (GIT) má jednoznačně velký význam pro celkový metabolismus, fyziologii, chorobný stav a užitkovost prasat ve všech fázích růstu a vývoje (Pluske et al. 2018).

Trávicí ústrojí prasete je všežravého typu, což znamená, že jeho střevo je schopno zpracovat jak živočišnou, tak i rostlinou potravu, nikoliv však celulózu (Stupka et al. 2013).

3.1.1 Žaludek

Žaludek prasete je jednodukomorový a má obsah 2 – 6 litrů. Dochází zde k promísení potravy, vzniku tráveniny a produkci žaludeční šťávy (2 l za den). Potrava bohatá na tuky zůstává v žaludku 5 – 7 hodin, na bílkoviny 4 – 6 hodin a na sacharidy 3 – 4 hodiny (Stupka et al. 2013).

3.1.1.1 Trávení v žaludku

V žaludku začíná trávení. Vnitřní povrch žaludku je pokryt sliznicí s různými typy žaludečních žlázek. Žaludeční žlázy obsahují buňky hlavní, krycí a vedlejší. Všechny vedlejší buňky produkují hlen, buňky hlavní pepsinogen a buňky krycí vylučují kyselinu chlorovodíkovou (Reece 2011).

Žláznatá sliznice fundální a pylorická produkuje čirou, opaleskující žaludeční šťávu o pH 1 – 2 díky vysokému obsahu volné a vázané HCL. Žaludeční šťáva obsahuje anorganické látky (Na, K, Ca, Mg, Fe, sírany, fosforečnany) a organické látky ve formě enzymů (erepsin, pepsin, chymozin, peptidázu, lipázu, mucin) (Stupka et al. 2013).

3.1.2 Tenké střevo

Tenké střevo navazuje na vrátník žaludku a skládá se z dvanáctníku, lačníku (který je nejdelší) a kyčelníků. Do dvanáctníku ústí žlučovod a slinivkový vývod. Kyčelník tvoří poslední úsek, který ústí do slepého střeva. Celková délka tenkého střeva je 15 – 20 metrů, a utváří četné kličky (Marvan 2017).

Vnitřní povrch tenkého střeva je pokryt sliznicí. Podslizniční vrstvu představuje pojivová tkáň, kde jsou lokalizována nervová vlákna, krevní a mízní cévy. Navíc je v podslizniční vrstvě řídká vrstva hladké svaloviny, která způsobuje, že střevní sliznice vytváří řasy. Řasy zvětšují vnitřní povrch střeva, pohybují se a mění tvar. Pod podslizniční vrstvou jsou vrstvy podélné a kruhové hladké svaloviny. Svaly této svaloviny umožňují promíchávání a posun tráveniny ve střevě (Reece 2011).

3.1.2.1 Trávení v tenkém střevě

Tenké střevo je nejdůležitější úsek pro trávení a vstřebávání (Marvan 2017). Promíchání a trávení živin probíhá ve dvanáctníku. Hlavní štěpení živin probíhá v lačníku a kyčelníku pomocí žluče, pankreatické a střevní šťávy. Pankreatická šťáva obsahuje trypsin, který štěpí bílkoviny na polypeptidy a oligopeptidy, dále pak pankreatickou lipázu, amylázu a maltázu. Pankreatická lipáza štěpí tuky na glyceroly a mastné kyseliny. Pankreatická amyláza štěpí polysacharidy na glukózu a maltáza štěpí maltózu na glukózu. Střevní šťáva obsahuje erepsin, který štěpí bílkoviny na aminokyseliny, lipázu a amylázu (Stupka et al. 2013).

3.1.2.2 Vstřebávání živin v tenkém střevě

Vstřebávání živin se realizuje epitelovými buňkami sliznice ze střeva do krve či mízy jak pasivně, tak aktivně. Minerální látky se vstřebávají pomaleji než jiné živiny (Stupka et al. 2013).

3.1.3 Tlusté střevo

Tlusté střevo začíná slepým střevem, na které navazuje tračník a je zakončeno konečníkem. Průměrná délka tlustého střeva je 5 metrů (Marvan 2017).

3.1.3.1 Trávení v tlustém střevě

V tlustém střevě se zbylé, nevyužité živiny tráví působením enzymů mikroflóry, která se zde může díky neutrálnímu prostředí silně množit. Probíhá zde tedy rozklad a částečné trávení hrubé vlákniny, jakož i vstřebávání vody a elektrolytů, čímž se obsah značně zahušťuje (Stupka et al. 2013).

3.2 Živiny v krmivu

Z funkčního hlediska se živiny dělí na stavební, energetické, neenergetické a specifické. Ze stavebních živin si organismy vytvářejí novou tělní hmotu. Patří sem především dusíkaté látky, makroprvky a voda. Při odbourávání energetických živin se uvolňuje energie, která se využívá k energetickým procesům, pohybu a tvorbě tuku. K energetickým živinám se řadí sacharidy a nadbytečné dusíkaté látky. Mezi neenergetické živiny patří voda a minerální látky. Specifické živiny katalyzují, regulují, chrání a stimulují látkový a energetický metabolismus v buňkách. Řadíme sem vitamíny, enzymy, hormony, mikroprvky a řadu dalších (Stupa et al. 2013).

Z hlediska významu dělíme živiny na esenciální a neesenciální. Esenciální živiny jsou k životu nezbytné, zvíře je neumí samo syntetizovat, a proto je potřeba dodávat je v krmivu. Neesenciální živiny jsou v krmivu postradatelné (Kodeš et al. 2001).

Odhaduje se, že z živin o výši užítkovosti prasat rozhoduje z poloviny energetická hodnota krmiva, z třetiny kvalita jeho dusíkaté složky a ze zbytku ostatní faktory (Stupka et al. 2013)

3.3 Krmné komponenty

V současném chovu prasat lze genetického potenciálu finálních hybridů, docílit za předpokladu dodržení dobrých životních podmínek a přesné výživy. Za účelem dosažení tohoto cíle je z hlediska výživy nutné obohatit krmné dávky doplňkovými látkami. Mezi doplňkové látky používané ve výživě prasat patří: např. krmné enzymy, organické kyseliny, probiotika a byliny a jejich složky. Tyto látky mohou zlepšit nutriční hodnotu krmné dávky, doplnit nedostatek živin, podpořit trávicí procesy a mít příznivý vliv na vývoj střevní mikroflóry (Radzikowski & Milczarek 2021).

3.3.1 Krmné enzymy

Krmné enzymy jsou deriváty fermentace plísní, hub a bakterií (Radzikowski & Milczarek 2021). Hlavním cílem používání exogenních krmných enzymů ve výživě prasat, bylo zlepšení nutričních hodnot krmiva (Lange et al. 2010).

Použití enzymatických přípravků v krmivech pro prasata je nejvíce opodstatněné ve výživě selat, z důvodu nedostatečné výživy a vývoje jejich enzymatického systému a nestálosti jejich střevní mikroflóry. Nízká enzymatická aktivita v GIT mladých prasat způsobuje špatné trávení a konverzi krmných složek, které se tak stávají prostředím pro růst patogenních mikroorganismů ve střevech a vyvolávají průjem (Radzikowski & Milczarek 2021).

Kromě vlákniny nejsou monogastrická zvířata schopna trávení fytátů, tříslovin a antinutričních látek, umožňuje to v malém množství pouze bakteriální flóra ve slepém a tlustém střevě. Proto bychom měli používat nejkvalitnější krmiva, která jsou dobře stravitelná a s relativně nízkým obsahem vlákniny. Výsledky četných studií naznačují, že správně cílené krmné enzymy přidávané do krmiva, mohou významně snížit výrobní náklady a umožnit využití i špatně stravitelných surovin (Radzikowski & Milczarek 2021). Kromě lepšího využití živin, mohou enzymy zlepšit užitek mladých prasat produkcí různých produktů hydrolyzy polysacharidů, které mají přímý vliv na zdraví střev tím, že ovlivňují růst gastrointestinálních mikroorganismů (Pluske et al. 2002).

3.3.2 Organické a anorganické kyseliny

Organické kyseliny/konzervační látky jsou látky zabraňující kažení krmiva, potlačující růst mikroorganismů bakterií a plísní v krmivu během skladování. Mají také příznivý vliv na funkci trávicího traktu a kvalitu krmiva. Organické kyseliny snižují jak pH krmiva, tak i pH v GIT prasat, což zabraňuje vzniku kyselých látek a růstu patogenních bakterií. Použití konzervačních látek v krmivech, je nejvíce významné u mladých zvířat, která jsou nejcitlivější k nemocem (Radzikowski & Milczarek 2021). Hansen et al. (2007) prokázali, že organické kyseliny v krmné dávce zlepšují přírůstky hmotnosti, snižují konverzi krmiva a mají stimulační účinek na mikroflóru v GIT, tím, že zabraňují růstu patogenů a snižují úmrtnost selat. (Balasubramanian et al 2016) zaznamenali, že kyseliny přidávané do krmiv pro kojící prasnice, zlepšili konverzi a stravitelnost krmiva u prasnic a posílili zdraví jejich selat. Z organických kyselin jsou z hlediska vlivu na fyziologii zvířat zvláště zajímavé kyseliny mléčná a máselná. Kyselina mléčná má antimikrobiální vlastnosti a stimuluje růst endogenních enzymů (Lange et al. 2010).

Kyselina máselná je preferovaným zdrojem energie pro enterocyty a bylo prokázáno, že je účinná při zvyšování proliferace střevních buněk (Kien et al. 2007).

Pozitivní účinky zkrmování kyselin prasatům na zdraví a vývoj střev a nepřímo na zdraví a užitkovost prasat lze přičíst různým faktorům, mezi něž patří: 1) antimikrobiální aktivita nedisociovaných organických kyselin; 2) snížení pH tráveniny, zejména v žaludku, což napomáhá trávení bílkovin; 3) snížení rychlosti vyprazdňování žaludku; 4) stimulace produkce a aktivity (pankreatických) enzymů v tenkém střevě a 5) poskytování živin, které jsou preferované střevní tkání, čímž se zvyšuje integrita a funkce sliznice (Lange et al. 2010).

3.3.3 Probiotika

Probiotika jsou krmné doplňky obsahující správně vybrané bakterie přirozeně se vyskytující ve střevech, které se v nich usadí po příjmu s krmivem. Jsou vyráběny za použití bakterií mléčného kvašení. Probiotika jsou obzvláště účinná, pokud je homeostáza mikroflóry v GIT narušena. Mezi hlavní účinky patří změna pH ve specifických úsecích GIT v důsledku organických kyselin, které produkují mikroorganismy. Probiotické přípravky lze také doplnit o kvasinky, vitamíny a imunoglobuliny. Kvasinky mají pozitivní vliv na zdraví a produktivitu zvířat ale nejsou schopna se usadit v trávicím traktu, na rozdíl od bakterií mléčného kvašení. Činnost kvasinek se vyznačuje velkým spektrem účinků například: přiléhají ke střevnímu epitelu a zabraňují hnízdění a rozmnožování patogenních mikroorganismů, snižují pH, stimulují lymfocyty, zvyšují aktivitu imunoglobulinů a vytvářejí bariéry proti invazi patogenních mikroorganismů (Radzikowski & Milczarek 2021).

3.3.4 Prebiotika

Prebiotika jsou média stimulující růst a rozvoj prospěšné gastrointestinální mikroflóry a tím vytlačují potencionálně škodlivé bakterie. Prebiotika podléhají selektivní a rychlé bakteriální fermentaci v dalších částech GIT, kde stimulují růst bakterií mléčného kvašení (Radzikowski & Milczarek 2021). Gyawali et al. (2015) tvrdí, že tyto látky stimulují růst prospěšných mikroorganismů ve zvířatech a zkrmované kojícím prasnicím přispívají k produkci mléka obohaceného o probiotika. Prebiotika obsahující fruktooligosacharidy (FOS), které mají příznivý vliv na vývoj GIT selat, snižují výskyt průjmů po odstavu a přispívají k rozšíření střevních klků, čímž zvyšují jejich počet (Radzikowski & Milczarek 2021). Pro nově odstavená selata jsou obecně považována za poměrně jednoduchý přístup ke zlepšení složení a funkčnosti mikrobioty tenkého i tlustého střeva (Bauer et al 2006). Prebiotika jsou obecně levnější, méně riziková a snadněji se s nimi manipuluje. Kombinace prebiotik s probiotiky (symbiotika) může zvýšit účinnost probiotických účinků na zdravé střev u čerstvě odstavených selat (Lange et al. 2010).

3.3.5 Byliny a bylinné extrakty

Byliny a bylinné extrakty (fytobiotika) se používají pro léčbu nemocí jak u lidí, tak u zvířat. Byliny a éterické oleje se používají ve výživě prasat díky jejich antibakteriálnímu, protizánětlivému, antioxidačnímu a antiparazitickému účinku. Studie o použití bylin u prasat ukázaly mnoho pozitivních výsledků například: zlepšení chuti krmiva, zvýšení příjmu krmiva a regulace trávicích a metabolických procesů. Přídavek správně zvolených bylin přidávaných prasnicím může mít příznivý vliv na složení mléka i zdravotní stav prasnic a přežití nově narozených selat (Radzikowski & Milczarek 2021).

3.3.6 Antibiotika

Antibiotika se v živočišné výrobě používali více než 50 let a praxe podávání antibiotik jako stimulantů růstu se stala nedílnou součástí vývoje výživových strategií pro prasata (Close 2000). Je dobře zdokumentováno, že antibiotické stimulanty růstu (AGP) zlepšují parametry růstu a snižují výskyt průjmů a mortalitu (Weber et al. 2001). V průměru se při použití AGP zlepší rychlost růstu u odstavených prasat o 16,4 %, u rostoucích prasat o 10,6 % a u rostoucích prasat ve výkrmu o 4,2 %. Stejně tak se u odstavených prasat zlepší efektivita krmení v průměru o 6,9 %, u rostoucích prasat o 4,5 % a u prasat ve výkrmu o 2,2 %. Snížení mortality je výraznější za podmínek vysoké nemocnosti mladých prasat než za podmínek vysokého zdraví (Kil & Stein 2010). Obecně se má za to, že příznivé účinky AGP jsou důsledkem potlačení některých patogenních bakterií v trávicím traktu zvířete, zvýšené využitelnosti krmiva a stimulace metabolických procesů v celém organismu zvířete, i když přesné mechanismy, kterými AGP ovlivňují užitkovost prasat, nejsou zcela objasněny (Doyle 2001).

Navzdory pozitivnímu vlivu AGP na užitkovost prasat, existují obavy, že používání AGP v krmivech může vést k rozvoji bakteriálních kmenů rezistentních vůči antibiotikům a k problémům s rezidui antibiotik v živočišných produktech. Rovněž se předpokládá, že tyto kmeny rezistentní vůči antibiotikům mohou být přeneseny na člověka, což může zhoršit účinnost některých antibiotik při léčbě lidských onemocnění. V důsledku těchto obav bylo v Evropské unii ukončeno používání AGP ve výživě prasat a podobný přístup byl navržen i pro Spojené státy. Ukončení používání AGP však může snížit užitkovost a zvýšit terapeutické používání antibiotik, protože zejména střevní onemocnění je obtížné kontrolovat bez použití antibiotik v krmivu (Kil & Stein 2010).

3.4 Tekuté krmivo

Tekutým krmivem se rozumí směs suchých krmných komponentů (obilovin, zdrojů bílkovin a premixů obsahujících vitamíny, minerální látky, syntetické aminokyseliny a další krmné přísady) kombinované buď s vodou nebo tekutými vedlejšími produkty potravinářského průmyslu (např. mlékárenskými a lihovarnickými vedlejšími produkty) v míchací nádrži v předem definovaném poměru voda: krmivo (Cullen 2021).

Mezi dva hlavní typy tekutých krmiv patří čerstvá tekutá krmiva a fermentovaná tekutá krmiva (FLF) (Cullen 2021).

3.4.1 Čerstvá tekutá krmiva

Čerstvé tekuté krmivo je charakterizováno jako čerstvé, pokud je celá strava smíchána s vodou nebo tekutými vedlejšími produkty, obvykle v poměru 1:1,5 až 1:1,4 bezprostředně před zkrmováním. Je však dobře zdokumentováno, že po zahájení míchání dochází u čerstvých tekutých krmiv k určitému stupni neúmyslné „spontánní“ fermentace (Cullen 2021).

Vzhledem k výskytu neúmyslné spontánní fermentace je pravděpodobné, že mnoho chovatelů, kteří chtějí krmit čerstvé tekuté krmivo, v praxi krmí krmivem, v němž došlo k určitému stupni fermentace v průběhu krmného oběhu. To je zejména případ krátkého krmného žlabu, kde krmivo zůstává ve žlabech, dále fermentuje a slouží jako inokulum pro čerstvě dodané krmivo. Negativní dopad této fermentace na nutriční kvalitu krmiva se projevil sníženým obsahem lyzinu, metioninu, threoninu a hrubé energie ve zbytkovém krmivu (O'Meara et al. 2020).

Tato spontánní fermentace je pravděpodobně urychlena inokulací zbytků krmiva, které zůstaly z předchozí dávky krmiva. Navíc časová prodleva mezi podáním krmiva a skutečnou konzumací přispěla ke špatné mikrobiální kvalitě (Cullen 2021).

3.4.2 Fermentovaná tekutá krmiva

Fermentovaná tekutá krmiva jsou záměrně fermentována, a to buď s použitím mikrobiálního inokulantu, nebo bez něj. Voda nebo tekuté vedlejší produkty se smíchají s celou dietou (nebo pouze s obilnou frakcí) v podobném poměru jako čerstvá tekutá krmiva a směs se nechá určitou dobu před zkrmováním fermentovat. V případě fermentace obilné frakce se přidávají zbývající složky diety těsně před zkrmováním (Missoten et al. 2010).

Běžnou metodou výroby fermentovaných tekutých krmiv je smíchání čerstvého krmiva a tekutiny s podílem z dříve úspěšně proběhlé fermentace, tento proces je známý jako „backslopping“ (Cullen 2021).

3.5 Fermentovaná tekutá krmiva

Využití mikrobiální fermentace ke konzervaci nebo zlepšení potravin není nové, po tisíce let se fermentované potraviny a nápoje významně podílejí na stravě lidí a zvířat. Zájem o fermentaci krmiv pro zlepšení užitkovosti selat a prasat prudce vzrostl, po oznámení plánovaného zákazu používání antibiotik jako antimikrobiálních stimulatorů růstu v krmivech pro prasata (Missoten et al. 2010).

Díky fyzikálně-chemickým změnám mají substráty lepší nutriční hodnotu a jsou lépe stravitelné střevní mikroflórou, čímž se zlepšuje využití živin. Kvalita fermentovaných krmiv se značně liší v závislosti na použitých mikrobech, faktorech prostředí a výrobní technice (Wang et al. 2018).

Fermentované tekuté krmivo je krmivo smíchané s vodou v poměru 1:1,5 až 1:4. Smícháním s vodou se množí bakterie mléčného kvašení a bakterie přirozeně se vyskytující v krmivu a produkují kyselinu mléčnou, kyselinu octovou a etanol, čímž dochází k snížení pH směsi. Toto snížení pH brání rozvoji patogenních organismů v krmivu. Zkrmováním této směsi s nízkým pH dochází ke snížení pH v žaludku prasat a tím se zabraňuje množení patogenních bakterií, které se v něm vyskytují. Pro selata je podávání fermentovaného krmiva výhodné,

umožňuje podávání krmiva a vody současně, což může usnadnit přechod od prasnice k pevnému krmivu. Bylo prokázáno, že zkrmování fermentovaných tekutých krmiv prasatům zlepšuje užitek kojících prasníc, odstavených prasat a prasat ve výkrmu (Missoten et al. 2015).

Aby bylo možné úspěšně kontrolovat vývoj patogenních organismů musí fermentovaná tekutá krmiva obsahovat dostatečné množství kyseliny mléčné. Kyselina mléčná může vzniknout spontánní fermentací nebo naočkováním krmiva bakteriemi mléčného kvašení před fermentací (Missoten et al. 2015).

Fermentované tekuté krmivo se obvykle připravuje spontánní fermentací nebo zařazením krmné směsi s kulturou bakterií mléčného kvašení (LAB) jako inokula (Missoten et al. 2010). Celkově ale literatura naznačuje, že nekontrolovaná spontánní fermentace čerstvého tekutého krmiva přispívá ke snížení mikrobiální a nutriční kvality, a je tedy třeba zavést strategie ke zlepšení kvality krmiva (Cullen 2021).

3.5.1 Fáze fermentace

Od okamžiku smíchání krmiva a vody existuje možnost, že začne fermentace (Missoten et al. 2010). Podle Canibeho a Jensena (2003) je počáteční fáze fermentace charakterizována nízkým obsahem LAB, kvasinek, kyseliny mléčné a vysokým pH. Po této fázi následuje druhá fáze, v níž je dosaženo ustáleného stavu a která se vyznačuje vysokým obsahem bakterií mléčného kvašení, kvasinek, kyseliny mléčné a nízkým počtem enterobakterií a pH.

Nedávno Brooks (2008) dále rozdělil počáteční fázi na fázi 1, ve které vysoké pH umožňuje množení koliformních bakterií, a fázi 2, v níž růst a fermentace LAB inhibuje patogenní a kazivé organismy produkcí organických kyselin (zejména kyseliny mléčné), peroxidu vodíku a bakteriocinů, jakož i snížením pH a redoxního potenciálu. Ve fázi 3, fázi ustáleného stavu, se populace LAB a pH stabilizují, ale v průběhu času se koncentrace kvasinek v krmivu může dále zvyšovat (Missoten et al. 2010).

3.5.2 Fermentace kompletních krmiv

Fermentace kompletních krmiv je nejjednodušší způsob výroby fermentovaných tekutých krmiv ale tato metoda může být spojena s některými problémy. Proces kvašení může způsobit ztrátu základních živin, jako jsou třeba vitamíny a aminokyseliny, zejména ty syntetické, které mohou být do krmiva přidány (Missoten et al. 2010).

3.5.3 Fermentace zrnové frakce

Zrna jsou konzistentnějším produktem pro fermentaci ve srovnání s kompletním krmivem obsahujícím více složek (Brooks et al. 2003). Beal et al. (2005) však uvádí, že spontánní fermentace zrna často nestačí k výrobě fermentovaného tekutého krmiva s žádanými vlastnostmi. Je tedy nutná inokulace kmenem LAB, zejména s ohledem na to, že při fermentaci bude muset vzniknout více kyseliny mléčné, aby se kompenzoval zředovací a pufovací účinek ostatních složek krmiva při výrobě kompletního krmiva (Brooks 2008). Fermentace obilovin často vede k rychlejší fermentaci, protože obiloviny mají nižší pufrací kapacitu než krmné směsi (Canibe & Jensen 2012).

3.5.4 Spontánní fermentace

Spontánní fermentace se nejčastěji provádí pomocí vsádkové fermentace, při které se směs krmiva a vody fermentuje bez výměny částí fermentovaného tekutého krmiva (Schollten et al. 2002). Výhodou je, že fermentaci lze snáze kontrolovat a v případě nežádoucího kvašení je zničena pouze jedna dávka krmiva (Brooks 2003). Nedávno Brooks (2008) také navrhl, že várková fermentace může být vhodnější pro zachování probiotického účinku přidaných kmenů než technika zpětného kvašení. Vsádková fermentace však může trvat několik dní, než se vyrobí kvalitní fermentované krmivo (Missoten et al. 2015).

Spontánní fermentace není vhodná, protože nekontrolovaná fermentace má za následek vyšší koncentrace kyseliny octové a biogenních aminů, které nepříznivě ovlivňují chutnost fermentovaných krmných diet. Kromě toho je v podmínkách komerčních farem prakticky nemožné vyčistit a sterilizovat systém při každém plnění (Missoten et al. 2015).

Kvalita spontánně fermentovaných krmiv lze zlepšit přidáním mědi do fermentačního média nebo inokulací bakteriemi kyseliny mléčné, čímž dochází k větší produkci kyseliny mléčné (Beal et al. 2003).

3.5.5 Backslopping fermentace (zpětné kvašení)

Při této technice se čerstvé krmivo a voda smíchá s materiálem z předešlé úspěšné fermentace, které slouží jako inokulum pro novou směs (Missoten et al. 2015). Krmiva vyrobená touto metodou lze zkrmovat během několika hodin, ale může to mít za následek rozvoj mikroflóry s převahou kvasinek, což může mít v závislosti na přítomných kmenech negativní nebo pozitivní vliv na nutriční hodnotu fermentovaných krmiv (Brooks et al. 2008).

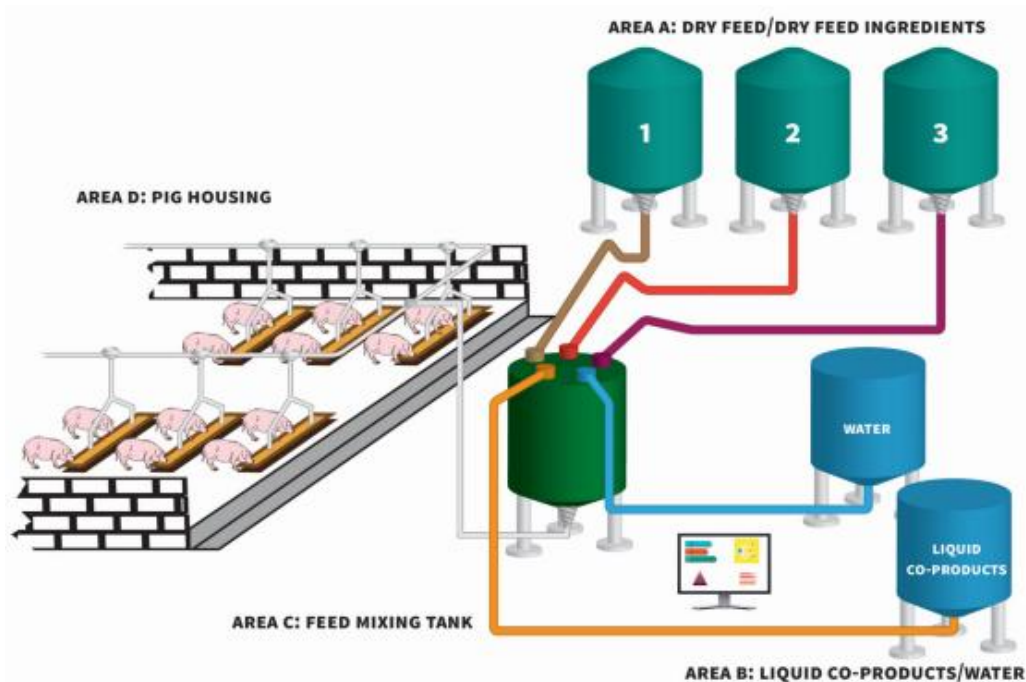
Kvasinky mají schopnost vázat enterobakterie na svůj povrch, čímž blokují vazbu těchto bakterií na střevní epitel (Missoten et al. 2015). Proto může být vysoká koncentrace kvasinek ve fermentovaném tekutém krmivu prospěšná. Ale vysoká koncentrace kvasinek může mít za následek produkci "off-flavours" a pachutí v důsledku produkce sloučenin jako je kyselina octová, etanol a amylové kyseliny, které snižují chutnost krmiva (Brooks et al. 2003).

Plumed-Ferrer a Von Wright (2009) uvedli, že přídavek slabých kyselin během fermentace může úspěšně omezit růst kvasinek, aniž by zasahoval do vývoje bakterií mléčného kvašení. Kyseliny, které vykazovaly dobré výsledky, byly kyselina mravenčí, sorban draselný a kyselina benzoová. Přídavek těchto kyselin může pomoci snížit problémy (např. ztrátu energie, sníženou chutnost, pěnivost) vyplývající z nadměrného růstu kvasinek (Missoten et al. 2015).

Moran et al. (2006) zjistili, že při fermentaci není výhodné ponechat si více než 20 % fermentované pšenice. Ačkoli se tedy většinou běžně používá ponechání 50 % zbytků, zdá se, že lze použít i nižší podíl, přičemž 20 % je nejnižší procento, které stále zajišťuje žádoucí krmné vlastnosti při použití zpětného kvašení.

3.5.6 Způsoby krmení fermentovaných tekutých krmiv

Homogenizované tekuté krmivo se ze směšovací nádrže čerpá do žlabů umístěných v kotcích pro prasata pomocí sítě potrubí (Brooks et al. 2001). Tyto systémy krmení jsou řízeny počítačem a často se označují jako automatizované systémy krmení kapalinou. Krmení tekutinami se obvykle provádí pomocí dlouhých nebo krátkých žlabů. První z nich umožňuje všem prasatům v kotci žrát současně a díky tomu lze omezit příděl krmiva. V druhém případě se však může najednou najíst pouze část prasat v kotci (obvykle 30-40 %), a proto musí mít prasata zajištěn adlibitní přístup ke krmivu. Neustálý přísun krmiva do žlabů je kontrolován pomocí údajů ze snímačů nebo sond uvnitř žlabů (De lange & Zhu 2012). Senzory lze na krátkou dobu ve dne (častěji v noci) vyřadit, aby se prasata přiměla vyčistit všechno krmivo ze žlabů, a lze naprogramovat cykly proplachování, které vyčistí přívodní potrubí. Obrázek 1 znázorňuje typický moderní systém tekutého krmení. (Cullen 2021)



3.5.7 Sanitace systému tekutých krmiv

Stále není jasné, zda je rutinní čištění a dezinfekce systémů tekutých krmiv prospěšné nebo škodlivé pro jejich kvalitu, a chybí jasné pokyny pro chovatele. Časté čištění systémů tekutých krmiv se obecně nedoporučuje, pokud analýza neodhalila špatnou mikrobiální kvalitu tekutého krmiva, v takovém případě by se měl systém mezi jednotlivými dávkami kompletně vyčistit pomocí kyselin nebo zásad. Sanitační postupy používané pro systémy tekutého krmení v komerčních chovech jsou velmi různorodé (Brooks et al. 2001).

O'Meara et al. (2020) zjistili, že na komerčních farmách v Irsku se míchací nádrže buď nečistí vůbec, nebo se myjí pouze vodou, přičemž frekvence čištění se pohybuje od čištění jednou až dvakrát ročně až po čištění po každé dávce.

Samostatné čištění míchací nádrže bude mít pravděpodobně malý vliv, pokud nebudou vyčištěny i ostatní části systému (potrubí a žlaby) (Cullen 2020).

Souhrnně lze říci, že studie zkoumající vliv sanitace krmných systémů na mikrobiální kvalitu LF a hygienu krmných systémů přinesly rozporuplné výsledky, a že je zapotřebí dalšího výzkumu. Obecně se však zdá, že intenzivní čištění a dezinfekce celého systému může dočasně zlepšit mikrobiální kvalitu krmiva, ale dochází k rychlému návratu k hodnotám před čištěním, přičemž některé studie neprokázaly žádný účinek. Kromě toho jsou bezprostředně po čištění, stejně jako na začátku fermentace, počty LAB nízké, pH je vysoké a v LF může dojít k výskytu koliformních bakterií. Pokud jsou tedy parametry mikrobiální kvality v normálním rozmezí, není pravděpodobné, že by čištění krmného systému bylo přínosem (Cullen 2020).

3.5.8 Vlivy na fermentaci

Na vlastnosti fermentovaného tekutého krmiva mohou mít vliv i další parametry, jako je teplota fermentace, interval mezi fermentacemi a stupeň zpětného sklápění (částečná náhrada fermentovaného tekutého krmiva čerstvým tekutým krmivem při kontinuální fermentaci) a poměr použitého krmiva a vody (Brooks et al. 2003).

3.5.8.1 Teplota fermentace

Missoten et al (2015) uvedli, že fermentace krmiv při teplotách nad 20 °C nepřináší žádné výhody oproti výrobě fermentovaných tekutých krmiv při teplotě 20 °C. Autoři zdůraznili, že pokud má být požadované pH při krmení pod 4,5, musí být teplota alespoň 20 °C.

Beal et al. (2002) studovali vliv teploty fermentace na vyloučení *Salmonella typhimurium*. Jejich výsledky ukázaly, že doba potřebná k redukci těchto bakterií byla při 30 °C mnohem kratší než při 20 °C. Ačkoli tedy minimální teplota pro získání optimálního fermentovaného tekutého krmiva je teplota 20 °C, je vhodnější teplota 30 °C, protože umožňuje rychlejší tvorbu kyseliny mléčné a rychlejší vyloučení všech enteropatogenů (Missoten et al. 2015).

3.5.8.2 Fáze fermentace

Důležitá je fáze fermentace, ve které se fermentované tekuté krmivo zkrmuje, protože během počáteční fáze jsou podmínky příznivé pro rychlý nárůst koliformních bakterií a dalších potenciálních patogenů (Canibe & Jensen 2012). Optimálních podmínek je dosaženo, jakmile fermentace dosáhne "ustáleného stavu" na konci druhé fáze a ve třetí fázi fermentace, kdy je vysoký obsah LAB a kyseliny mléčné, mírný obsah kvasinek, nízké pH a nízký počet enterobakterií (Brooks 2008). V této fázi se díky produkci kyseliny mléčné, kyseliny octové a etanolu dominantní mikroflórou snížilo pH, což brání množení patogenů, jako jsou *Escherichia coli* a *Salmonella* (Missoten et al. 2015). Během třetí fáze se však v krmivu mohou nadále množit kvasinky. Existují také důkazy, že při zkrmování prasatům mohou tekutá krmiva s nízkým pH zvýšit koncentraci kyseliny mléčné v žaludku, snížit pH žaludku a snížit počet enterobakterií podél trávicího traktu (Cullen 2021).

3.5.8.3 Inokulum

Použití homofermentativního inokulantu LAB je vhodnější, aby se maximalizovala produkce kyseliny mléčné pro inhibici patogenů a minimalizovala produkce nežádoucích metabolitů z heterofermentativních LAB (Cullen 2021).

Nejčastěji používaným druhem LAB jako inokulum je *Lactobacillus plantarum*. Tento druh je schopen pozoruhodně dobře růst v tekutých krmivech pro prasata nejspíše proto, že je jedním z druhů obvykle izolovaných z obilovin a jiných rostlinných materiálů (Plumed -ferrer & Von wright 2009).

3.5.9 Žádoucí vlastnosti fermentovaných tekutých krmiv

Van Winsen et al. (2001) popsali žádoucí vlastnosti fermentovaných tekutých krmiv jako pH nižší než 4,5, koncentrace bakterií mléčného kvašení vyšší než 9 log₁₀ CFU/ml, koncentrace kyseliny mléčné vyšší než 150 mmol/l a koncentrace kyseliny octové a etanolu nižší než 40, resp. 0,8 mmol/l. Beal et al. (2002) uvedli, že aby se zabránilo růstu *Salmonella spp.*, musí tekuté krmivo obsahovat nejméně 75 mmol/l kyseliny mléčné. Beal et al (2002) uvádějí, že ke snížení koncentrace enterobakterií by měla být koncentrace kyseliny mléčné vyšší než 100 mmol/l. Tato koncentrace kyseliny mléčné může mít příznivý vliv na příjem krmiva, denní přírůstek a účinnost krmiva (Missoten et al. 2015). Ačkoli Van Winsen et al. (2001) stanovili horní hranici kyseliny octové na 40 mmol/l, jiní autoři uvádějí, že koncentrace kyseliny octové nad 30 mmol/l již může negativně ovlivnit chutnost fermentovaných tekutých krmiv. Canibe et al. (2010) však uvedli, že selata krmená fermentovaným tekutým krmivem s přídatkem kyseliny octové v koncentraci až 120 mmol/l nevykazovala žádné negativní účinky na přírůstek tělesné hmotnosti.

3.5.10 Vliv na užitkovost prasat

Obecně se uvádí, že podávání tekuté stravy selatům při odstavu zlepšuje užitkovost ve srovnání s podáváním suché stravy (Kim et al. 2001), ačkoli studie Lawlora et al. (2002) nezjistila žádný zvláštní přínos. Jedním z důvodů těchto rozporuplných výsledků mohou být rozdíly v chování při krmení starších a čerstvě odstavených prasat, které se projevují zvýšeným plýtváním krmiva u starších prasat při krmení tekutými krmivy. Mohly také existovat rozdíly v chutnosti jednotlivých pokusů a krmiv. (Plumed-ferrer et al. 2005)

3.6 Vliv fermentovaných tekutých krmiv

Bylo zjištěno, že fermentace tekutých krmiv ovlivňuje fyziologii, mikrobiologii a morfologii GIT (Canibe & Jensen 2003). Bylo také prokázáno, že v porovnání se suchým krmivem snižuje výskyt např. průjmů a úplavice prasat jakož i šíření zoonóz mezi konzumenty (Plumed -ferrer & Von wright 2009).

3.6.1 Vliv na GIT prasat

Bylo prokázáno, že krmení prasat fermentovaným tekutým krmivem má vliv na mikrobiotu v GIT. Mnoho studií uvádí, že prasata krmená FLF mají nižší pH v žaludku ve srovnání s prasaty krmenými suchým krmivem. To je důležité zejména u selat při odstavu, protože pH žaludku (první linie obrany proti bakteriální infekci) ještě není dostatečně nízké (Plumed – ferrer et al. 2005).

Kromě toho může být při krmení FLF stimulováno trávení bílkovin (např. aktivita pepsinu) v důsledku poklesu žaludečního pH a také může dojít ke zpoždění podnětu k vyprázdnění žaludku, což umožní delší setrvání krmiva v žaludku pro trávení bílkovin (Plumed-ferrer et al. 2005).

Zkrmování FLF také snižuje počet enterobakterií v celém GIT ve srovnání se suchým krmivem, zatímco hladiny LAB nejsou obecně ovlivněny (Demecková et al. 2002).

Bylo prokázáno, že podávání tekuté stravy, která je chutná a dobře přijímaná čerstvě odstavenými prasaty, zlepšuje hloubku krypt ve srovnání s prasaty krmenými suchým krmivem (Plumed – ferrer et al. 2005).

3.7 Výhody fermentovaných tekutých krmiv

3.7.1 Hlavní výhody fermentovaných tekutých krmiv

Jednou z hlavních výhod používání FLF je kromě účinku snižujícího výskyt enteropatogenů také skutečnost, že se jedná o nákladově efektivní krmnou strategii, kterou lze nahradit antibiotické stimulatory růstu (Missoten et al. 2010). Podle (Kil et al. 2010) je to dokonce jedna z neúčinnějších krmných strategií nahrazující antibiotické stimulatory růstu.

Další z důležitých výhod zkrmování fermentovaných tekutých krmiv je zlepšení užitkovosti. Možnost současného poskytování krmiva a vody, může vést ke zmírnění přechodu z mléka prasnice na pevnou stravu a může také zkrátit dobu potřebnou k nalezení obou zdrojů živin. Příznivé účinky byly pozorovány u kojících prasat, odstavených prasat a prasat ve výkrmu. Krmení prasnic fermentovaným tekutým krmivem ovlivnilo bakteriální střevní populaci jejich potomků. Selata prasnic krmených fermentovaným tekutým krmivem měla nižší počet koliformních bakterií ve výkalech, ve srovnání se selaty prasnic krmených nefermentovaným tekutým krmivem nebo suchou stravou. Kromě toho, byly počty bakterií mléčného kvašení ve výkalech selat od prasnic krmených fermentovaným tekutým krmivem vyšší než u ostatních selat (Missoten et al. 2015).

Fermentované tekuté krmivo s nízkým pH může posílit potenciál žaludku jako první obranné linie proti možným patogenním infekcím. (Missoten et al. 2010)

Tyto výhody mohou zlepšit růst prasat a účinnost krmiva, zatímco různé strategie tekutého krmení mohou také působit jako vhodná alternativa k tradičnímu zařazování subterapeutických hladin antibiotik v krmivu a farmakologických hladin oxidu zinečnatého. Skutečnou výhodou tekutého krmení oproti suchému krmení je však to, že umožňuje zařazení vedlejších produktů s nízkým až středním obsahem sušiny do krmiva, což může výrazně snížit náklady na krmivo (Cullen 2021).

3.7.2 Praktické výhody

Kromě lepšího příjmu sušiny a rychlosti růstu pozorované u tekutých krmiv existuje řada praktických výhod oproti suchému krmení, mezi které patří možnost optimalizovat mikrobiální a nutriční kvalitu přidáním krmných aditiv, jako jsou startovací kultury pro řízenou fermentaci, enzymové přípravky pro zlepšení stravitelnosti živin a přímé okyselení krmiva pomocí organických kyselin (Cullen 2021).

Systémy tekutého krmení také umožňují zvýšit přesnost krmení, protože lze dosáhnout vhodnějších krmných křivek, přičemž lze také zkrmovat různé diety v různých kotcích, což umožňuje fázové krmení (Missoten et al. 2015).

Dalšími výhodami jsou lepší příjem při vysokých okolních teplotách, lepší manipulace s materiálem (systém může fungovat jako systém míchání i distribuce krmiva), zvýšená přesnost dávkování (počítačové řízení přináší do systému určitý stupeň přesnosti, který je obtížné napodobit u systémů suchého krmení), a to i při použití vedlejších produktů s různými vlastnostmi (obsah sušiny) v jednotlivých dávkách, snížení zatížení dusíkem díky snadnému zavedení "postupného" a "fázového krmení, snížení zatížení fosfáty aktivací endogenní fytázy v obilných zrnech a/nebo přidáním exogenních enzymů do krmiv (Missoten et al. 2010).

3.7.3 Vedlejší výhody

Zlepšení aktivity enzymů možným snížením velikosti částic použitého krmiva, což následně snižuje separaci materiálů v krmném žlabu a zajišťuje, že prase dostává homogennější krmivo. Je však třeba dbát na to, aby nebyla použita příliš malá velikost částic, protože ta je predispozičním faktorem pro vznik žaludečních vředů (Brooks 2008).

U fermentovaného tekutého krmiva bylo zaznamenáno snížení množství prachu ve stájích prasat při manipulaci a krmení. Takové snížení nejenže zlepšuje prostředí pro prasata a pracovníky, ale může přispět ke zlepšení dopadu respiračních onemocnění na užitkovost prasat (Missoten et al. 2015).

3.8 Nevýhody fermentovaných tekutých krmiv

Přestože používání fermentovaných tekutých krmiv má mnoho výhod, existuje i řada nevýhod. Tekuté krmení je někdy spojeno se vznikem onemocnění, jako je hemoragický střevní syndrom, torze žaludku, gastrointestinální tympanie a žaludeční vředy. Kromě toho může proces fermentace způsobit ztrátu základních živin z krmiva jako jsou vitamíny a aminokyseliny, zejména volné syntetické aminokyseliny záměrně přidávané do krmiva. Například v důsledku dekarboxylace syntetického L-lysinu může docházet k produkci biogenních aminů, jako je kadaverin. Tvorba biogenních aminů způsobuje nevratné ztráty aminokyselin pro prasata. Dopad této ztráty lze snížit fermentací pouze zrnové frakce, nikoliv kompletního krmiva. A konečně, pokud krmivo není správně fermentováno, může vysoká koncentrace kvasinek vést k tvorbě "nepříjemných chutí" a pachutí v důsledku produkce sloučenin, jako jsou kyselina octová, etanol a amylové alkoholy, které činí krmivo méně chutným (Missoten et al. 2015).

Navzdory vyššímu příjmu sušiny u prasat krmených FLF ve srovnání se suchým krmivem je účinnost konverze krmiva obvykle nižší, především kvůli plýtvání krmivem, zejména při krmení krátkým žlabem/adlibitum (Missoten et al. 2015).

Obsah sušiny v LF je omezen kapacitou systému tekutého krmení, který je schopen směs přečerpávat potrubím. Starší systémy podávání kapaliny s méně účinnými čerpadly a větším počtem ohybů v potrubí mohou vyžadovat použití nadměrného poměru vody a krmiva, aby se snížila viskozita směsi. To má za následek snížený růst a horší využití krmiva v důsledku jeho sníženého příjmu a také energie vynaložené na vylučování přebytečné vody (Sol 2019). Kromě toho to má za následek zvýšenou produkci hnoje, a tedy i vyšší náklady na přepravu a skladování hnoje v důsledku zředěnějšího obsahu živin. Používání tekutých vedlejších produktů také vyžaduje skladování na farmě, což se sebou nese další náklady. Existuje také riziko zkažení během skladování s možností zhoršení nutriční kvality a ztráty energie, což vyžaduje vysokou úroveň kontroly a řízení kvality při sestavování diet (Cullen 2021).

4 Metodika

Vlastní experimentální část byla rozdělena na 2 okruhy. V prvním pokusu byl sledován vliv různých suchých krmných fermentů na průběh fermentace stanovený hodnotou pH. Druhý pokus se poté zabýval vlivem počáteční teploty fermentace na její průběh a kvalitu. Používalo se inokulum „Dr. FERM RS-L Health které obsahuje bakterie *Lactobacillus plantarum* a *Enterococcus faecium*. Vzorky byly po celou dobu fermentace umístěny v termoboxu s víkem.

4.1 Vliv komponent na pH

Byly provedeny 4 fermentace, které měli stejné výchozí podmínky a lišili se pouze ve složení suchých krmných komponent. Používal se sójový šrot, řepkový šrot, triticales, ječmen ošetřený a ječmen neošetřený. V každé fermentaci byly 4 vzorky s různými poměry komponent a každý vzorek byl proveden ve dvou opakováních, dohromady tedy 8 vzorků. Teplota přidávané vody při začátku fermentace byla 36 °C. Měření teploty a pH probíhalo ihned po přidání inokula, po 24 a 48 hodinách.

4.1.1 Příprava vzorků

Jednotlivé komponenty byly nejprve rozemlety na co nejmenší částice a poté naváženy do kádinek v určeném poměru, jednotlivé poměry jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2. V každé kádince bylo 25 gramů suché směsi, ke které se přidalo 75 mililitrů vody z kohoutku o teplotě 36 °C. Směs se s vodou promíchala a pomocí pipety se přidalo 66,7 mikrolitrů roztoku inokula. Roztok inokula byl připraven rozpuštěním 1 gramu suchého inokula v 99 mililitrech vody. Následně byla celá směs opět promíchána a bylo změřeno počáteční pH u každého vzorku.

Tabulka 1. Následující složení bylo použito pro první a druhou fermentaci s tím rozdílem, že v první fermentaci byl použit ošetřený ječmen a ve druhé ječmen neošetřený.

	1,2	3,4	5,6	7,8
Sójový šrot	0 g	2,5 g	5 g	7,5 g
Triticales	5 g	5 g	5 g	5 g
Ječmen ošetřený/neošetřený	20 g	17,5 g	15 g	12,5 g

Tabulka 2. Následující složení bylo použito pro třetí a čtvrtou fermentaci s tím rozdílem, že ve třetí fermentaci byl použit ošetřený ječmen a ve čtvrté ječmen neošetřený.

	1,2	3,4	5,6	7,8
Řepkový šrot	0 g	2,5 g	6 g	7,5 g
Triticales	5 g	5 g	5 g	5 g
Ječmen ošetřený/neošetřený	20 g	17,5 g	15 g	12,5 g

4.2 Vliv počáteční teploty fermentace na její průběh a kvalitu

Při zkoumání vlivu teploty byly provedeny 2 fermentace, které měly stejné složení suchých krmných komponent a lišily se pouze počáteční teplotou přidávané vody. V každé kádince bylo 12,5 gramu pšenice, 10 gramů ječmene a 2,5 gramu sójového šrotu. Pracovali jsme s teplotami 27 °C, 35 °C, 45 °C a 48 °C, pro každou teplotu byly v jedné fermentaci 2 vzorky. Za obě fermentace jsme tedy měli 4 vzorky ke každé teplotě. Do každého vzorku bylo opět přidáno 66,7 mikrolitrů roztoku inokula. V druhé fermentaci jsme ještě přidali 2 vzorky, ve kterých byla počáteční teplota 37 °C ale nebylo přidáno žádné inokulum.

Vzorky byly připravené stejně jako v předchozím pokusu.

5 Výsledky

Až na jeden vzorek, všechny fermentace proběhly úspěšně a došlo k poklesu pH pod hodnotu 4,5. Hodnoty získané z fermentací jsou uvedeny v tabulkách 3 – 8.

5.1 Vliv komponent na pH

Fermentace s neošetřeným ječmenem měly vyšší počáteční pH oproti fermentacím s ječmenem ošetřeným. Po 24 hodinách byla průměrná hodnota pH u vzorků s neošetřeným ječmenem 4,63 a u vzorků s ošetřeným ječmenem 5,24. Rozdíl pH po 48 hodinách nebyl nijak výrazný, vzorky s neošetřeným ječmenem měly průměrné pH 3,87 a vzorky s ošetřeným 3,98. Rozdílné množství přidaného ječmenu nemělo viditelný vliv na pH.

U bílkovinných komponent také nedošlo k žádným výrazným změnám mezi vzorky obsahující sójový šrot a řepkový šrot. Průměrné pH u vzorků se sójovým šrotem bylo vždy o něco menší než pH vzorků s řepkovým šrotem. Průměrné pH po 48 hodinách fermentace bylo u sójového šrotu 3,86 a u řepkového 3,99. S větším množstvím přidaného sójového šrotu rostlo počáteční pH jednotlivých vzorků, naopak čím více se přidalo řepkového šrotu, tím počáteční pH klesalo.

Rozdíly mezi jednotlivými vzorky jsou nepatrné, proto nejde říct, které složení jednotlivých komponent je nejvýhodnější.

Tabulka 3. uvádí hodnoty získané při 1 fermentaci kde byl použit ošetřený ječmen, sójový šrote a triticales.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	5,05	36	4,89	23,9	3,59	23,7
2	4,99	36	4,96	23,7	3,54	23,6
3	5,26	36	5,02	23,7	3,53	23,5
4	5,26	36	5,1	23,7	3,59	23,5
5	5,36	36	4,99	23,7	3,48	23,5
6	5,41	36	4,98	23,6	3,55	23,5
7	5,55	36	5,12	23,6	5,58	23,5
8	5,52	36	5,14	23,7	3,67	23,6

Tabulka 4. uvádí hodnoty získané při 2 fermentaci kde byl použit neošetřený ječmen, sójový šrot a triticales.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	6,49	36	4,38	23,2	3,81	22,3
2	6,46	36	4,46	23,1	3,82	22,4
3	6,49	36	4,26	23,2	3,89	22,4
4	6,45	36	4,34	23,2	3,85	22,5
5	6,52	36	4,86	23,2	3,93	22,4
6	6,56	36	4,4	23,1	3,89	22,4
7	6,56	36	4,14	23,2	4,07	22,5
8	6,53	36	4,31	23,2	3,98	22,4

Tabulka 5. uvádí hodnoty získané při 3 fermentaci kde byl použit ošetřený ječmen, řepkový šrot a triticales.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	5,85	36	5,88	20	4,26	19,8
2	5,85	36	4,00	19	3,89	19,9
3	5,8	36	5,8	19,7	4,06	20,1
4	5,81	36	5,76	19,9	4,17	20
5	5,77	36	5,79	19,8	4,17	19,7
6	5,79	36	5,95	19,8	4,27	19,8
7	5,79	36	4,71	20	4,14	20,1
8	5,84	36	5,87	19,8	4,18	20,1

Tabulka 6. uvádí hodnoty získané při 4 fermentaci, kde byl použit neošetřený ječmen, řepkový šrot a triticales.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	6,405	36	5,226	23,6	3,898	23,1
2	6,386	36	4,73	23,4	3,718	23
3	6,207	36	4,972	23,5	3,809	23
4	6,228	36	4,487	23,2	3,787	22,9
5	6,058	36	5,066	23,3	3,803	22,9
6	6,042	36	5,294	23,4	3,852	22,9
7	5,884	36	4,839	23,7	3,919	22,8
8	5,85	36	4,335	23,2	3,882	22,8

5.2 Vliv počáteční teploty na pH

U všech vzorků došlo po 24 hodinách k poklesu teploty pod 4,5 tudíž i k úspěšné fermentaci. Počáteční teplota fermentace neměla tedy vliv na její průběh. Ve vzorcích, ke kterým nebylo přidáno inokulum, proběhla spontánní fermentace a pH také kleslo pod 4,5.

Tabulka 7. uvádí hodnoty získané při 1 fermentaci s rozdílnými počátečními hodnotami.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	6,541	27	4,272	23,2	4,035	22,3
2	6,571	27	4,153	23,4	3,954	22,2
3	6,477	35	4,1	23,4	3,966	22,2
4	6,491	35	3,993	23,5	3,858	22,2
5	6,462	45	4,333	23,2	4,095	22,2
6	6,468	45	4,131	23,2	3,876	22,3
7	6,399	48	4,351	23,4	4,027	22,3
8	6,496	48	4,101	23,1	3,946	22,2

Tabulka 8. uvádí hodnoty získané při 2 fermentaci s rozdílnými počátečními hodnotami. Vzorky 9 a 10 jsou bez přidání inokula.

	pH0	t0	pH24	t24	pH48	t48
1	6,471	25	4,541	21,9	4,06	21,6
2	6,511	25	4,564	22,3	4,01	21,6
3	6,417	37	4,388	22,2	3,932	21,5
4	6,422	37	4,555	22,1	4,066	21,4
5	6,377	45	4,415	22,2	4,088	21,6
6	6,375	45	5,054	21,9	3,969	21,6
7	6,357	48	4,513	22,4	4,055	21,5
8	6,32	48	4,401	21,5	4,001	21,3
9	6,484	37	4,19	21,7	3,884	21,4
10	6,487	37	4,527	22,1	4,069	21,6

6 Diskuze

Van Winsen a kolektiv (2001) uvedli, že žádoucí hodnota pH u fermentovaných tekutých krmiv je nižší než 4,5. Těchto hodnot bylo při výzkumu dosaženo proto mohou být fermentace považované za úspěšné. Pro zjištění celkové kvality vzorků by museli být provedené další testy například pro stanovení koncentrace kyseliny mléčné. Podle Van Winsena et al. (2001) je žádoucí koncentrace kyseliny mléčné vyšší než 150 mmol/litr. Beal et al. (2002) tvrdí, že je třeba minimální koncentrace 75 mmol/litr pro zabránění růstu *Salmonella spp.* a minimálně 100mmol/litr, aby došlo ke snížení enterobakterií.

Podle Missoten et al (2015) fermentace krmiv při teplotách nad 20 °C nepřináší žádné výhody oproti fermentaci při 20 °C. Jak je vidět z našich výsledků k fermentaci dojde jak při teplotě 27 °C tak při teplotě 48 °C. Podle Beal et al. (2002) je ale nejvýhodnější fermentace při 30 °C, protože tak se sníží doba potřebná k redukci všech enteropatogenů.

Cullen (2021) uvedl, že jej dobře zdokumentováno, že po zahájení míchání suchých komponent s vodou, dochází v krmivu k určitému stupni neúmyslné „spontánní“ fermentace. Tím se vysvětluje, zfermentování našich vzorku, které byly bez přídatku inokula.

7 Závěr

Vzhledem k možnosti využití vedlejších produktů potravinářského průmyslu, mohou fermentována tekutá krmiva snižovat náklady chovu. Ke snížení nákladů přispívá i fakt, že zkrmováním fermentovaných krmiv, dochází ke zlepšení užitkovosti prasat. FLF pozitivně působí na gastrointestinální trakt.

Je důležité dbát na správné procesy fermentace abychom prasatům nezpůsobili více škody než užitku. Proto je vhodné nechávat krmivo fermentovat řízeně nikoliv spontánně. Zabráníme tak negativním vlivům fermentace.

Fermentované tekuté krmení lze považovat za adekvátní náhradu antibiotických stimulátorů růstu.

V teoretické části byli shrnuty, různé způsoby fermentace jejich výhody a nevýhody. Byly uvedeny způsoby zkrmování a sanitace zařízení.

V praktické části byl metodicky popsán postup fermentace. U všech 6 fermentací došlo k poklesu pH pod 4,5, takže je lze považovat za úspěšné. Nepodařilo se s přesností určit jaká kombinace komponent, nebo jaká teplota je nejvhodnější. Pro potvrzení úspěšnosti a kvality fermentací je zapotřebí provést víc opakování a mikrobiální rozbor.

8 Literatura

- Balasubramanian B., Li T., Kim I.H., 2016 *Effects of supplementing growing-finishing pig diets with Bacillus spp. probiotic on growth performance and meat-carcass grade quality traits*. Revista Brasileira de Zootecnia. **45.**: 93-100.
- Bauer E., Williams B., Smidt H., Mosenthin R., Verstegen, M., 2006. *Influence of dietary components on development of the microbiota in single-stomached species*. Nutrition Research Reviews, **19.**: 63-78.
- Beal J. D., Niven S. J., Brooks P. H., Gill B. P., 2005. *Variation in short chain fatty acid and ethanol concentration resulting from the natural fermentation of wheat and barley for inclusion in liquid diets for pigs*. Journal of the Science of Food and Agriculture. **85.**: 433–440.
- Beal J. D., Niven S. J., Campbell A., Brooks P. H., 2002. *The effect of temperature on the growth and persistence of Salmonella in fermented liquid pig feed*. International Journal of Food Microbiology. **79.**: 99–104.
- Beal J. D., Niven S. J., Campbell A., Brooks P.H., 2003. *The effect of copper on the death rate of Salmonella typhimurium DT104: 30 in food substrates acidified with organic acids*. Letters in Applied Microbiology. **38.**: 8–12.
- Brooks P. H., Beal J. D., Niven S., 2001. *Liquid feeding of pigs: Potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety*. The Recent Advances in Animal Nutrition. **13.**: 49–63.
- Brooks P.H., Beal J., Niven S., Demeckova V., 2003 *Liquid feeding of pigs 2. Potential for improving pig health and food safety*. Animal Science Papers and Reports. Presented at the Conference: Effect of Genetic and Non-genetic Factors on Carcass and Meat Quality of Pigs. **21.**: 23-39.
- Brooks PH., 2008. *Fermented liquid feed for pigs*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science. Nutrition and Natural Resources. **2008.**: 1-18. doi:10.1079/PAVSNR20083073
- Canibe N., Jensen B.B., 2012. *Fermented liquid feed – microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs*. Animal Feed Science and Technology. **173.**: 17–40.
- Canibe N., Jensen BB., 2003. *Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance*. Journal of Animal Science. **81.**: 2019–2031.
- Canibe N., Pedersen A. Ø., Jensen B. B., 2010. *Impact of acetic acid concentration of fermented liquid feed on growth performance of piglets*. Livest Science. **133.**: 117–119.
- Close W. H., 2000. *Producing pigs without antibiotics growth Promoters*. Advances in Pork Production. **11.**: 47-56.
- Cullen J.T., Lawlor P.G., Cormican P., Gardiner G.E., 2021. *Microbial Quality of Liquid Feed for Pigs and Its Impact on the Porcine Gut Microbiome*. Animals. **11.**: (2983) doi.org/10.3390/ani11102983.
- De Lange C. F. M., Zhu C. H., 2012. *Feed Efficiency in Swine*. Wageningen Academic Publishers. Netherlands.
- Demeckova' V., Kelly D., Coutts A. G. P., Brooks P. H., Campbell A., 2002 *The effect of fermented liquid feeding on the faecal microbiology and colostrums quality of farrowing sows*. International Journal of Food Microbiology. **79.**: 85–97.

- Doyle M. E., 2001. *Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandary*. Food Research Institute Briefings. 1-17.
- Gyawali R., Minor R. C., Donovan B., Ibrahim S. A., 2015. *Inclusion of oat in feeding can increase the potential probiotic bifidobacteria in sow milk*. *Animals*. **5.**: 610-623.
- Hansen C.F., Riis A.L., Bresson S., Hojbjerg O., Jensen B.B., 2007, *Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach*. *Livestock Science*. **108.**: 206-209.
- Kien C. L., Blauwiel R., Bunn J.Y., Jetton T.L., Frankel W.L., Holst J.J., 2007, *Cecal infusion of butyrate increases intestinal cell proliferation in piglets*. *The Journal of Nutrition*. **137.**: 916-922.
- Kil D. Y., Stein H. H., 2010. *Management and feeding strategies to ameliorate the impact of removing antibiotic growth promoters from diets fed to weanling pigs*. *Canadian Journal of Animal Science*. **90.**: 447-460.
- Kim J. H., Heo K. N., Odle J., Han I. K., Harrell R.J., 2001. *Liquid diets accelerate the growth of early weaned pigs and effects are maintained to market weight*. *Journal of Animal Science*. **79.**: 427-434.
- Kodeš A, Mudřík Z, Hučko B, Kacerovská L. 2001. *Základy moderní výživy prasat*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha
- Lange de CFM., Pluske J., Gong J., Niachoti CM., 2010. *Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs*. *Livestock science*. **134.**: 124 -134.
- Lawlor P. G., Lynch P. B., Gardiner G. E., Caffrey P. J., O'Doherty J. V., 2002. *Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest*. *Journal of Animal Science*. **80.**: 1725-1735.
- Marvan F., 2017. *Morfologie hospodářských zvířat*, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Missoten J. AM., Michiels J., Degroote J., De Smet S., 2015. *Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. **6.**: doi.org/10.1186/2049-1891-6-4.
- Missoten J. AM., Michiels J., Owyn A., De Smet S., Dierick N. A., 2010. *Fermented liquid feed for pigs*. *Archives of Animal Nutrition*. **64.**: 447-460.
- Moran C. A., Scholten R. H. J., Tricarico J. M., Brooks P. H., Verstegen M. W. A., 2006. *Fermentation of wheat: Effects of backslipping different proportions of pre-fermented wheat on the microbial and chemical composition*. *Archives of Animal Nutrition*. **60.**: 158-169.
- O'Meara F. M., Gardiner G. E., Clarke D., Cummins W., O'Doherty J. V., Lawlor P. G., 2020. *Microbiological assessment of liquid feed for finisher pigs on commercial pig units*. *Journal of Applied Microbiology*. **130.**: 356-369.
- Plumed-Ferrer C., Kivela I., Hyvonen P., Von Wright A., 2005 *Survival, growth and persistence under farm conditions of a Lactobacillus plantarum strain inoculated into liquid pig feed*. *Journal of Applied Microbiology* **99.**: 851-858
- Plumed-Ferrer C., Von Wright A., 2009. *Fermented pig liquid feed: nutritional, safety and regulatory aspects*. *Journal of Applied Microbiology*. **106.**: 351-368.
- Pluske J. R., Pethick DW., Hopwood DE., Hampson DJ., 2002. *Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pigs*. *Nutrition Research Reviews* **15.**: 333-371.

Pluske J. R., Turpin. D. L., Kim. J., 2018. *Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig*. *Animal nutrition*. **4.:** 187-196.

Radzikowski D., Milczarek A., 2021. *Selected feed additives used in pig nutrition*. *Journal of Central European Agriculture*. **22.:** 54-65.

Reece W. O., 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada. Praha.

Scholten R. H. J., Van Der Peet-Schwering C. M. C, Den Hartog L. A., Balk M., Verstegn M. W. A., 2002. *Fermented wheat in liquid diets*. *Journal of Animal Science*. **80.:** 1179-1186.

Stupka R., Šprysl. M., Čítek. J., 2013. *Základy chovu prasat*. Powerprint. Praha.

Van Winsen R.L., Urlings B. A. P., Lipman L. J. A., Snijders J. M. A., Keuzenkamp D., Verheijden J. H. M., 2001. *Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs*. *Applied and Environmental Microbiology*. **67.:** 3071–3076.

Wang Ch., Shi Ch., Zhang Y., Song D., Lu Z., Wang Y., 2018. *Microbiota in fermented feed and swine gut*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **102.:** 2941-2948.

Weber T. E., Schinckel A. P., Houseknecht K. L., Richart B. T., 2001. *Evaluation of conjugated linoleic acid and dietary antibiotics as growthpromotants in weanling pigs*. *Journal of Animal Science*. **79.:** 2542-2549.

