

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv fermentovaného krmiva na parametry růstu
vykrmovaných prasat**

Bakalářská práce

Barbora Rázgová

Chovatelství

Doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "vliv fermentovaného krmiva na parametry růstu vykrmovaných prasat" jsem vypracoval(a) 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 autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.04.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala **doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.** za pomoc, cenné rady a odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych také chtěla poděkovat rodičům za podporu a oporu, kterou pro mě byli při studiu a při psaní této práce.

Vliv fermentovaného krmiva na parametry růstu vykrmovaných prasat

Souhrn

Bakalářská práce se zabývala výrobními procesy, zpracováním fermentovaného krmiva a následným vlivem tohoto krmiva na vykrmovaná prasata. Práce byla zaměřena především na jednotlivé druhy fermentovaného krmiva, jeho složení a vliv na trávicí ústrojí a mikrobiotu vykrmovaných prasat.

Práce popisuje výživu včetně důležitých složek krmné dávky a také definuje pojem stravitelnost, konkrétně stravitelnost vlákniny a bílkovin v souvislosti s fermentovanými krmivy.

Dále je v práci uveden podrobný popis fermentovatelných komponentů, proces a podmínky fermentace jednotlivých komponentů krmných směsí a jsou zde popsány krmné dávky. Mezi faktory ovlivňující proces fermentace patří složení krmné směsi, pH, teplota jak v okolí, tak uvnitř fermentační nádrže, technologické zařízení, použité inokulum či metoda, kterou je krmivo fermentováno (várkové kvašení, metoda LAB). V práci je popsána technika krmení a technologická zařízení pro krmení, včetně technologie fermentace. Fermentační linka bývá řešena velmi individuálně dle požadavků a podmínek konkrétního podniku. Fermentační zařízení by mělo obsahovat dvě fermentační nádrže napojené na technologii krmné linky, krmiv a ideální teploty vody použité při zakládání fermentu.

Práce také popisuje využití tekutých vedlejších produktů ve výživě prasat. Fermentovaná krmiva mohou vést ke zlepšení denního přírůstku, příjmu a konverze krmiva u prasat. Podávání fermentovaných tekutých dietních směsí selatům se příliš nedoporučuje kvůli negativnímu dopadu na konverzi krmiva oproti suchým dietám.

V závěru práce je popisován celkový vliv fermentovaných krmiv na zdravotní stav prasat konkrétně na stav trávicího traktu a jeho jednotlivých částí od žaludku, kde nízké pH zabraňuje růstu nežádoucích mikroorganismů, patogenních koliformních bakterií a *Salmonella spp.*, až po střeva. Fermentovaná krmiva mají také vliv na vstřebávání mastných kyselin s krátkým řetězcem.

Klíčová slova: prase; výkrm; fermentované krmení; růst

Effect of fermented feed on growth parameters of fattened pigs

Summary

This thesis dealt with production processes, processing of fermented feed and the subsequent effect of this feed on fattened pigs. The thesis focused mainly on the different types of fermented feed, its composition and its effect on the digestive tract and microbiota of fattened pigs.

The thesis describes nutrition including ration components and also defines the concept of digestibility, specifically fibre and protein digestibility in relation to fermented feeds.

Furthermore, a detailed description of the fermentable components, the process and conditions of fermentation of the different components of the feed mixtures and the rations are described. Factors influencing the fermentation process include the composition of the compound feed, pH, temperature both around and inside the fermentation tank, the technological equipment, the inoculum used or the method by which the feed is fermented.

The feeding technique and technological equipment for feeding, including the fermentation technology, are described in the paper. The fermentation line is usually designed very individually according to the requirements and conditions of the particular farm. The fermentation plant should contain two fermentation tanks connected to the feed line technology, the feed and the ideal water temperature used for the fermentation. The paper also describes the use of liquid by-products in pig nutrition. Fermented feeds can lead to improved daily gain, feed intake and feed conversion in pigs. Feeding fermented liquid diets to piglets is not highly recommended due to the negative impact on feed conversion compared to dry diets.

The paper concludes by describing the overall effect of fermented feeds on the health status of pigs, specifically on the condition of the digestive tract and its different parts, from the stomach, where the low pH prevents the growth of undesirable microorganisms, pathogenic coliforms and *Salmonella* spp., to the intestines. Fermented feeds also affect the absorption of short-chain fatty acids.

Keywords: pig; fattening; fermented feeding; growth

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce.....	10
3 Literární rešerže	11
3.1 Výživa prasat	11
3.1.1 Živiny	11
3.1.2 Prebiotika.....	11
3.1.3 Probiotika	12
3.1.4 Glykany	12
3.1.5 Vlákna	13
3.2 Krmná hodnota krmiva obohaceného o vlákninu.....	14
3.2.1 Stravitelnost.....	14
3.3 Fermentované krmení	16
3.4 Fermentační procesy a produkty	16
3.5 Mikrobiální kvalita krmiv – čerstvá a fermentovaná tekutá krmiva	18
3.5.1 Tekutá krmiva okyselená organickými kyselinami.....	19
3.5.2 Spontánní či inokulované kvašení.....	20
3.6 Požadované vlastnosti tekutého fermentovaného krmiva	20
3.7 Mikrobiota ve fermentovaných krmivech	21
3.8 Fyziologie trávení.....	23
3.8.1 Vliv fermentovaného krmiva na gastrointestinální trakt	23
3.8.2 Vliv stravy na střevní mikrobiotu prasat	24
3.8.3 Vliv fermentovaného krmiva na střevní mikroflóru prasat.....	24
3.9 Vliv fermentovaného krmiva na výkrmová prasata.....	25
3.9.1 Faktory ovlivňující užitek prasat ve výkrmu.....	26
3.9.2 Podpora růstu	26
3.10 Fermentovatelné komponenty	27
3.11 Technologie krmení	27
3.11.1 Technika krmení prasat a zařízení pro krmení	27
3.11.2 Fermentační zařízení	28
3.11.3 Kontinuální fermentace	28
3.12 Technologie fermentovaného tekutého krmení pomocí LAB	29
3.12.1 Popis technologie fermentovaného tekutého krmení.....	30
3.12.2 Potencionální výhody tekutých krmiv	31
3.12.3 Výhody fermentace	31
3.13 Stravitelnost tekutých vedlejších produktů	32
3.13.1 Definice tekutých vedlejších produktů.....	32

3.13.2	Využití vedlejších tekutých produktů ve výživě prasat	32
3.13.3	Chemické složení pšeničného škrobu, zbytků brambor a syrovátky	32
3.13.4	Stravítenost živin v tekutém pšeničném škrobu, zbytků brambor a syrovátky 33	
3.13.5	Fermentované tekuté vedlejší produkty	33
3.13.6	Fermentované tekuté dietní směsi	33
3.14	Vliv na zdravotní stav.....	34
3.14.1	Vliv na zdraví GIT	35
3.14.2	Žaludek.....	36
3.14.3	Tenké střevo.....	39
3.14.4	Tlusté střevo.....	39
3.14.5	Zlepšení zdravý střev a inhibice patogenů	39
3.14.6	Fyzická aktivita	40
4	Závěr	41
5	Literatura	42
6	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	50

1 Úvod

Chov prasat stále řadíme k jednomu z nejvýznamnějších odvětví v produkci živočišné bílkoviny, respektive masa. Proto je velmi důležité dbát na jejich výživu a vyváženou stravu. Mezi hlavní ovlivňující faktory, které určují využití krmiva prasaty, je velikost a struktura částic krmiva. Specifický povrch menších částic umožňuje lepší kontakt s trávicími enzymy. K dispozici je značně široký sortiment krmiv, kdy obecně platí, že s poklesem koncentrace živin a stravitelnosti pod úroveň potřeby prasat se primárně zhoršuje jejich užitkovost.

Další významný vliv pro vysokou užitkovost prasat ve výkrmu má kromě složení krmiva i technika krmení a technologie ustájení. Ty bývají velmi rozmanité a pro každé prostředí jinak vhodné.

Jednou z nejčastěji používaných metod pro konzervaci a zvýšení výživné hodnoty tekutých krmných složek se prokázala fermentace, ve které je cílem hygienické ustálení substrátu. Jako příklad můžeme uvést fermentované krmivo pomocí bakterií mléčného kvašení, které se začíná zavádět v chovech se systémem mokrého krmení. Jakékoliv zlepšování podmínek chovu probíhá vždy s ohledem na dobrý welfare prasat, který zůstává pro každého chovatele prioritou.

2 Cíl práce

Cílem práce je shromáždit dostupnou literaturu popisující vliv fermentovaného krmení u prasat na parametry růstu ve výkrmu prasat. Dále vyhodnotit vliv fermentovaného krmení na užitkové vlastnosti, welfare a ekonomiku chovu prasat.

3 Literární rešerže

3.1 Výživa prasat

Prasata jsou typickým představitelem monogastra s jednokomorovým žaludkem (Vukmirović et al. 2017) a s trávicím ústrojím všežravého typu, to znamená, že jsou schopni trávit živiny z krmiva jednak živočišného původu, ale také z krmiva rostlinného původu, nejsou však schopni trávit celulózu.

Výživu prasat řadíme mezi jedny z nejdůležitějších faktorů při chovu prasat. Nutriční hodnota krmné dávky se vyjadřuje obsahem živin tedy energie, aminokyselin dalších esenciálních látek. Rovněž také fyzikálními a chemickými vlastnostmi krmiva působícího na organismus zvířete (Lád 2004).

Mezi jedním z nejdůležitějších faktorů, které určují využití krmiva prasaty, je struktura a velikost částic. Menší velikosti částic krmiva zlepšují užitkovost, díky specifickému povrchu částic krmiva, který pak umožňuje lepší kontakt s trávicími enzymy (Vukmirović et al. 2017).

3.1.1 Živiny

Živiny podle funkčního hlediska dělíme na stavební, specifické, energetické a neenergetické. Stavební živiny jsou takové, ze kterých si organismus utváří novou tělní hmotu (rostoucí prasata – přírůstek těla, březí prasnice – plody, plodové obaly) (Kodeš et al. 2001), případně náhradu za opotřebované buňky. Do této kategorie řadíme dusíkaté látky (NL), makroprvky a vodu. Jakmile dochází k odbourávání živin energetických, tak se zároveň uvolňuje energie chemických vazeb, která je nadále využívána k metabolickým procesům, pohybu a vytváření tělního tuku. Mezi energetické živiny řadíme především sacharidy, alkoholy a nadbytečné dusíkaté látky. Do skupiny neenergetických živin patří minerální látky s vodou. A z hlediska funkčnosti řadíme jako poslední živiny se specifickým účinkem, které zpravidla pozitivně ovlivňují (regulují, chrání, katalyzují a stimulují), ovšem i tlumí látkové a energetické metabolismy v buňkách (Kodeš et al. 2001). Do této skupiny řadíme enzymy, hormony, mikroprvky a vitaminy (Stupka et al. 2009).

Živiny lze také rozdělit podle významnosti na esenciální a neesenciální. Esenciální živiny jsou k životu nezbytně nutné a jejich přítomnost v krmivu je nepostradatelná, protože je prase neumí syntetizovat. Neesenciální živiny jsou v krmivu postradatelné, a to z důvodu, že je zvíře buď nepotřebuje, nebo si je umí syntetizovat samo či jsou zajišťovány symbiotickou mikroflórou trávicího traktu (Kodeš et al. 2001).

3.1.2 Prebiotika

Prebiotika poskytují především základní živiny a energii pro prospěšné střevní mikroorganismy, a tím zvyšují jejich počet a množství funkčních genů (Sánchez et al. 2017). Prebiotika jsou součástí krmných složek a mohou také být vyrobeny fermentací. Mezi nejběžnější prebiotika řadíme galaktooligosacharidy, fruktooligosacharidy a inulin, které mohou poskytovat živiny a pozitivně regulovat složení a funkci střevní mikroflóry (Macfarlane et al. 2007). U pektinu, rezistentního škrobu a dalších složek vlákniny se také předpokládá, že mají

prebiotický potenciál a stimulují ve střevě *Faecalibacterium prausnitzii* a *Bifidobacterium*, který produkuje butyrát v dolní části střeva (Bird et al. 2010). Zkoumaná prebiotika ve studiích pro složení mikrobioty nejčastěji bývají fermentovatelné sacharidy, které bývají spjaty se zlepšením mikrobiální homeostázy v tenkém i tlustém střevě prasat (Roselli et al. 2017).

3.1.3 Probiotika

Probitoika konkurují patogenním bakteriím v živinách a tím mohou zasahovat přímo do jejich činnosti (Sánchez et al. 2017). Spolupůsobením probiotik a epitelární vrstvy dochází k posílení spojení s enterocyty (Ruiz et al. 2016). Antimikrobiální látky jsou mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA) a bakteriociny inhibující růst potencionálních patogenů. Většina probiotik má geny, které kódují enzymy zodpovědné za biochemické dráhy, které jsou přítomny v hostiteli, jako například produkce několika esenciálních sloučenin a vitamínů (Sánchez et al. 2017).

Maghsood et al. (2018) uvádějí, že tělesné orgány jsou ovlivňovány probiotickými metabolity prostřednictvím produkce neurotransmiterů, a to především kyselinou γ – aminomáselnou nebo serotoninem. Mimo jiné má několik bioaktivních složek z probiotik také protizánětlivé vlastnosti a mohou též modulovat protizánětlivou odpověď. Peptidy vzniklé mikrobiální degradací, hrají velmi důležitou roli u zlepšování stravitelnosti krmiva a mají antioxidační funkci (Gilbert et al. 2008). Wang et al. (2018) ve své studii uvádí, že probiotika zlepšila svou růstovou výkonnost posílením sítě střevních bakteriálních korelací a tím urychlila maturaci střevní mikrobioty.

Probiotika mohou přímo ovlivňovat epitelární buňky střevní sliznice a lymfoidní tkáň střeva a podporují jejich správnou funkci (Sánchez et al. 2017). Jejich metabolity působí antioxidačně, antimikrobiálně a imunoregulačně.

Fermentovaná krmiva obsahující jak prebiotika tak i probiotika jsou mnohem účinnější ve srovnání s krmivy obsahující samostatně probiotiky nebo prebiotiky pokud se jedná o homeostázu a funkci střevní mikrobioty (Wang et al. 2018).

3.1.4 Glykany

Glykany jsou polysacharidy, které jsou složeny z monosacharidů vázaných glykosidovými vazbami. Podle struktury je dělíme na homopolysacharidy, kam řadíme škrob, glykogén, celulózu, fruktan, inulín. A heteropolysacharidy, kam patří hemicelulóza.

Glykany formulují střevní mikroflóru po celý život. Biochemie různých glykanů je velmi rozmanitá. Do jednoho polymeru může být začleněno vícero různých glykosidických vazeb, které vyžadují několikero vazebně specifických degradačních enzymů. Lidský genom je však schopen degradovat pouze malou skupinu glykanů a to škrob, sacharózu a laktózu, u nichž každá obsahuje pouze jednu případně dvě různé vazby. Naopak některé mikroorganismy ve střevním traktu se zaměřují na desítky glykanů a jsou vybaveny příslušnými enzymatickými prostředky pro depolymeraci každé z těchto molekul na jejich složkové cukry. Střevní mikroorganismy se zásadně liší v počtu různých glykanů, na které jsou schopny se zaměřit. Například lidský symbiont střev *Bacteroides thetaiotaomicron* dokáže degradovat ve více než deseti různých typů glykanů, naopak některé druhy se omezují pouze na jeden či několik typů glykanu. Z ekologického hlediska druhy s širokými schopnostmi degradovat glykany

považujeme za generalisty, který svůj metabolismus mění v závislosti na potravě, kdežto druhy s užším potencionálem degradovat glykany považujeme za specialisty, kteří se soustředí na jeden či několik málo glykanů. Specialisté bývají ohroženi tím, že existuje možnost jejich vyhynutí, pokud jejich fermentované živiny vymizí na příliš dlouhou dobu, proto je velmi pravděpodobné, že se takovýto mikroorganismus vyvine pouze k degradaci všudypřítomného glykanu v potravě nebo mucinu odvozeného od hostitele.

Rozložení glykanů ve střevě dále komplikuje skutečnost, že mnoho substrátů je zachyceno ve větších strukturách, jako je například buněčná stěna rostlin, nebo v určitých mikrostanovištích, jako je vrstva hlenu, která je pro některé druhy hůře přístupná. Glykany rostlinné buněčné stěny (celulóza, hemicelulóza, pektin) jsou v řadě potravin vzájemně propojeny do polysacharidové matrice. Mimo to se také hemicelulóza a pektin u různých rostlinných zdrojů liší svou jemnou strukturou. Škrob (vnitrobuněčný rostlinný glykan) může být obsažen nejen v nerozpustných granulích, ale i jako chemická forma, která je odolná vůči degradačním enzymům. Všechny procesy jako je vaření, mletí a další přípravy potravin mohou ovlivnit množství „rezistentních forem škrobu“ a dostupnost dalších rostlinných glykanů pro střevní mikroorganismy. A chemická rozmanitost endogenních O- a N- vázaných glykanů (na jeden mucinový glykoprotein mohou být vázány až stovky různých struktur) vyžaduje aby slizniční bakterie produkovaly mnoho různých degradačních enzymů, který představují významnou metabolickou investici, aby byly tyto heterogenní polymery účinně využity (Koropatkin et al. 2012).

Epitel tlustého střeva má prospěch z konečného výsledku mikrobiálního metabolismu i bez ohledu na konkrétní glykanový substrát. Butyrát, který vzniká v tlustém střevě, má lokální účinky na epitel tlustého střeva, jelikož je preferovaným zdrojem energie pro kolonocyty a je také spojován s potlačením růstu nádorů tlustého střeva. Acetát a propionát se vstřebávají do krevního oběhu kudy putují do jater, kde se následně zapojují do metabolismu lipidů a glukózy. Nejenže je acetát vstřebáván hostitelem, ale také se projevuje v prostředí tlustého střeva, kde může zvyšovat produkci butyrátu některými druhy a taktéž bránit kolonizaci některých střevních patogenů (Koropatkin et al. 2012).

3.1.5 Vlákna

Termín vlákna poprvé použil Hipsley v roce 1953 (Jha&Berrocoso 2015) pro nestravitelné složky, které utváří buněčnou stěnu rostlin. V průběhu let však byly navrženy a používány různé definice. V dnešní době je uznávána přesná definice vlákniny (DF), která musí obsahovat fyziologické účinky vlákniny. Proto je důležitým faktorem definice vlákniny to, že se skládá z karbohydrátů (CHO), které nejsou stravitelné endogenními živočišnými enzymy (Bindelle et al. 2008).

Vlákninu lze také definovat jako polysacharid rostlinného původu, který je imunní vůči trávicím sekretům a je potenciálně přístupný pro bakteriální fermentaci ve střevech monogastrických zvířat. Vlákna zahrnuje širokou škálu sacharidů, kterým se také říká neškrobové polysacharidy (NSP), mezi které řadíme pektiny, celulózu a hemicelulózu, β -glukany a fruktany. Rezistentní škrob a oligosacharidy jsou taktéž považovány za součást vlákniny. Bindelle et al. (2008) uvedli, že hydrolyzou těchto sacharidů vzniká vždy stejná pentóza, hexóza, deoxyhexóza a kyselina uronová.

Fyzikálně – chemické vlastnosti zdrojů vlákniny mohou mít za následek změny ve střevním prostředí, to vede ke změně růstu střevní mikroflóry. Příjem alternativních komponent ve výživě prasat je závislý na několika faktorech, a to stupeň mikrobiální fermentace v tlustém střevě, obsah vlákniny, míra absorpce a využití produkovaných těkavých mastných kyselin (VFA) (Molist et al. 2014). Zdroje vlákniny jsou v gastrointestinálním traktu (GIT) fermentovány při vzniku těkavých mastných kyselin, které mají pozitivní vliv na zdraví střeva (Lindberg 2014). Wellock et al. (2007) uvádí, že pro zdraví střev je nejvhodnější strava ta, která obsahuje vhodné zdroje především rozpustné neškrobové polysacharidy než nerozpustné. Jha&Berrocoso (2015) uvádí, že rozpustné neškrobové polysacharidy zahrnují pektiny, β – glukany a hemicelulózu, kdežto celulóza a lignin ohrožují nerozpustnou frakci. Kodeš et al. (2001) uvádí, že lignin je pro prasata nejvíce nestravitelný a působí jako depresor. Z tohoto důvodu je důležité znát typ a zdroj vlákniny dodávané ve výživě prasat.

Neustále se také zvyšuje zájem a podněty pro identifikaci a charakterizaci alternativních krmných komponent, jako například zrna luštěnin, vedlejší produkty lihovarského a olejářského průmyslu (řepkový šrot) a produkty mletí pšeničné mouky (řízky a otruby) a případně další vlákninová krmiva. Jako hlavní zdroj energie pro prasata v krmivu jsou obilná zrna a jejich vedlejší produkty. Vláknina obilných zrn je především tvořena neškrobovými polysacharidy (arabinoxylány, β - glukany a celulózou) a nesacharidovou složkou ligninem (Knudsen 2014). Mimoto se ve stoncích a listech obilovin nachází nepatrné množství pektinových látek (Choct 1997). Několikero autorů zmínilo, že obsah vlákniny v běžně přístupných krmných surovinách se může lišit v závislosti na druhu a kvalitě. S ohledem na dietetické působení přiměřených dávek vlákniny je nezbytně nutné, aby tato živina byla přítomna ve všech dietách pro prasata (Kodeš et al. 2001).

Fermentovatelnost neškrobových polysacharidů a jejich fyziologické vlastnosti jsou z hlediska složení špatně předvídatelné a souvisejí s jejich fyzikální strukturou, rozpustností, viskozitou a schopností zadržovat vodu (Sajilata et al. 2006). Část škorbu, označována jako rezistentní škrob, uniká trávení v tenkém střevě a dostává se do tlustého střeva z důvodu fyzikální nepřístupnosti (Cummings & Englyst 1995), krystalické struktury či retrogradace amylozy po tepelné úpravě.

Energetické potřeby prasete jsou kryty těkavými mastnými kyselinami, především butyrátem, produkované bakteriemi, které regulují složení mikroflóry i růstu epitelových buněk. Možnosti rizik při zařazení vlákniny do krmných dávek prasat chovaných v tropických extenzivních či intenzivních chovech jsou projednávány v souvislosti s mechanismy interakce vlákniny s trávicími procesy (Bindelle et al. 2008).

3.2 Krmná hodnota krmiva obohaceného o vlákninu

3.2.1 Stravitelnost

Stravitelnost jednotlivých živin je vyjadřována koeficientem stravitelnosti. Ty se klasicky zjišťují exaktními bilančními pokusy, při nichž se kvantitativně stanoví množství živin, které zvíře přijalo v krmivu a množství živin vyloučených ve výkalech. Z rozdílu obou hodnot vyplývá množství strávených živin a příslušný, procenty vyjádřený koeficient

stravitelnosti. Rozlišujeme dva typy stravitelnosti, a to bilanční (neboli zdánlivou) a skutečnou (Kodeš et al. 2001).

Koeficient stravitelnosti vlákniny je nižší v porovnání s ostatními živinami (bílkoviny, cukry, tuky nebo škroby)(Noblet & Le Goff 2001). Díky rozmanitosti ve fyzikálních a chemických vazbách mezi monomery u vlákniny je její fermentovatelnost variabilnější.

Tab. 1 Stravitelnost neškrobových polysacharidů u rostoucích prasat

Pšeničná sláma	0,163
Pšeničné otruby	0,435
Cukrovarské řízky	0,695
Sójvé slupky	0,791

Přítomný lignin má za následek nízkou stravitelnost pšeničné slámy. Celulóza a hemicelulóza, které tvoří neškrobové polysacharidy z pšeničných otrub, bývají také hůře fermentovatelné oproti vysoce stravitelným pektinovým látkám v cukrovarských řízcích a sójových slupkách (Karr-Lilienthal et al. 2005). Owusu-Asiedu et al. (2006) přišel při porovnávání rozpustných a nerozpustných vláknin na to, že náhrada 7 % kukuřičného škrobu galakromannanem (guarová guma) a celulózou v krmivu z kukuřičného a sójového šrotu pro rostoucí prasata, snížila energetickou stravitelnost. Naopak kombinace 7 % guarové gumy a 7 % celulózy vedla k energetické stravitelnosti vyšší. Přidáním rezistentního škrobu do krmiva pro prasata nebyl zaznamenán žádný významný vliv na stravitelnost organické hmoty.

Dále Martinez-Puig et al. (2003) uvádí, že adaptace na vlákninu je velmi dlouhý proces, který trvá minimálně 5 týdnů. U diet, které obsahují 4-6% hrubé vlákniny bylo zjištěno, že během období 30-100 kg se stravitelnost energie zvyšuje (Noblet & Le Goff 2001). Největší dopad byl zpozorován u prasnic a rostoucích prasat. Z tohoto důvodu by u komponent vlákniny měly být vždy uvedeny dvě různé hodnoty vlákniny (Noblet et al. 2003). Goff et al. (2002) uvádí, že u prasnic bývá stravitelnost energie vyšší, a to z důvodu delší přechodové doby v souladu s větším objemem trávicího traktu a nižším příjmem krmiva na živou hmotnost. Tedy vedle nižší účinnosti využití energie mastných kyselin s krátkým řetězcem v porovnání s glukózou tak nízká stravitelnost některých zdrojů vlákniny přispívá k jejich negativním vlivům na energetický obsah krmiva (Bindelle et al. 2008).

Objemová schopnost vlákniny způsobuje zkracování doby průchodu celým gastrointestinálním traktem a stravitelnosti ostatních živin v krmivu. Zvýšením obsahu vlákniny se snižuje doba zdržení v tlustém i tenkém střevě (Wilfart et al. 2007), tím se zkracuje doba působení potravy na trávicí enzymy hostitele (Low 1982). U prasat, která jsou krmeny dietami s vysokým obsahem vlákniny bývá množství průtoku tráveniny v koncovém ileu vyšší než u prasat krmených dietami s nízkým obsahem vlákniny. Naopak v žaludku se doba zdržení může prodloužit při přítomnosti vlákniny, to následně vede k dřívějšímu nasycení (Wenk 2001). Bindelle et al. (2008) uvádí, že časná nasycení je velmi podstatné pro welfare březích prasnic, ale naopak nepříznivé u prasat v růstu, u kterých se vyžaduje maximální příjem energie.

Schopnost vlákniny zadržovat vodu vede k pomalejšímu vyprazdňování žaludku. Z toho důvodu rozpustná vláknina prodlužuje pocit sytosti, naopak nerozpustná vláknina má nižší účinnost (Wenk 2001). Snížení stravitelnosti se liší také podle množství a typu vlákniny, protože rychlost difuze hostitelských enzymů směrem k povrchu sliznice do stravy a difuze

solubilních složek, jako jsou cukry a peptidy, jsou zpomaleny viskozitou střevního obsahu v závislosti na schopnosti vlákniny zadržovat vodu (Bindelle et al. 2008).

Celkově lze tedy říci, že nižší obsah energie ve stravě s vysokým obsahem vlákniny a její vliv na nasycení snižují růstovou výkonnost zvířat (Bindelle et al. 2008).

3.2.1.1 Stravitelnost bílkovin

Bílkoviny jsou hlavní složkou živočišného těla a obnovují se několikrát za život. Jsou to vysokomolekulární koloidní sloučeniny, složené z velkého počtu aminokyselin (AMK), které dělíme na esenciální (nepostradatelné) a neesenciální (postradatelné).

Nutriční hodnota bílkovin závisí na bohatosti aminokyselinového spektra a jejich přístupnosti pro živočišné organismy. Bílkoviny obsahující všechny nepostradatelné aminokyseliny (AMK) označujeme jako plnohodnotné. Jako neplnohodnotné AMK označujeme ty bílkoviny, které jsou v některé AMK deficitní (Kodeš et al. 2001).

Je známo, že diety s vysokým obsahem vlákniny zvyšují endogenní ztráty dusíku (Leterme et al. 2006) a způsobují erozi střevní stěny (Varel a Yen 1997). Původ, povaha vlákniny a její fyzikálně – chemické vlastnosti ovlivňuje stravitelnost bílkovin v ileu.

Vlivem mikrobiálního růstu dochází ke snižování fermentace vlákniny zdánlivou stravitelností bílkovin a dochází ke zvýšenému vylučování dusíkatých výkalů (Bindelle et al. 2008), jelikož bakteriální biomasa, která je nahromaděna ve výkalech je tvořena cca 625 g/1kg sušiny hrubého proteinu (Russell et al. 1992). Zervas & Zijlstra (2002) však zaznamenal, že přidáním fermentovatelných zdrojů vlákniny (cukrovarské řízky či sójové slupky) do diet s nízkým obsahem vlákniny a vysokým obsahem bílkovin snížilo stravitelnost u cukrovarských řízků hrubého proteinu a sójových slupek. U diet s nízkým obsahem bílkovin nebylo toto snížení příliš významné, ale přesto bylo viditelné.

3.3 Fermentované krmení

Pecher (2015) uvádí, že fermentace se prokázala jako jedna z nejbezpečnějších metod pro konzervaci a zvýšení výživné hodnoty tekutých krmných složek. Cílem fermentačního procesu je hygienické ustálení substrátu. Toho lze dosáhnout snížením pH v důsledku tvorby kyseliny mléčné. Fermentované krmivo má pozitivní vliv na zdraví střev a u některých živin vykazuje i lepší biologickou využitelnost.

Pro dosažení ustálených podmínek je krmivo fermentováno po dostatečně dlouhou dobu. Dle definice je tekuté fermentované krmivo (FLF) smícháno s vodou nejčastěji v poměru 1:1,5 až 1:4 (Brooks 2003). Nejčastěji se připravuje spontánní fermentací (SFLF) nebo zařazením krmné směsi s bakteriemi mléčného kvašení (LAB) jako inokula. Pokud je doba mezi mícháním a kmením téměř nulová, nebo příliš krátká k dosažení ustálených podmínek během fermentace, používáme termín tekuté krmivo (LF) nebo nefermentované tekuté krmivo (NFLF) (Missotten et al. 2010).

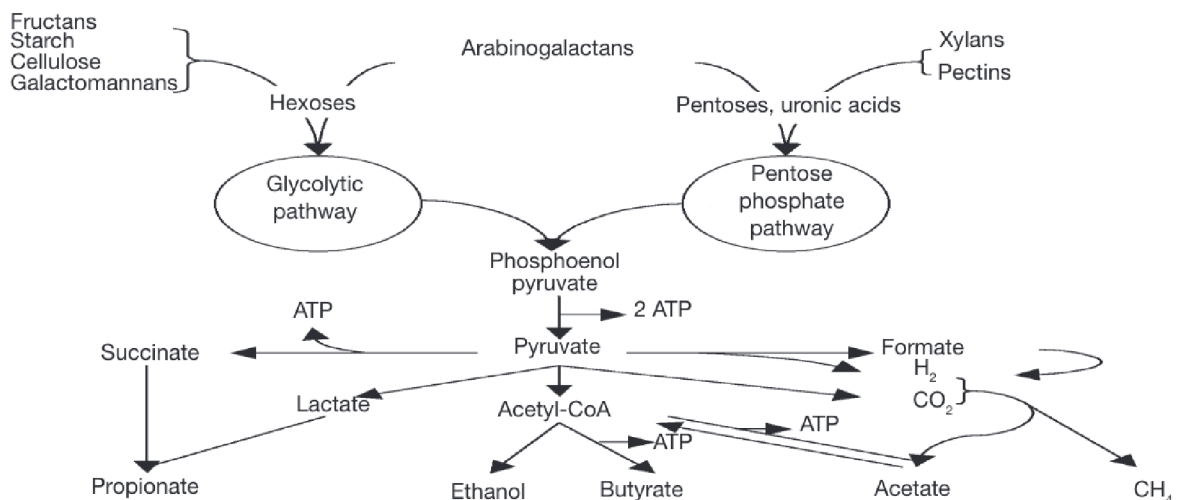
3.4 Fermentační procesy a produkty

Střevní bakterie hydrolyzují polysacharidy tvořící vlákninu a metabolizují jejich cukry prostřednictvím řady anaerobních energetických reakcí vedoucích k produkci ATP, který se

používá pro základní a růstový metabolismus bakterií (Bindelle et al. 2008). Kromě bifidobakterií většina anaerobů tlustého střeva využívá ke kvašení sacharidů Embdenovu-Meyehofovu-Parnasovu dráhu, rovněž označovanou jako glykolýza, která rozkládá glukózu přes pyruvát na glukózu- 6 - fosfát (Miller & Wolin 1996). Plyny (CO_2 , CH_4 a H_2) a mastné kyseliny s krátkým řetězcem (acetát, n-butyrát a propionát) jsou považovány za hlavní a konečné produkty fermentace. Rovněž metabolity jako etanol, laktát a sukcinát jsou tvořeny různými druhy bakterií (Drochner et al. 2004). S výjimkou etanolu, se tyto produkty ve střevě nehromadí, jelikož slouží jako substrát a donory elektronů pro bakterie cross-feedingu a dále jsou přetvářeny na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Bindelle et al. 2008). Williams et al. (2001) uvádí, že obecná stechiometrie lze vyjádřit obecnou rovnicí $57,5 \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 45 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 65 \text{ acetát} + 20 \text{ propionát} + 15 \text{ n-butyrát} + 140 \text{ H}_2 + 95 \text{ CO}_2 + 288 \text{ ATP}$. Bez ohledu na tuto obecnou rovnici se relativní molární podíl a množství mastných kyselin s krátkým řetězcem liší (Bindelle et al. 2008).

Při zaznamenaném nízkém výtěžku mastných kyselin s krátkým řetězcem u substrátů, jako pšeničné otruby, dochází k neúplné fermentaci nebo to může také znamenat, že se tvoří jiné meziproducty. V hlavní rovnici je také uvedeno, že hlavním aniontem vznikajícím při fermentaci vlákniny je acetát. Při fermentaci pektinu se uvolňuje acetát: propionát:butyrát v poměru 80:12:8, kdežto při fermentaci ostatních neškrobových polysaccharidů 63:33:8 a při fermentaci škrobu 61:12:23 (Drochner et al. 2004).

Rezistentní škrob také známý jako butyrogenní substrát má zvláštní význam, co se týká střevního zdraví (Sajilata et al. 2006). Mimo zdroje vlákniny také ovlivňuje způsob jeho využití a množství dostupného substrátu. Bindelle et al. (2008) uvádí, že použitím čistých kultur v chemostats produkují *Bacteriodes ovatus* a *Clostridium perfringens* více acetátu oproti propionátu, pokud fermentuje v prostředí s omezeným obsahem uhlíku a nikoli v prostředí s jeho nadbytkem (Bindelle et al. 2008).



Obr. 1 Schematické znázornění cest fermentace polysacharidů ve střevech prasat (Pryde et al., 2002; Macfarlane et al., 2003).

3.5 Mikrobiální kvalita krmiv – čerstvá a fermentovaná tekutá krmiva

Tekuté fermentované krmivo je důležité odlišit od jiných systémů krmení. Tekuté krmivo je připravováno buď ze suchých surovin smíchaných s vodou, nebo ze směsi tekutých vedlejších produktů potravinářského průmyslu a běžných suchých surovin. Tekuté krmivo by se nemělo zaměňovat se systémy mokrého a suchého krmení, kde je krmivo s vodou odděleno až do okamžiku podání prasatům (Brooks 2003).

Existují dva typy tekutých krmiv (LF), a to čerstvá LF a fermentovaná LF (FLF). Mikrobiologie tekutých krmiv byla prostudována méně než mikrobiologie FLF. Avšak vzhledem k výskytu neúmyslné spontánní fermentace je velmi pravděpodobné, že mnoho zemědělců, kteří preferují krmení tekutými krmivy, v praxi ale krmí krmivem, v němž došlo k určitému stupni fermentace v krmném okruhu. O' Meara et al. (2020) ilustruje míru fermentace, která probíhá v čerstvém tekutém krmivu, v jeho studii se odebírají vzorky z krmiva pro finišery v komerčních jednotkách prasat krmených „čerstvým“ tekutým krmivem. Zjistili, že počty kvasinek, *E.coli* a LAB se zvyšovali od míchání nádrže až po zbytky krmiva, které zůstávali ve žlabech, a to mělo za následek snížení pH, a to vypovídá o výskytu spontánní fermentace (Cullen et al. 2021; O'Meara et al. 2020).

Jako negativní dopad spontánní fermentace se projevilo snížení obsahu methioninu, lyzinu, threoninu a energie v krmivu, ke kterým může docházet vlivem v důsledku selekce a množení nežádoucích mikrobů a následného mikrobiálního rozkladu krystalických aminokyselin v krmivu. To vede následně k produkci nežádoucích metaolitů jako jsou například biogenní aminy (Cullen et al. 2021; Brooks et al. 2001). Canibe & Jensen (2003) zaznamenal velmi podobné výsledky u čerstvého fermentovaného krmiva, u kterého se spontánní fermentace projevila snižováním nízkomolekulárních cukrů, zvyšováním počtu LAB; kvasinek a celkového počtu anaerobů v porovnání se suchým krmivem, přestože neodebírali vzorky na různých místech. Důkazy o tom, že čerstvé tekuté krmivo bylo v první fázi fermentace udává vysoké množství *Enterobacteriaceae* a pH 6, které bylo nalezeno v čerstvém tekutém krmivu ve srovnání se suchým krmivem a fermentovaným tekutým krmivem (Canibe a Jensen 2003).

Mezi běžné metody výroby tekutých fermentovaných krmiv je řazeno smíchání čerstvého krmiva a tekutiny s podílem dříve úspěšně proběhlé fermentace, také známo jako „backslopping“. Za jako jeden z klíčových přínosů tekutého fermentovaného krmiva je považována kyselina mléčná, která je produkována fermentací bakteriemi mléčného kvašení (LAB), protože snižuje pH krmiva a GIT prasat, a tím dochází ke snížení počtu enterobakterií (Plumed-Ferrer a von Wright 2009; van Winsen et al. 2001). Alternativou k mikrobiální fermentaci tekutého krmiva je přímý přídavek organických kyselin do čerstvého tekutého krmiva s účelem vzniku okyseleného tekutého krmiva (ALF) (Cullen et al. 2021)

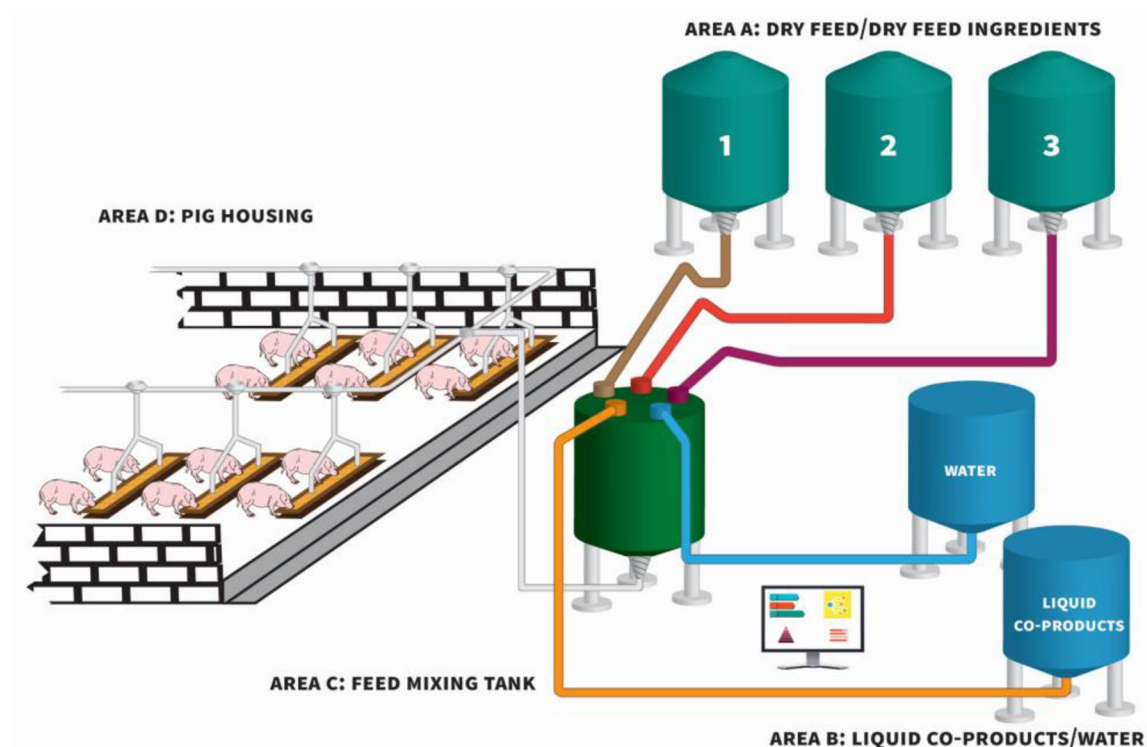
Existují také nefermentovaná tekutá krmiva (NFLF) která se smíchávají s vodou přímo ve žlabu nebo přímo před podáním krmiva prasatům. Pokud však NFLF krmíme bez omezení (ad libitum) nebo pokud zůstává v nádržích či potrubí kapalinových systémů mezi krmením, dochází k již zmiňované nevyhnutelné spontánní fermentaci (Beal et al. 2002; Plumed-Ferrer et al. 2004; Missotten et al. 2010).

3.5.1 Tekutá krmiva okyselená organickými kyselinami

V současnosti je přidávání organických kyselin do tekutých krmiv běžnou praxí. Organické kyseliny se do krmiva přidávají z toho důvodu, aby se udrželo dostatečně nízké pH a zabránilo se množení enterobakterií po celou dobu krmení. Přidávání organických kyselin je však nutné opakovat při každém doplňování, a to zvyšuje náklady na tento konkrétní přístup (Geary et al. 1999). Cullen et al. (2021) říká, že i když by se náhlému vrcholu výskytu enterobakterií podařilo přidavkem organických kyselin zabránit, tak kvasinky i nadále mohou volně růst, protože se dokážou přizpůsobit kyselému prostředí a pravděpodobně snižují příjem krmiva u prasat.

Jak již bylo zmiňováno fermentace tekutého krmiva může mít za následky nežádoucí účinky, a to včetně dekarboxylace přidaných syntetických aminokyselin, která je částečně připisována *E. Coli* a dalším z čeledi *Enterobacteriaceae* (Niven et al. 2006). Z tohoto důvodu může rychlé okyselení tekutých krmiv minimalizovat ztráty volných aminokyselin, jelikož *Enterobacteriaceae* jsou na nejvyšším stupni v první fázi fermentace, kdy je hladina LAB, a tím i tedy koncentrace kyseliny mléčné nízká a pH vysoké (Brooks 2008). Přidáním kyseliny do tekutého krmiva během přípravy by mělo urychleně potlačit rozmnožování enterobakterií a zároveň snížit pH (Cullen et al. 2021).

Geary et al. (1999) zkoumal mikrobiální složení fermentované tekuté diety pro odstavená selata, která byla buď naočkována *P. acidilactici*, nebo doplněna kyselinou mléčnou na začátku každé fermentace. Počet koliformních bakterií se během prvních 4 dnů pokusu v krmivu inokulovaném *P. acidilactici* (pH 4,5) zvýšil, ale následně se snížil a stal se nedatovatelným. Oproti krmivu, které bylo doplněno kyselinou mléčnou (pH 4), kde byli koliformní bakterie eliminovány již po dvou dnech. Nicméně vzhledem k tomu, že oba způsoby úpravy byly účinné při potlačování růstu koliformních bakterií a nebyli zjištěny žádné další rozdíly v růstu u prasat krmených těmito dietami, autoři navrhli používání praktičtější metody a to ty, ve které se přidává *P. acidilactici*. Tato metoda byla zvolena jako vhodnější z důvodu toho, že k dosažení poklesu pH byly náklady na inokulanty výrazně nižší než náklady na kyselinu mléčnou. Lawlor et al. (2002) pro svůj pokus také použil kyselinu mléčnou k okyselení tekuté diety pro odstavená prasata. Je však nutno podotknout, že připravovali denně čerstvé diety, naproti tomu Geary et al. (1999) přidával kyselinu mléčnou do každé nově vytvořené dávky krmiva, která byla přidávána do nádrže, ve které zůstávaly zbytky krmiv z předchozího dne, tzn. dieta tekutého fermentovaného krmiva byla doplněna kyselinou mléčnou. Tato rozdílná příprava krmiva se projevila na výsledcích tím, že Lawlor et al. (2002) uvádí počty LAB a počty kvasinek nižší oproti Geary et al. (1999). Vyšší počty koliformních buněk, které také zaznamenal Lawlor et al. (2002) mohli následně vést k nižší populaci LAB (Cullen et al. 2021).



Obr.2 Schéma automatizovaného systému tekutého krmení, které ukazuje, jak se suché krmivo/suché krmné složky z krmných zásobníků (oblast A) a voda a/nebo tekuté vedlejší produkty (oblast B) dodávají do centrální míchací nádrže (oblast C), kde se míchají, a následně se tekutá krmiva dodávají do kotců řadou potrubí ke spotřebě prasaty (oblast D). Na farmách, kde se používá fermentace, může být před míchací nádrží další fermentační nádrž, kde se celá krmná dávka nebo obilná frakce krmné dávky po určitou dobu fermentuje před přečerpáním do míchací nádrže k dodání do kotců (Cullen et al. 2021).

3.5.2 Spontánní či inokulované kvašení

Jak už bylo zmiňováno u tekutých fermentovaných krmiv lze fermentaci buď indukovat, nebo může proběhnout spontánně. Indukovanou fermentaci dosáhneme zpětnou inokulací krmiva kmenem LAB (Plumed-Ferrer & von Wright 2009). Dle Beal et al. (2002) spontánní fermentace není spolehlivým systémem pro získání chutného bezpečného finálního produktu.

Olstorpe et al. (2008) ve svých nedávných studiích uvádí, že druhové složení fermentovaných tekutých krmiv, se může výrazně lišit. Zjistili, že na začátku spontánní fermentace byla dominantní populace *Pedococcus pentosaceus*, avšak po nepřetržitém třídenním fermentování se stala dominantní populací populace *Lactobacillus plantarum*. Toto bylo zpozorováno i u inokulovaného tekutého fermentovaného krmení, kde byl k inokulaci použit kmen LAB, který však dominantním nezůstal (Geary et al. 1999; Missotten et al. 2010). Z tohoto důvodu Brooks et al. (2008) uvádí, že vhodnější je použití dávkované fermentace pro zachování možného probiotického účinku přidaného kmene.

3.6 Požadované vlastnosti tekutého fermentovaného krmiva

Jakmile dojde ke smíchání krmiva s vodou, je možné, že začne okamžitá fermentace. Podle Canibeho a Jansena (2003) je počáteční fáze fermentace charakterizována nízkým

obsahem kvasinek a kyseliny mléčné, LAB, vysokým pH a rozkvětem enterobakterií, a to je pro fermentaci velmi důležité. Po této fázi následuje fáze druhá, ve které dochází k ustálení stavu a vyznačuje se především vysokým obsahem bakterií mléčného kvašení, kvasinek a kyseliny mléčné, nízkým pH a nízkým počtem enterobakterií.

Koncentrace kyseliny mléčné je hlavním faktorem odpovědný za antimikrobiální účinek tekutého fermentovaného krmiva (FLF). Dle van Winsen et al. (2001) řadíme mezi žádoucí vlastnosti FLF: pH nižší než 4,5; koncentrace LAB vyšší než 9 log₁₀ CFU/ml; koncentrace kyseliny octové a ethanolu nižší než 40, resp. 0,8 mmol/l a koncentrace kyseliny mléčné vyšší než 150 mmol/l.

Beal et al. (2002) uvádí, že k zabránění růstu *Salmonella spp.*, musí obsahovat tekuté krmivo nejméně 75 mmol/l kyseliny mléčné. Ke snížení koncentrace enterobakterií by měla být koncentrace kyseliny mléčné vyšší než 100 mmol/l (Brooks 2003; Cullen et al. 2021). Tato koncentrace kyseliny mléčné má příznivý vliv na příjem krmiva, denní přírůstek a poměr krmiva a přírůstku (Cullen et al. 2021). Je předpokládáno, že D-konfigurace kyseliny mléčné je metabolizována stejně rychle, nebo pomaleji, než L – kyselina mléčná (Missotten et al. 2010).

Van Winsen et al. (2001) stanovil limit u kyseliny octové na 40 mmol/l z důvodu možné ztráty chutnosti, nicméně jiní autoři uvádějí, že koncentrace kyseliny octové nad 30 mmol/l už může negativně ovlivnit chutnost tekutých fermentovaných krmiv (Brooks 2003). Nejen kvasinky produkují kyselinu octovou, ale také heterofermentativní LAB mohou produkovat ve vysoké míře kyselinu octovou, která následně způsobí ztrátu chutnosti krmiva (Cullen et al. 2021).

Olstorpe et al. (2010) navrhli přidat do startovacích kultur tekutého krmiva (LF) žádoucí kmen kvasinek, který by v krmivu mohl dominovat, aniž by se snížila kvalita krmiva jak z nutriční, tak z mikrobiální stránky. Některé druhy hub mají v tekutém krmivu značnou výhodu, včetně toho, že mohou působit jako zdroj bílkovin (Olstorpe et al. 2010b; Olstorpe et al. 2008), inhibovat plísně a *Enterobacteriaceae* (Olstorpe et al. 2012; Adeldruvefors a Schnurer 2005; Cullen et al. 2021).

Pokud při kvašení převažují kvasinky, může to mít pozitivní, ale i negativní vliv v závislosti na přítomných kmenech. Nevýhodou může být produkce „vedlejší chuti“ a ethanolu, které mohou následně snižovat obsah sušiny, chutnost a energii v krmivu (Mikkelsen a Jensen 1998). Brooks et al. (2001) také uvedli, že ztráty oxidu uhličitého mohou dosahovat až 3,1% sušiny. Naproti tomu tito autoři také prokázali to, že přítomnost kvasinek v krmivu FLF může být prospěšná pro gastrointestinální trakt prasat. Kvasinky mají schopnost vázat enterobakterie na svůj povrch a tím blokují vazbu těchto bakterií na střevní epitel (Missotten et al. 2010). Cullen et al. (2021) také zjistili, že existuje inverzní vztah mezi koncentrací kvasinek a enterobakteriemi v trávicím traktu prasat. Z tohoto důvodu může být vyšší koncentrace kvasinek v tekutém fermentovaném krmivu prospěšná.

3.7 Mikrobiota ve fermentovaných krmivech

Mikrobiální fermentace je schopna rozkládat některé krmné makroživiny a poskytovat probiotika a jejich metabolity.

Mezi dva hlavní typy mikroorganismů, které používáme při fermentaci krmiv řadíme bakterie a houby. U fermentace, která je založena na bakteriích nejčastěji uplatňujeme *Bacillus*

spp. (Han et al. 2001). Missotten et al. (2015) tvrdí, že *B. subtilis* je velmi dobře účinný při rozkladu antinutričních faktorů (ANF) z důvodu vylučování velkého množství mimobuněčných enzymů. *Lactobacillus spp.* se nejčastěji využívá při fermentování tekutých krmiv a při fermentaci v pevném stavu k produkci organických kyselin (hlavně kys. mléčné). Kvasnicové fermentace a jejich produkty se obvykle přidávají do krmiva pro prasata pro poskytnutí prospěšných složek jako jsou kvasinkové buňky, fragmenty buněčných stěn kvasinek a metabolity (Song et al. 2017). Arevalo-Villena et al. (2017) tvrdí, že kvasinky jsou schopné vázat enterobakterie na svůj povrch a tím zároveň blokují vazbu bakterií na střevní epitel. Při fermentaci se také může využívat několikero rodů rodu *Aspergillus* (*Aspergillus niger*, *A. oryzae*) (Mukherjee et al. 2015), které mají silnou schopnost hydrolyzovat makromolekulární bílkoviny na peptidy menších rozměrů a redukovat množství antinutričních faktorů v krmivu (Shi et al. 2016). K inhibici endogenních patogenů v krmivu dochází inokulací probiotik. Existují dva způsoby, jak těmto patogenům během fermentace zabránit. Prvním z nich je okyselování (Missotten et al. 2015; Shi et al. 2017). Druhým způsobem je tvorba antimikrobiálních složek (např. baktericid), které zabraňují šíření patogenních organismů (Sánchez et al. 2017; Wang et al. 2018).

Kvalita fermentovaných krmiv se může lišit v mnoha faktorech jako jsou faktory prostředí, výrobní technika a použitých mikrobech. Z tohoto důvodu je důležité vyhodnocovat kvalitu fermentovaného krmiva. Mezi hodnocení biologické bezpečnosti, krmné a výživové hodnoty fermentovaného krmiva zahrnujeme dvě hlediska. Jedním z nich je nutriční složení krmiva, jelikož obsah tvarohového proteinu (CP) je důležitým faktorem z důvodu toho, že zvýšený obsah při fermentaci zlepšuje nutriční hodnotu krmiva a dále přináší nákladové výhody. Stravitelnost, chutnost a toxicitu fermentovaného krmiva ovlivňují antinutriční faktory a obsah oligopeptidů (Shi et al. 2016). K vyhodnocení krmné hodnoty se provádí zkouška stravitelnosti živin *in vitro*. Dále také lze stanovit tuto hodnotu pomocí animálních krmných pokusů, které bývají nejpřesvědčivější. Mezi další stanovisko řadíme probiotika a jejich metabolity ve fermentovaných krmivech. Počet probiotik obsažených v krmivu po fermentaci je důležitou vlastností krmiva pro hodnocení nutriční hodnoty. Platí, že čím větší počet probiotik se vyskytuje v krmivu, tím je nutriční hodnota vyšší. Pro kvalitu fermentovaného krmiva je také velmi důležitá aktivita mikrobiálních enzymů a přítomnost antimikrobiálních složek (Wang et al. 2018).

Je známo, že zkrmováním fermentované tekuté stravy prasatům z hlediska střevní mikrobiální ekologie dochází ke snižování počtu patogenů v trávicím traktu za předpokladu, že pH a koncentrace kyseliny mléčné jsou ve fermentovaném krmivu na požadované úrovni (Cullen et al. 2021). Mnoho studií se při svých výzkumech zaměřuje na klíčové mikrobiální skupiny pomocí tradičních kultivačních a molekulárních metod, při zkoumání vlivů různých strategií tekutého krmení na trávicí trakt prasat. Důležité pro stanovení úplného mikrobiálního profilu gastrointestinálního traktu prasat, krmených tekutým krmivem a dopadu tekutinového krmení na mikrobiální společenstva, jsou údaje z vysokokapacitního sekvencování (Cullen et al. 2021).

Heinritz et al. (2016) zkoumal vliv různých diet na mikrobiální složení. Prasata byla rozdělena do dvou skupin, kdy jedna polovina byla krmena dietou s nízkým obsahem tuku a vysokým obsahem vlákniny (LF) a druhá polovina byla krmena dietou s vysokým obsahem tuku a nízkým obsahem vlákniny (HF). Vzorky výkalů se odebíraly po dobu sedmi dní.

Výsledky poukázali na to, že počet genových kopií bifidobakterií, laktobacilů ($P < 0,001$) a *Feacalibacterium prausnitzii* ($P < 0,05$) byly vyšší u prasat krmených LF, naopak *Enterobacteriaceae* byly hojněji zatsoupeny u prasat krmených HF ($P < 0,001$). Ve vzorcích HF byl taktéž přítomen vyšší počet proteinů *Enterobacteriaceae*. Proteiny pro rozklad polysacharidů pocházely především z *Prevotellaceae*. Celková koncentrace SCFA byla ve finále vyšší u prasat krmených dietou LF, kdežto koncentrace amoniaku ve výkalech se mezi dietami nelišily. Dále výsledky prokázali, že zpočátku dieta LF stimulovala prospěšné bakterie a produkci SCFA (především butyrát), naopak dieta HF podporovala skupiny bakterií, které byly spojovány s negativním vlivem na zdravotní stav (Heinritz et al. 2016).

3.8 Fyziologie trávení

Trávení lze charakterizovat jako soubor složitých změn, jemuž jsou podrobována krmiva, přicházející z vnějšího prostředí do živočišného organismu. Představuje různé intenzivní mechanické útoky a chemické (či mikrobiální) štěpné procesy, které přetvářejí nezužitkovatelné sloučeniny základních živin krmiva na látky jednodušší, schopné průniku epitelem trávicího ústrojí do vnitřního prostředí těla. Navazující resorpce, transport a opětovaná asimilace živin uvolněných digestivními procesy slouží k úhradě látkových a energetických potřeb organismu (Kodeš et al. 2001).

3.8.1 Vliv fermentovaného krmiva na gastrointestinální trakt

Snížení příjmu krmiva a kontrola růstu, je často zapříčiněna přechodem z tekutého mléka na pevnou stravu (Bindelle et al. 2008). To následně vede ke zkrácení klků a prohloubení krypt v tenkém střevě, které bývá obecně spojováno se sníženou trávicí kapacitou (Montagne et al. 2007; Pluske et al. 1997). Scholten et al. (1999) uvádí, že tekutá krmiva, ať už hovoříme o čerstvých či fermentovaných, napomáhají k překonání snížení příjmu krmiva. Dále Pluske et al. (1997) uvádějí, že především díky vyššímu příjmu živin může být zachována architektura klků. Zdá se tedy, že zkrmování krmiva v tekuté formě je pozitivní, protože snižuje přechodnou mezeru z mléčné na odstavenou stravu (Russell et al. 1996; Brooks et al. 2001; Missotten et al. 2010).

Missotten et al. (2010) přišli na to, že prasata, která jsou krmena dietami obsahující 45 % fermentovaného pšenice měla lepší strukturu klků oproti selatům krmených čerstvou tekutou dietou (bez fermentu). Bruininx et al. (2010) konstatoval, že supernatanty diet, které obsahovaly preferované obiloviny, či jejich finální produkty fermentace (etanol a organické kyseliny) zřetelně modifikovaly buněčný nárůst a metabolismus podobných buněk $CaCO_2$ enterocytům, přestože tyto účinky nebyli popsány u metody in vivo měřených v řezu jejunem odstavených prasat. Missotten et al. (2010) ve svých prvních pokusech, ve kterých porovnával selata krmená tekutým fermentovaným krmivem se selaty krmenými vlákninou zjistil, že má podobné výsledky jako Moran et al. (2006). Při těchto pokusech přišli na to, že selata krmená tekutým fermentovaným krmivem přijímala více vody z krmiva a méně sušiny, z důvodu rychlejší sedimentace pevných látek v tekutém fermentovaném krmivu (Missotten et al. 2010).

3.8.2 Vliv stravy na střevní mikrobiotu prasat

Střevní mikrobiota se vyvinula společně s hostitelem, který poskytuje mikrobům stabilní prostředí. Přičemž mikroorganismy poskytují hostiteli rozmanitou řadu funkcí, jako je trávení komplexních makroživin, produkce vitamínů a živin, obrana proti patogenům a udržování imunitního systému. Je prokázáno, že abnormální složení střevní mikrobioty je spojeno s několika onemocněními, a to včetně metabolických poruch a zánětlivých střevních onemocnění (IBD) (Koh et al. 2016).

Homeostáza a složení mikrobiomu jsou tvořeny mnoha faktory (Zhao et al. 2015). Strava patří mezi jeden z hlavních environmentálních faktorů, které formulují střevní mikrobiotu prasat (Leser et al. 2000). Dieta má také vliv na rozšíření laktobacilů v trávicí soustavě prasat (Krause et al. 1995). Freese et al. (2015) uvedli, že se významně lišila střevní mikroflóra prasat při přechodu z mléčné diety prasnice na startovací dietu složenou z rostlinných a živočišných složek. Dále uvedli, že čeleď *Prevotellaceae* se zvýšila 50x od období před odstavením do odstavení, to se shodovalo s poklesem populace *Bacteroidaceae* z 15,4 % na 1,4 %. Po odstavení také došlo k nárůstu *Ruminococcaceae* a *Lactobacillaceae*, naopak *Lachnospiraceae* se v průběhu studie příliš neměnily.

Souhrně lze říct, že fermentované krmivo ovlivňuje u prasat mikrobiotu pozitivně, a to ze dvou hledisek. Za prvé probiotika inokulována v krmivu osidlují různé části trávicího traktu nebo procházejí a přímo interagují s vrstvou hlenu, epitelovou vrstvou a lymfoidní tkání, která je spojena se střevem a uplatňuje své probiotické účinky. Mimo to metabolity probiotik (organické kyseliny, enzymy, SCFA, neurotransmitery a antimikrobiální složky) hrají důležitou roli v antibakteriálních funkcích, antioxidačních a imunoregulačních vlastnostech. Za druhé prebiotika (jako jsou oligosacharidy a vláknina) poskytují energii a živiny pro střevní mikrobiotu sjednocenou se zdravím, zvyšuje jejich populaci a podporuje jejich prospěšné metabolické dráhy (Wang et al. 2018).

Nicméně proces fermentace může mít nežádoucí výsledky na složení střevních mikroorganismů vlivem velké spotřeby živin a omezováním substrátů pro mikroorganismy zadního střeva.

3.8.3 Vliv fermentovaného krmiva na střevní mikroflóru prasat

Základem pro nové výživové strategie a pro manipulaci se střevní mikroflórou je znalost vlivu výživy na složení a homeostázu. Přidáním fermentovaného krmiva jako nového dietního krmiva do krmné dávky, by mohlo potencionálně změnit složení střevní mikrobioty (Wang et al. 2018).

Wang et al. (2018) prokázal, že různá fermentovaná krmiva mají příznivé účinky na mikrobiotu prasat během různých růstových stavů. Kiarie et al. (2011) uvádí, že prasata, která byla krmena při odstavení kvasnicovými fermentovanými produkty, měla sklony zvyšovat příjem krmiva inhibicí počtu *Enterobacteriaceae*, zvyšováním bakteriální bohatosti a diverzity ileálního trávicího traktu. Fermentované tekuté krmivo zvýšilo laktobacily v ileu u odstavených prasat a tím zlepšilo jejich zdravotní stav (Tajima et al. 2010). Ke změně mikrobioty může docházet v důsledku snížením příjmu krmiva a zároveň zvýšením průměrného denního přírůstku. Počet laktobacilů ve střevech a v žaludku se významně změnil, jakmile

prasata začala být krmena fermentovaným tekutým krmivem (Canibe & Jensen 2003). Demečková et al. (2002) uvádí, že při zařazení tekutého fermentovaného krmiva *L. plantarum* do krmné dávky prasnic v porodnici došlo ke snížení populace koliformních bakterií ve výkalech a zároveň ke zvýšení imunity prasnice.

Nicméně bylo zaznamenáno i několik málo nežádoucích účinků fermentovaného krmiva na střevní mikroflóru prasat. Urlings et al. (1993) se domníval, že se do tlustého střeva dostává omezené množství dostupných živin (vitamíny a aminokyseliny (AMK)), to následně vedlo k menšímu rozvoji mikrobů a zvyšování pH v dolní části GIT. He et al. (2017) uvedli, že adlibitní krmení selat před a po odstavu fermentovanou dietou *Bacillus subtilis* zvýšilo diverzitu střevních plísňů a snížilo diverzitu střevních bakterií, to mělo za následek produkci škodlivých metabolitů a průjmů (Wang et al. 2018).

Tyto již zmiňované problémy mohou mít vliv na zdravotní stav prasat, proto je nutné volit vhodné mikroorganismy, a i podmínky kvašení, aby se zabránilo kontaminaci patogeny při kvašení. Dále je nutno stanovit vhodný doplňkový objem fermentovaného krmiva v základní krmné dávce pro různé fáze růstu, aby nedocházelo k nadměrné spotřebě probiotik a organických kyselin (Wang et al. 2018).

3.9 Vliv fermentovaného krmiva na výkrmová prasata

O'Meara et al. (2020) se zabýval výzkumem optimálního způsobu podávání krmiva a také optimální formou krmiva pro výkrm dospívajících prasat. Zjistil, že krmení tekutým krmivem zvyšuje tělesnou hmotnost a průměrný denní přírůstek, ale zároveň se zhoršuje konverze krmiva ve srovnání s krmením suchým. U prasat krmených suchou a mokro/suchou krmnou směsí byli zjištěny podobné výsledky ve srovnání s tekutým krmením. Jak uvádějí (Russell et al. 1996; l'Anson et al. 2012; Han et al. 2006) nižší účinnost krmiva u prasat byla pravděpodobně způsobena plýtváním krmivem. Tekutá krmiva ve studii O'Meara et al. (2020) byla nabízena prasatům ad libitum a vzhledem k tomu, že omezené krmení má pozitivní vliv na zlepšení účinnosti krmiva oproti krmení ad libitum, mohl by tento přístup zmírnit negativní dopad na účinnost krmiva. Canibe et al. (2007) uvedl, že omezené krmení v jeho studii vedlo k horšímu růstu odstavených prasat. Zoric et al. (2015) naopak nezjistil žádné rozdíly mezi průměrným denním přírůstkem, účinností krmiva anebo hmotností jatečně upracovaného těla u prasat krmených čerstvým krmivem v porovnání se suchým krmivem až do porážky (Cullen et al. 2021).

Vyšší příjem krmiva a průměrného denního přírůstku byl zaznamenán u rostoucích prasat, které byli krmeny čerstvým tekutým krmivem ve srovnání s přirozeně fermentovaným tekutým krmivem a suchým krmivem (Canibe&Jensen 2003a). U rostoucích prasat krmených tekutým fermentovným krmivem se snížil počet enterobakterií v trávicím traktu, a i pH žaludku v porovnání s prasaty krmenými čerstvým tekutým krmivem, zatímco koncentrace kyseliny mléčné byla početně vyšší u prasat, které byly krmeny tekutým fermentovaným krmivem (Brooks et al. 2005). Dále Brooks et al. (2005) porovnávali čerstvé tekuté krmivo se třemi dietami FLF, které byly inokulovány buď *P. acidilactici* (FLF-BAC), *salivarius* (FLF – SAL), nebo směsí *P. acidilactici*, *P. pentosaceus*, *L. lactis* a *L. plantarum* (FLF-STAB) pro prasata ve výkrmu. Mezi jednotlivými způsoby krmení nebyly zaznamenány žádné změny v průměrném denním přírůstkem ani poměr konverze krmiva, nicméně nižší počet koliformních bakterií ve

výkalech prasat byl u jedinců krmených dietou FLF – SAL oproti jedincům, kteří byli krmeny čerstvým tekutým krmivem. Přestože se počty LAB mezi jednotlivými způsoby krmení nelišily, poměr mezi LAB a koliformními bakteriemi byl značně vyšší u krmiv FLF – SAL a FLF – STAB v porovnání s čerstvým tekutým krmivem (Cullen et al. 2021).

Jako další prostředek pro zlepšení růstu u prasat krmených tekutým krmivem byla zkoumána kyselina benzoová. Přestože se zdálo, že 1% kyseliny benzoové kontroluje spontánní fermentaci a minimalizuje ztráty syntetických aminokyselin v tekutém krmivu. O'Meara et al. (2020) nezjistil žádný vliv na účinnost krmiva, růst nebo kvalitu jatečného těla v důsledku zařazení kyseliny benzoové do diety. Nicméně řízení systému tekutého krmení bylo v porovnání s ostatními studii vynikající, a proto byly ztráty minimální i při krmení ad libitum, díky kterým došlo k mimořádně dobrým hodnotám růstu a účinnosti krmiva u všech metod (Cullen et al. 2021).

3.9.1 Faktory ovlivňující užítkovost prasat ve výkrmu

K maximálnímu využití genetických předpokladů prasat k růstu musíme v co největší míře eliminovat faktory negativně ovlivňující užítkovost prasat. Přesněji řečeno je zapotřebí jim vytvořit ideální podmínky k chovu. Je nutné prasatům poskytovat nezávadné a kvalitní krmivo, které má dostatečně velký podíl zastoupených živin pro daný genotyp, a to včetně nezávadné vody. Dále musíme dbát na to, aby krmivo bylo prasatům předkládáno v co nejlépe stravitelné formě, ale také aby bylo chutné. Jednu z hlavních rolí na pohodu zvířat má technologie ustájení, které se neustále mění z důvodu přibývajících poznatků v etologii (Jirout, 2020).

3.9.2 Podpora růstu

Brooks et al. (2001) uvádí, že zkrmování tekutého či fermentovaného tekutého krmiva zlepšuje příjem krmiva a růstovou výkonnost prasat. U prasat to bylo prokázáno zlepšení konverze krmiva v průměru o 6,9 %, zatímco u selat se konverze krmiva nezlepšila.

Plumed-Ferrer & von Wright (2009) kladli důraz, při svých pokusech in vivo, především na fermentační parametry. Je nutno poukázat na to, že rozdíly naměřené při jednotlivých pokusech mohou být způsobeny spíše různou úrovní plýtvání než různou účinností využití krmiva. Takovéto plýtvání nám zabraňuje v přesném výpočtu konverze krmiva se skutečnou spotřebou krmiva (Brooks 2003).

Russel et al. (1996) přišel na to, že toto plýtvání má za následky nižší užítkovost selat při krmení fermentovaným tekutým krmivem. Tento nižší poměr konverze krmiva byl změnou uspořádání zmírněn, ale ne zcela odstraněn. Missotten et al. (2010) provedl tři pokusy, ve kterých se konverze krmiva u selat zlepšila díky snížení sedimentace pevných látek v krmné dávce.

Smith (1976) provedl u jatečných prasat od 20 kg do porážky test, ve kterém srovnával tekuté a fermentované tekuté krmivo, nebyla však zjištěna žádná výhoda při podávání fermentovaného tekutého krmiva v porovnání s čerstvým. V závěru přišli všichni tito autoři na to, že zkrmováním tekutého či fermentovaného tekutého krmiva vede ke zlepšování příjmu a růstové výkonnosti. U selat se konverze krmiva v průměru nezlepšila, a naopak u prasat

v období růstu a dospělosti byla zjištěna lepší konverze v porovnání s prasaty, která byla krmena vyšším podílem vlákniny v krmivu.

3.10 Fermentovatelné komponenty

Cheng et al. (2017) ve své studii, ve které zkoumal vliv čerstvého fermentovaného sójového šrotu na růst selat; vylučování dusíku ve výkalech a koncentraci amoniaku (NH_3) a pevných částic, zjistil, že při podávání čerstvého fermentovaného sójového šrotu se nejen zlepšila růstová schopnost selat, ale také se snížila koncentrace NH_3 ve vzduchu zvýšením mikrobiální fixace dusíku a přeměnováním močoviny z krve do výkalů místo moči. Proto bylo navrženo, že by čerstvý fermentovaný sójový šrot mohl být používán jako částečná náhrada sójového šrotu ve výživě, to by následně vedlo ke snížení podílu živočišné výroby na škodlivých plynech a látkách vůči životnímu prostředí

3.11 Technologie krmení

3.11.1 Technika krmení prasat a zařízení pro krmení

Uplatňuje se jak krmení dávkové, tak krmení podle libosti (ad libitum). Při dávkovaném krmení jeho množství odměřujeme, při ad libitum mohou prasata přijímat krmivo podle libosti. Dávkované krmení respektuje fyziologickou potřebu prasat, ale také má vliv na úspornou spotřebu krmiva.

Krmiva se zakládají buď ve stavu suchém, zvlhčeném, kašovitém nebo tekutém. Suché krmivo je ve formě sypké nebo granulované, ostatní mohou mít jakoukoli formu konzistence. Těstovitá konzistence krmiva se nepoužívá z důvodu obtížného míchání a dávkování. Zvlhčené krmivo lze získat i stabilním zařízením, které zakládá do koryt suchou krmnou směs, dostatečným zvlhčením.

Nejužívanějším krmným místem je podélné koryto. Rozměry koryt musí odpovídat velikosti a počtu ustájených prasat. Potřebná šířka koryta pro prasata ve výkrmu by měla být 30 až 35 cm a u selat do 35 kg 30 cm. Důležitá je také výška přední hrany koryta, která by měla být 22 až 25 cm a pro selata do 35 kg 14 až 18 cm. Při skupinovém ustájení jsou délky násobkem jednotlivých hodnot.

Při značně rozdílném řešení krmných míst je nutné vycházet ze společných požadavků na úsporné zhodnocení krmiv s minimálními ztrátami. U zakládání krmiva na podlahu nebo do krmivého kužele je nutné, aby tomu byl přizpůsoben tvar kotce. Vhodnou tvarovou úpravu příčného profilu a členění přístupového prostoru mřížemi žlábků u samokrmítek a kruhové talíře. U podélných koryt kromě správných rozměrů a výškové polohy je nutné vymezení přístup zábranou. Je potřeba regulovat plnění, aby výška krmiva byla optimální.

V malochovech se pro dopravu a dávkování suchých krmných směsí používají dva druhy malé mechanizace: ruční vozíky v různém provedení, často na bantamových kolech a s ručním odebíráním krmiva u krmných míst, anebo vozíky s dávkovacím zařízením ve spodní části zásobníku jsou často kolejové. Pohon dávkovače je odvozen buď od pojezdových kol, nebo od lišty s kolíky ovládajícími převod dávkovače, může se používat i převod ruční klikou. Vysuté drážky se závěsným vozíkem a ručním odebíráním krmiva nebo spádovým plněním krmného místa.

K velmi rozšířeným krmným zařízením patří sesypná krmítka tzv. samokrmítka. Obdélníkové zásobníky s krmným žlabem ve spodní části, do kterého se krmivo uvolňuje postupně. Většinou bývají jednostranné. Nejčastěji se používají v příkrmištích porodních kotců a v dochovu selat. Méně častěji se používají při výkrmu prasat. Vyskytují se v různých velikostech, s různým objemem od 10 do 50 l, ve výkrmu mohou však být o objemu 100 až 200 l. Žlábek bývá obvykle rozdělen délkově na 4-6 krmných míst. Mezi nutné vybavení sesypného krmítka patří čechrač uvnitř zásobníku vedoucí do žlabu. Čechrače mohou být řetízkové, výkyvné nebo otočné. Mezera mezi hranou zásobníku a dnem žlabu by měla být regulovatelná. Větší typy mají dávkovací klapku, která umožňuje postupné uvolňování malých dávek. Samokrmítka se vyrábí z pozinkovaného plechu, z plastu anebo z plechu z hliníkových slitin. Plnění krmivem může být ruční či mechanizované (Brož&Kic 1996).

3.11.2 Fermentační zařízení

Základním zařízením pro fermentaci je zařízení na tekuté krmení. Jedná se o velmi individuální řešení dle požadavku a podmínek podniku od vlastní stavby po kompletní řešení až k řídicímu softwaru.

Fermentační zařízení by mělo obsahovat minimálně 2 fermentační nádrže v blízkosti zařízení na tekuté krmení, dále optimální hygienu krmiv, dostatečné množství teplé vody (35-40 °C). Velkou nákladovou výhodou pro způsob fermentace představuje odpadní teplo z bioplynové stanice a použití vhodné startovací kultury pro zabezpečení optimálního výsledku fermentace (Pecher 2015).

3.11.3 Kontinuální fermentace

Fermentace neprobíhá nepřetržitě, ale v pravidelných časových intervalech, z tohoto důvodu je termín kontinuální fermentace nepříliš přesný a spíše užíváme termín zpětné kvašení. V praxi zpětné kvašení zahrnuje ponechání určitého množství již dříve zkvašeného produktu v nádrži a přimíchání k němu čerstvý substrát nebo přidání této části do nádrže se substrátem, který slouží jako inokulum (Nout et al. 1989). Tímto způsobem ta část, která byla úspěšně fermentována se následně zachovává jako inokulum pro další dávku (Moran et al. 2006) a to umožňuje urychlení fermentace a postupnou selekci LAB (Nout et al. 1989), nicméně Brooks (2008) poukázal na možnost, že to může vést k rozvoji mikroflóry s převažujícími kvasinkami, to by mohlo následně ohrozit chutnost a nutriční hodnotu krmiva (Missotten et al. 2010).

3.11.3.1 Várkové kvašení

Tento typ fermentace probíhá v nádobě, kdy se smíchá směs krmiva a vody v nádobě bez výměny části tekutého fermentovaného krmení, tato metoda se nejčastěji používá v pokusech in vitro. Pro výrobu tekutého fermentovaného krmiva v pokusech in vivo se občas používají dávkové fermentace krmiva nebo frakce zrna (Missotten et al. 2010), z důvodu snadnějšího kontrolování a pokud dojde k nežádoucí fermentaci vztahuje se to pouze na jednu dávku (Brooks 2003). Brooks (2008) také nedávno navrhl, že dávková fermentace by mohla být vhodnější pro zachování probiotického účinku přidaných kmenů oproti technice zpětného kvašení (Missotten et al. 2010).

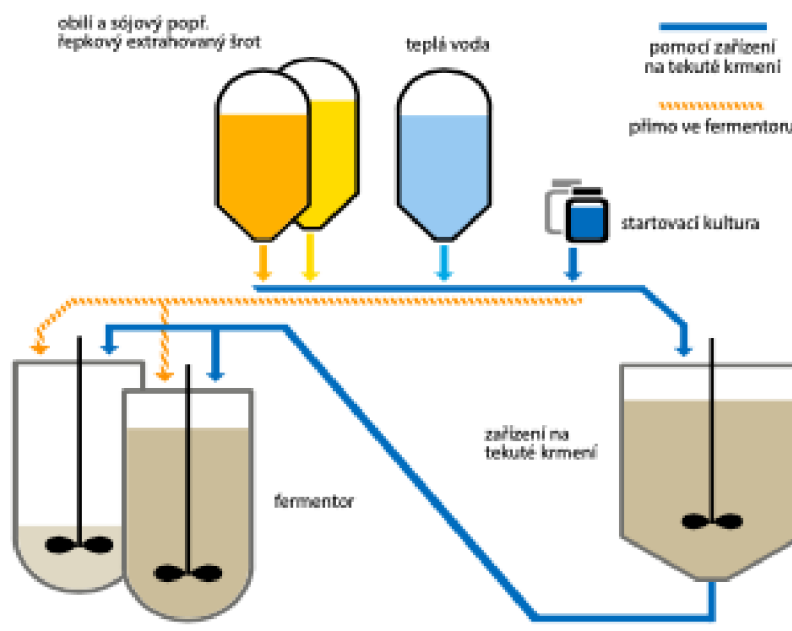
3.11.3.2 Teplota

Brooks et al. (2001) vyzkoumali, že kvašení při různých teplotách může přinést rozdílné výsledky. Zjistili, že fermentace krmiva při teplotách vyšší než 28 °C nepřinesla tekutému fermentovanému krmení téměř žádné výhody oproti krmivu vyrobenému při teplotě 20°C. Při této teplotě se počet koliformních bakterií pohyboval těsně nad detekčním limitem. Bylo však poukázáno na skutečnost, že pokud má být požadované pH při krmení nižší než 4,5, musí být teplota alespoň již zmiňovaných 20°C. Také uvádí, že enterogenní patogeny jako jsou *E. coli* a *Salmonella spp.* nejsou odolné hodnotám pH nižším jak 4,5 (Brooks et al. 2001a).

Později Beal et al. (2002) při zkoumání vlivu fermentace na vyloučení *Salmonella typhimurium* zjistili, že doba snížení byla mnohem kratší při teplotě 30°C v porovnání s 20°C. Přestože minimální teplota pro získání optimálního tekutého fermentovaného krmiva je 20°C, o něco vhodnější je teplota 30°C, jelikož umožňuje rychlejší produkci kyseliny mléčné a rychlé vyloučení enteropatogenů (Brooks 2003).

Je potřeba se vyhnout přidávání studené vody do systému a také zpětným zálivkám. Okamžité přidání vody například z kohoutku, o teplotě cca 5-7 °C způsobí studený šok. A to následně může způsobit navození tvorby proteinů chladového šoku u enteropatogenů, které je mohou chránit a umožnit delší přetrvání v krmivu (Brooks et al. 2001; Beal et al. 2002). Mezi další důvody patří narušování růstu LAB a umožnění stát se kvasinkám dominantními (Brooks et al. 2001; Missotten et al. 2010).

3.12 Technologie fermentovaného tekutého krmení pomocí LAB



Obr 3. Popis fermentačního zařízení

Bakterie mléčného kvašení se používají pro fermentaci lidských pokrmů, jako jsou například kysané okurky, mléčné produkty či zelí. Záměrným použitím těchto mikroorganismů se prodlužuje nejen trvanlivost, ale také to má pozitivní vliv na zdraví a trávicí trakt (Pecher 2015).

Tekuté krmení vytváří vhodné podmínky pro růst různých patogenních organismů, jako například plísně produkující toxiny, bakterie (*E. Coli*), kvasinky nebo jiné nežádoucí mikroorganismy. Patogenní látky působí negativně na zdravotní stav zvířat a mohou způsobovat průjemová onemocnění, poruchy trávicího traktu, respirační problémy a v konečné fázi i smrt jedince. To má za následek ekonomické ztráty a je v zájmu chovatele i producentů prasat tyto činitele eliminovat (Prokop 1991).

Jedním ze způsobů, jak zmírnit nežádoucí účinky mikroorganismů na zdravotní stav je okyselování krmné dávky (KD) na požadovanou hodnotu pH (3,5-4,5). Mnoho výrobců nabízí tzv. acidifikátory. Ty bývají v nejjednodušší formě tvořeny organickými kyselinami, nejčastěji kyselinou mravenčí. Komplexní produkty jsou pak složeny z vícero organických kyselin, ale také mohou být složeny i z mastných kyselin (Fuka 2017).

Hlavním důvodem okyselování krmné dávky u tekutých fermentovaných krmiv je snaha o potlačení infekčního tlaku nežádoucích mikroorganismů, zvýšení využitelnosti živin v zažívacím traktu, zvýšení chutnosti a příjmu krmiva (Fuka 2017).

Mezi další možnosti okyselování krmné dávky patří její fermentace s využitím bakterií LAB. Tento způsob okyselování se v posledních letech stal populární a je i řadou výrobců nabízen. Jedná se o systém tekutého krmení prasat, ve kterém je fermentační nádrž doplněna o aplikátor LAB a nádrž na teplou vodu (Jirout 2019).

3.12.1 Popis technologie fermentovaného tekutého krmení

Proces namíchání tohoto typu krmiva je velmi podobný jako namíchání klasického tekutého krmiva, avšak do směsi se navíc přidává startovací kultura bakterií mléčného kvašení (LAB). Na tomto procesu je nejdůležitější zachovat správný poměr LAB vůči množství směsi. Dalším důležitým faktorem, na který je třeba dbát, aby byly bakterie LAB schopny množení je teplá voda. Hotová směs tedy musí být namíchána ve správném poměru se správně teplou vodou (36-38°C), vhodnou pro fermentaci (Fuka 2017).

Směs je následně převedena do fermentoru, což je nádrž s velkou kapacitou, kde je po dobu 18–30 hodin směs uskladněna. Zde probíhá množení bakterií, které vylučují kyselinu mléčnou při spotřebě energie, tím dochází k žádoucímu okyselení směsi a poklesu pH. Po cca 24 hodinách, kdy dochází k dostatečnému okyselení, je znovu směs přečerpána do míchárny krmení, kde je smíchána s běžnou krmnou dávkou včetně minerálních látek a doplňků (nejčastěji v poměru 1:1). Výsledná směs je následně zkrmována (Jirout 2019)

Pokud chceme prasata krmit směsí s LAB kontinuálně musíme mít dvě fermentační nádrže. V jednom fermentoru je pak krmivo, které je podáváno prasatům, kdežto ve druhém fermentoru probíhá proces fermentace na následující den (Jirout 2019).

Nevýhodou této technologie krmení pro intenzivní výkrm s vysokým počtem prasat mohou být fermentory. Jelikož při spotřebě krmiva 2,5 kg/ks a den s namíchanou vodou v poměru 1:2,7 a zastoupením fermentovaného krmiva v KD 60% prase potřebuje 4,05 l fermentovaného krmiva. Na cca 2000 ks prasat je potřeba mít dva velké fermentátory o objemu 9m³, nebo více fermentorů, to vede k náročnosti jednak z hlediska financí, ale i prostoru (Fuka 2017).

3.12.2 Potencionální výhody tekutých krmiv

Mezi hlavní výhody používání tekutých fermentovaných krmiv je kromě snižování počtu a účinku enteropatogenů také to že se jedná o efektivní krmnou strategii co se týče z hlediska nákladů, kterou lze nahradit antimikrobiálními stimulatory růstu. Probiotika, organické kyseliny i stěny kvasinek, které se často navrhují jako alternativa k používání antimikrobiálních stimulatorů, bývají velmi drahé. Ve vysokých koncentracích, v jakých se tyto produkty používají, aby měly významný účinek, je jejich použití v praktické produkci finančně sporné. Používáním tekutých fermentovaných krmiv se může tento problém vyřešit, jelikož se vyznačuje vysokým počtem LAB a kvasinek, vysokou koncentrací kys. mléčné a nízkým pH.

Ke snížení nákladů na krmivo může také přispět i skutečnost, že lze vedlejší produkty z potravinářského průmyslu využít i pro lidi (Brooks 2003). Pro krmení prasat se používají vedlejší produkty mnoha druhů po celém světě. V Evropě se v posledních letech zvýšila recyklace tekutých vedlejších produktů ve výživě prasat, především u produktů bohatých na škrob a cukr (Scholten et al. 1999; Missotten et al. 2010).

Jako další výhodu považujeme u krmení s dietami v tekuté formě to, že selata dostávají vodu a krmivo současně, a díky tomu selata nepotřebují oddělený trénink krmení a napájení (Missotten et al. 2010).

Brooks et al. (2003) a (1999) uvádí, že mezi další výhody spojené s používáním tekutých krmiv patří lepší příjem krmiva při vysokých teplotách, zvýšená přesnost dávkování díky počítačovému řízení, snížení zatížení fosfáty pomocí aktivace endogenní fytázy v krmivu, zlepšení enzymové aktivity případným zmenšením velikosti částic daného krmiva, a to následně vede k redukci oddělování surovin v krmném žlabu a zajistí, že prase dostává jednodušší krmivo. Důležité je však dávat pozor na to, aby velikost částic v krmivu nebyla příliš malá, jelikož pak bývá predispozičním faktorem pro vznik žaludečních vředů.

Mezi další výhody se v současné době považuje skutečnost, že zkrmování tekutých nebo fermentovaných tekutých krmiv může měnit mikrobiální přeměnu tryptofanu v zadním střevě směrem k indolu na úkor kančího zápachu (skatolu), a to následně vede k nižšímu obsahu skatolu a vyššímu ukládání indolu u výkrmových prasat, a tím ke snižování kančího zápachu (Missotten et al. 2010). Hansen et al. (2000) prokázali, že podávání prasatům tekutého fermentovaného krmiva nemělo žádný vliv na koncentraci skatolu ve slepém, tlustém střevě, krvi, hřbetním tuku či na samotný kančí zápach. Avšak podáváním tekutého fermentovaného krmiva s 50 mg zinkového bacitracinu na kg za poslední týden před porážkou snížilo koncentraci skatolu a tím i kančí zápach.

3.12.3 Výhody fermentace

Mezi hlavní výhody fermentace řadíme zařazení krmiv s nižší využitelností živin a s vysokým obsahem neškrobových polysacharidů, jako je například řepkový extrahovaný šrot, který s využívá jako bílkovinné krmivo a dále žito jako energetické krmivo. Jako další výhody Pecher (2015) uvádí zvýšení příjmu krmiva a přírůstku z důvodu lepší chutnosti. Díky zvýšené přístupnosti živin také dochází k optimalizované konverzi krmiva (hlavně dusíku a fosforu). Kyselina mléčná snižuje dávku krmných kyselin a fermentované krmivo bývá homogennější a

snáze se dávkuje. Z hlediska finanční stránky pak bývají výhodou nižší náklady na krmiva z důvodu lepšího využití a zařazení cenově příznivějších komponentů (Pecher, 2015)

3.13 Stravitelnost tekutých vedlejších produktů

3.13.1 Definice tekutých vedlejších produktů

Scholten et al. (1999) tekuté vedlejší produkty definoval jako vedlejší produkty, které pochází z potravinářského průmyslu s minimální vlhkostí 600 g/kg. Také je rozdělil na produkty bohaté na sacharidy, bílkoviny a tuky. Z pohledu fermentace jsou tuky a bílkoviny méně požadovanými živinami. Naopak cukry a škrob mohou být fermentovány mikroorganismy, a to především kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení, za vzniku produktů jako je kyselina mléčná, organické kyseliny, etanol a CO₂ (Scholten et al. 1999).

3.13.2 Využití vedlejších tekutých produktů ve výživě prasat

V rámci evropské výživy prasat se ročně recykluje až několik milionů tun tekutých vedlejších produktů, především tekutých produktů bohatých na škrob a cukr – bramborové výpalky, syrovátka (CW) a tekutý pšeničný škrob (LWS). Moreau et al. (1992) uvádí, že v severní Francii se použití těchto produktů odhaduje přibližně 0,5x 10⁹ kg ročně. Ve Švýcarsku se ve výživě prasat využívá 1,3x 10⁹ kg syrovátky. V Nizozemsku lze klasifikovat jako vedlejší produkty, bohaté na škrob a cukry, zhruba tři čtvrtiny tekutých vedlejších produktů.

Syrovátka, tekutý pšeničný škrob a zbytky ze zpracování brambor mají vysoké předpoklady ke kvašení během skladování (Scholten et al. 1999). Tekutý pšeničný škrob představuje směs bílkovin, škrobu a vlákniny. Bramborové slupky vznikají jako vedlejší produkt, který vzniká při loupání brambor parou. Kdy brambory jsou vystaveny vysokému tlaku a teple. Následně je vařená slupka odstraněna společně s tenkou vrstvou vařeného škrobu. Syrovátka je vedlejší produkt, který vzniká při výrobě sýra. Pro zkrmování tekutého pšeničného škrobu, syrovátky a zbytku zpracování brambor je potřeba speciální zařízení, které by měl mít každý zemědělský podnik. Následně se tyto produkty do chovu prasat dováží v tekuté formě o teplotě 20 až 50 °C a skladují se v nádržích po dobu několika dnů, někdy i týdnů. Během skladování je potřeba tekutý pšeničný škrob a syrovátu pravidelně míchat, naopak bramborové slupky se nemíchají, a to z důvodu vysoké viskozity, díky které pak dochází k minimální separaci. Skladovací nádrže fungují na stejném principu jako nádrže fermentační (Scholten et al. 1999).

3.13.3 Chemické složení pšeničného škrobu, zbytků brambor a syrovátky

Na základě obsahu sušiny, koncentrace škrobu anebo cukru lze tekutý pšeničný škrob, brambor a syrovátku považovat za tekuté vedlejší produkty bohaté na škrob a cukr. Bylo prokázáno že obsah sušiny těchto vedlejších produktů je v průměru spíše nízký, naopak chemické složení se vyznačovalo vysokou variabilitou.

3.13.4 Stravitelnost živin v tekutém pšeničném škrobu, zbytků brambor a syrovátky

Scholten et al. (1999) ve svém pokusu prokázal, že tekutý pšeničný škrob i zbytky ze zpracování brambor vykazovali vysoké koeficienty organické hmoty a bezdusíkatého extraktu ve výkalech, které se pohybovaly v rozpětí 0,89 až 0,98. Stravitelnost hrubého proteinu tekutého pšeničného škrobu dosahovala vysokých hodnot (0,90), kdežto stravitelnost hrubého proteinu brambor dosahovala hodnot spíše nižších (0,71). Zdánlivá stravitelnost organické hmoty v ileu a stravitelnost hrubého proteinu se u tekutého pšeničného škrobu pohybovala ve vyšších hodnotách, oproti zdánlivé stravitelnosti organické hmoty a hrubého proteinu u brambor, která byla spíše nižší. Stravitelnost esenciálních aminokyselin byla taktéž ve vyšších hodnotách u tekutého pšeničného škrobu ve srovnání s hodnotami bramborových zbytků. Stravitelnost pro syrovátku činila 0,93, 0,95 a 0,86 pro organické látky, bezdusíkatý extrakt a hrubý protein (Scholten et al. 1999).

Všeobecně lze říct, že stravitelnost bezdusíkatého extraktu, organické hmoty a hrubého proteinu v tekutém pšeničném škrobu, syrovátce a PSP je srovnatelná či lepší, než stravitelnost suchých krmiv: brambor, pšenice a sušené syrovátky. Z tohoto důvodu považujeme LWS, PSP a CW za užitečné složky v krmivu pro prasata.

3.13.5 Fermentované tekuté vedlejší produkty

Pokusy zaměřené na přidávání tekutých vedlejších produktů do krmiv pro prasata bývají často pokusy na stravitelnosti (Edwards et al. 1986; Nicholson et al. 1988). Scholten et al. (1999) zkoumal účinek tří fermentovaných tekutých vedlejších produktů na růstovou výkonnost rostoucích prasat ve výkrmu od 25 do 113 kg živé hmotnosti. Kontrolní dieta byla složena z krmné směsi smíchané s vodou. Dieta s tekutými vedlejšími produkty se skládala ze tří vedlejších produktů (syrovátky, tekutého pšeničného škrobu a zbytků brambor), a doplňkové krmné směsi. Sušina, která byla přidána vedlejšími produkty nahrazovala 0,35 a 0,55 sušiny přijaté v krmné dávce pro pěstitele (25 až 45 kg živé hmotnosti) a pro finišera (45 až 113 kg živé hmotnosti). Diety byly připraveny 1 hodinu. Obsah živin a energie byl v obou dietách stejný. Rostoucí a dospívající prasata, která byla krmena dietou z tekutých vedlejších produktů vykazovala vyšší průměrný denní přírůstek (768 g oproti původním 740 g za den; $P < 0,05$) a lepší poměr konverze krmiv (2,58 oproti 2,69; $P < 0,05$) v porovnání s kontrolní dietou. Hodnoty pH diety s vedlejšími tekutými produkty a dieta kontrolní se příliš nelišily a pohybovaly se mezi 5,0 a 5,5 (Scholten et al. 1999).

Z tohoto pokusu tedy vyplývá že dieta z tekutých vedlejších produktů byla pro dospívající prasata vhodnější oproti kontrolní dietě.

3.13.6 Fermentované tekuté dietní směsi

Fermentované tekuté krmné směsi jsou definovány jako „krmné směsi smíchané s vodou a namočené po dobu alespoň 8 hodin až několik dnů“, kdežto nefermentované tekuté směsi jsou definovány jako „krmné směsi smíchané s vodou a připraveny přímo před krmením“.

Brooks et al. (2001) uvádí, že fermentované tekuté diety zvýšili denní přírůstek o v průměru o 13,4 % v porovnání s nefermentovanými tekutými dietami, přičemž v poměru

konverze krmiva (FCR) nebyl nalezen žádný rozdíl (tabulka 2). Zvýšený denní přírůstek v kombinaci se zvýšeným FCR naznačuje, že fermentované tekuté krmné směsi zvýšily spotřebu krmiva oproti nefermentovatelným krmným směsím.

Podávání tekutých diet selatům se příliš nedoporučuje kvůli negativnímu vlivu na poměr konverze krmiva v porovnání se suchými dietami (tabulka 2). Russel et al. (1996) se domnívá, že tento negativní účinek je především způsoben přílišným plýtváním krmiva. Zaznamenali, že při zlepšení konstrukce krmného žlabu se snížil rozdíl v poměru konverze krmiva mezi tekutými a suchými dietami.

Tabulka 2. Zlepšení (v %) denního přírůstku a poměru konverze krmiva v pokusech prováděných za účelem porovnání suchých diet (DD), nefermentovaných (NWD) a fermentovaných tekutých krmných směsí (FWD) pro odstavená selata. Údaje převzaty z Jensen a Mikkelsen (1998).

Počet pokusů		Denní přírůstek		Poměr zachování krmiva ^a	
		Průměrná hodnota +-SD ^b	rozsah	Průměrná hodnota +-SD ^b	rozsah
NWD vs. DD	10	12,3 +- 9,4	-7,5- 34,2	- 4,1+- 11,8	-32,6-10,1
FWD vs. NWD	3	13,4 +- 7,1	5,7-22,9	-1,4+-2,4	-4,8-0,6
FWD vs. DD	4	22,3+- 13,2	22,3-43,8	-10,9+- 19,7	-44,3-5,8

^aZáporné číslo znamená, že poměr zachování krmiva je horší

^bStandartní dávka

Z uvedených informací výše vyplývá, že fermentované tekuté krmné směsi a fermentované tekuté vedlejší produkty mohou vést ke zlepšení denního přírůstku, příjmu krmiva a poměru konverze krmiva u prasat (Scholten et al. 1999).

3.14 Vliv na zdravotní stav

Prasata často konzumují při krmení tekutých nebo tekutých fermentovaných diet více sušiny než při krmení suchými dietami, z tohoto důvodu je třeba dbát při sestavování diet určených ke krmení jako FLF na to, aby byly sestaveny na základně skutečného příjmu sušiny za den. V druhém případě budou selata konzumovat nadměrné množství živin, jako jsou třeba bílkoviny, a to může vést ke snížení využití krmiva a v konečném důsledku k snížení příjmu sušiny (Brooks et al. 2001b) nebo způsobit průjem (Brooks 2008).

Zkrmování tekutých diet bývá někdy spojováno s vývojem onemocnění, jako je gastrointestinální tympanie, hemoragický střevní syndrom, žaludeční vředy či torze žaludku (Brooks 2008). Přímou souvislost se zatím najít nepodařilo, jelikož tato onemocnění bývají způsobena multifaktoriálním stavem. Plumed-Ferrer et al. (2004) ve svém pokusu uvádí počet

vředů pozoruhodně nízký, i přesto, že v něm byly přítomny dva hlavní predisponující rizikové faktory (krmení více jak třikrát denně a fermentované tekuté krmení).

Proces fermentace může také způsobit ztrátu základních živin z krmiva jako jsou aminokyseliny (především syntetické, které jsou přidávány do krmiva) a vitaminy (Canibe&Jensen 2003a). Může například docházet k produkci biogenních aminů, jako je kadaverin z L-lysinu (Canibe et al. 2007). Tvorba biogenních aminů způsobuje nenávratnou ztrátu aminokyselin pro prase, jelikož je způsobena spíše dekarboxylací nežli desaminací.

Naopak ale také fermentované diety mohou stimulovat sekrety slinivky břišní a pozitivně ovlivňovat strukturu pankreatu. Tyto faktory uvádí Scholten et al. (1999) a tvrdí, že by mohli přispívat k lepšímu trávení a vstřebávání živin při zkrmování těchto diet. Dále se také předpokládá, že fermentované diety mohou snižovat fyzickou aktivitu, to může být vysvětlením lepší růstové výkonnosti. Avšak k objasnění způsobu působení je třeba provést konkrétnější studii.

3.14.1 Vliv na zdraví GIT

V dnešní době je pojem zdravých střev složitý a dost často špatně definovaný. Dle Conway (1994) existují tři hlavní složky „střevního zdraví“, a to strava, střevní mikrobiota a střevo. Jako hlavní složku považujeme střevo, jelikož je hlavním místem trávení, vstřebávání živin a homeostázy hydromineralní výměny, je domovem komplexní mikrobioty a vysoce vyvinutého slizničního imunitního systému (Lallès et al. 2007).

Konstantinov et al. (2004) uvádí, že poruchy GIT u selat po odstavu nejsou jen v důsledku změn složení a funkcí GIT, ale také v důsledku změn v adaptaci střevní mikrobioty a imunitních reakcí. Všechna tato fakta o aspektech imunologie, fyziologie a mikrobiologie GIT nepochybně přispívají k tzv. rovnováze střevního zdraví (Lallès et al. 2007).

3.14.1.1 Vliv na pH GIT

Bylo zpozorováno, že u selat krmených tekutým fermentovaným krmivem došlo ke snížení žaludečního pH v porovnání se selaty krmenými pouze vlákninou nebo tekutým krmivem. Většinou u prasat, co jsou krmeny tekutým fermentovaným krmivem bývá pH vyšší oproti prasatům krmených vlákninou či tekutým krmivem (Canibe& Jensen 2003a; Mikkelsen& Jensen 1998). To zpravidla souvisí s vysokou sekrecí pankreatické šťávy, která je stimulována vysokou koncentrací kyseliny mléčné a nízkým pH v tekutém fermentovaném krmivu (Mikkelsen& Jensen 1998; Plumed-Ferrer& von Wright 2009).

Missotten et al. (2010) předpokládá, že u prasat krmených dietami s obsahem organických kyselin, lepší růst může souviset s nižším pH žaludku, a to umožňuje lepší proteolytickou aktivitu v žaludku a potlačuje růst nežádoucích patogenních bakterií. To také může platit i při zkrmování tekutých fermentovaných diet. Lallès et al. (2007) uvádí, že žaludek je velmi důležitou bariérou proti patogenům a snížením pH se může tato bariéra zlepšit a zabránit vzniku koliformních skvrn, především u čerstvě odstavených selat, která většinou ještě nedokážou sama produkovat dostatek žaludečních kyselin (HCl).

3.14.1.2 Vliv na mikrobiální populaci v GIT

Jak už bylo zmiňováno používání tekutých fermentovaných krmiv může ovlivnit mikrobiální populaci v trávicím traktu. Canibe a Jensen (2003) však nezjistili žádné rozdílné změny v počtu LAB vyrostlých při teplotě 37 °C u různých typů krmení. Oproti tomu při inkubační teplotě 20 °C byl podíl LAB schopných růstu významně vyšší u prasat, které byli krmeny tekutým fermentovaným krmivem v porovnání se selaty krmenými vlákninou nebo tekutým krmivem. To dosvědčuje, že populace LAB v gastrointestinálním traktu obou skupin navzájem odlišuje. Dále tak zjistili, že podíl kvasinek byl takřka ve všech částech GIT významně vyšší u zvířat krmených tekutým fermentovaným krmivem. Naopak segment u selat, krmených tímto krmivem, bylo prokázáno méně koliformních bakterií. To bylo prokázáno i ve studii Morana et al. (2006), ve které bylo prokázáno, že poměr LAB a koliformních bakterií v dolní části střev prasat krmených FLF byl změněn ve prospěch LAB, když u selat krmených suchým krmivem byl tento poměr posunut v prospěch koliformních bakterií (Missotten et al. 2010).

Demečková et al. (2002) prokázali, že je možné ovlivnit bakteriální střevní populaci u potomků prasnic, jež byli krmeny tekutým fermentovaným krmivem. Sele po narození má většinou sterilní střevo a charakteristickou mikroflóru získává kontaktem s matkou včetně jejího okolí. Tedy nejvýznamnějším přispěvatelem bakterií do okolí selat je prasnice. Dále se Demečková et al. (2002) domnívají, že pokud by bylo možné manipulovat se střevní mikroflórou prasnice, mělo by to významný vliv na střevní mikroflóru selat. Bylo prokázáno, že selata od prasnic krmených tekutým fermentovaným krmivem vykazovala nižší počty koliformních bakterií ve výkalech oproti selatům od prasnic krmených nefermentovaným tekutým krmivem či suchou stravou. Rovněž populace LAB byla zvýšená u selat pocházejících od prasnic krmených tekutým fermentovaným krmivem v porovnání s ostatními selaty (Demečková et al. 2002).

Brooks et al. (2001) uvádí, že u prasat, která byla krmena tekutým fermentovaným krmivem byla snížena mikrobiální aktivita (koncentrace ATP) v GIT, v žaludku a také v tenkém střevě v porovnání se selaty, která byla krmena nefermentovaným tekutým krmivem. To se také projevilo u zkrmování antimikrobiálních stimulatorů růstu (Missotten et al. 2010). Dle Canibeho a Jensena (2003) nebylo snížení koncentrace ATP v GIT zjištěno, přestože mikrobiální populace z tlustého a slepého střeva selat krmených fermentovaným tekutým krmivem vykazovala nižší fermentační výkonnost (Højberg et al. 2003; Missotten et al. 2010).

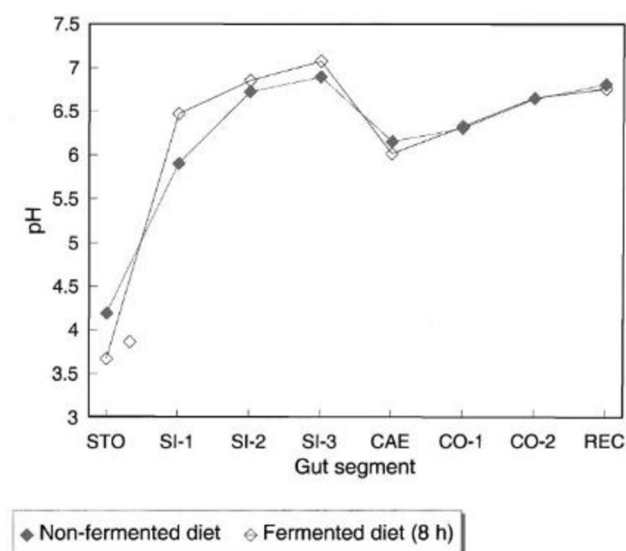
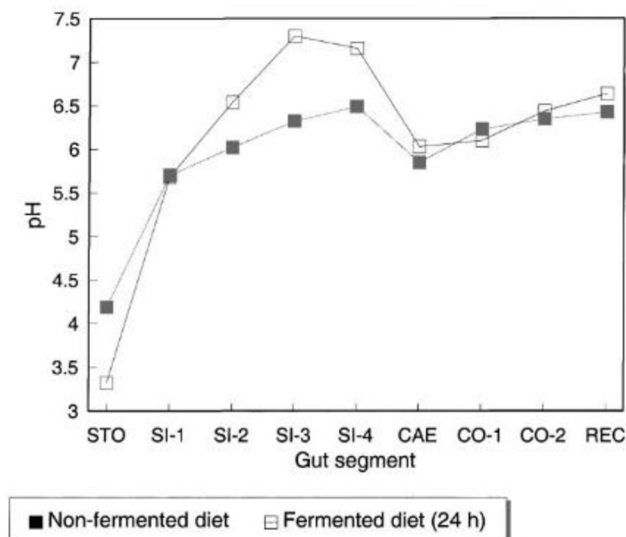
3.14.2 Žaludek

Všeobecně se má za to, že nízké pH v žaludku zabraňuje růstu nežádoucích mikrobu. Při nízkém pH je bráněno růstu škodlivých koliformních bakterií a *Salmonella spp.* (Nout et al. 1989). Ve fermentovaných dietách, kde je pH nižší než 4,5 se počet koliformních bakterií snižuje v porovnání s nefermentovanými dietami (Russell et al. 1996). Podáváním selatům fermentované tekuté směsné diety snižuje nejen jejich pH v žaludku (obr.4), ale také počet koliformních bakterií v žaludku, oproti zkrmování nefermentovaných tekutých směsných diet. Podobné diety pro prasata, které byli doplněny kyselinou mléčnou (Thomlinson & Lawrence

1981) či pitnou vodou (Cole et al. 1968) snižovaly žaludeční pH a počet koliformních bakterií v žaludku. Zkrmováním fermentované stravy mělo za následek zvýšení koncentrace kyseliny mléčné v žaludku, a naopak u kyseliny máselné, octové a propionové nebyli zaznamenány žádné odlišnosti. Předpokládá se, že snížené pH žaludku a počet koliformních bakterií u prasat, která jsou krmena fermentovanými dietami, je důsledkem vysoké koncentrace kyseliny mléčné v žaludku.

Koliformní bakterie jsou hlavními tvůrci toxických aminů a amoniaku, které jsou škodlivé pro sliznice trávicího traktu (Višek 1972). Přestože mechanismus příznivého účinku antimikrobiálních stimulatorů růstu na růstovou výkonnost a zdraví prasete není zcela zřejmý, ukazuje se, že důležité je snížení amoniaku anebo toxických aminů. Během fermentace získávají energii z fermentace ve formě adenosin- 5- trifosfát (ATP). Koncentrace kyseliny mléčné a ATP jsou indikátory mikrobiální aktivity (Scholten et al. 1999).

Podáváním tekutých diet se snižuje nejen využití ATP, ale také hladina kyseliny mléčné, která je produkována mikrobiální fermentací v žaludku oproti nefermentovatelným tekutým dietám. Brooks et al. (2001) uvádí, že podobných výsledků dosáhli přidáním antimikrobiálních růstových stimulatorů nebo kyseliny mléčné do krmiva pro prasata. Snížení počtu koliformních bakterií se tedy jeví jako jeden z mechanismů, kterým mohou fermentované diety působit (Scholten et al. 1999).



Obr 4. pH v různých oblastech gastrointestinálního traktu prasat krmených fermentovanými tekutými dietami nebo nefermentovanými tekutými dietami. Fermentované diety byly namáčeny po dobu 8 h nebo 24 h (STO – žaludek, SI – tenké střevo, CAE – slepé střevo, CO – tlusté střevo a REC – konečník). Údaje převzaty z Mikkelsen & Jensen (1998).

Fermentovaná potrava může nepřímo podporovat trávení bílkovin snížením pH v žaludku. Za prvé, nízké žaludeční pH je nutné, aby došlo ke zvýšení aktivity pepsinu (Taylor 1959). A za druhé nízké žaludeční pH snižuje rychlost vyprazdňování žaludku, tím poskytuje více času pro trávení v žaludku. Vliv acidifikovaných diet (organických kyselin) na zjevnou stravitelnost střevního obsahu byl předmětem studie Scholten et al. (1999), kdy došli k závěru, že přidavek organické kyseliny má malý pozitivní vliv na zdánlivou celkovou stravitelnost hrubého proteinu a energie v trávicím traktu. Doposud se však neprováděly žádné studie, ve

kterých by byl hodnocen vliv současného přídavku kyseliny mléčné a octové v poměru, ve kterém jsou běžně přítomny ve fermentovaných dietách.

3.14.3 Tenké střevo

Jensen (1998) uvádí, že kyselina mravenčí a mléčná jsou produkovány mikroorganismy v tenkém střevě ve velkém množství. Stejně jako v žaludku fermentované diety snižují mikrobiální aktivitu v tenkém střevě, a to především koliformních bakterií (Scholten et al. 1999). Navzdory nižší produkci kyseliny mléčné v tenkém střevě byla absolutní koncentrace kyseliny mléčné vyšší, jestliže byla selata krmna fermentovanými dietami namísto nefermentovaných diet. To naznačuje, že se část přijaté kyseliny mléčné z fermentovaných diet dostává do tenkého střeva.

Přestože to bylo zaznamenáno pouze v první části tenkého střeva, bylo pozorováno zvýšené pH v celém tenkém střevě u prasat, která byla krmna fermentovanou stravou. To může souviset se stimulací sekrece pankreatické šťávy, především hydrogenuhličitanu, vysokou koncentrací kyseliny mléčné v trávenině, která se dostává do tenkého střeva. Jak kyselina mléčná, tak mastné kyseliny s krátkým řetězcem zvyšují sekreci slinivky břišní u prasat (Scholten et al. 1999).

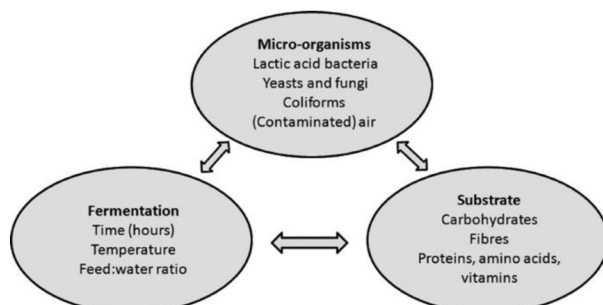
3.14.4 Tlusté střevo

Scholten et al. (1999) zaznamenali změnu poměru hladin kyseliny octové, máselné a propionové v tlustém střevě mezi fermentovanou a nefermentovanou stravou. Dále také zjistili, že zkrmování fermentované stravy selatům vedlo k nižšímu počtu koliformních bakterií v tlustém střevě. Je však třeba zdůraznit, že koncentrace mastných kyselin s krátkým řetězcem v lumen nevypovídá nic o produkci a absorpci těchto kyselin. Jako další možnost se uvádí, že dochází k posunu živin dostupných pro mikroorganismy v tlustém střevě. Pro tyto důkazy je však potřeba provést další a konkrétnější studie o dopadu a případných způsobech působení posunu mikrobiální populace a produkce nebo absorpce mastných kyselin s krátkým řetězcem v tlustém střevě.

3.14.5 Zlepšení zdravý střev a inhibice patogenů

Jak již bylo zmiňováno výše, míchání vody a krmiva při přípravě tekutého krmiva umožňuje množení přirozeně se vyskytujících fermentačních kvasinek a LAB přítomných v krmných složkách. Velmi důležitá je fáze fermentace, ve které se tekuté fermentované krmivo zkrmuje, jelikož během počáteční fáze jsou podmínky pro rychlý nárůst koliformních bakterií a dalších potencionálních patogenů velmi příznivé.

Jakmile fermentace dosáhne „ustáleného stavu“ nastává dosažení optimálních podmínek, a to na konci druhé a začátkem třetí fáze fermentace, kdy je obsah LAB a kyseliny mléčné vysoký, obsah kvasinek mírný a nízké pH s nízkým počtem enterobakterií (Brooks 2008; Jakobsen et al. 2015) . V této fázi za pomoci kyseliny mléčné, octové a etanolu snížilo pH, které bránilo množení patogenů, jako jsou *Escherichia coli* a *Salmonella* (Missotten et al. 2015; Cullen et al. 2021).



Obr 5. Interakce ve fermentovaných tekutých krmivech mezi přítomnými mikroorganismy, parametry fermentace a množstvím a kvalitou substrátu ovlivňuje konečný konečný produkt, upraveno podle Niba et al. (2009).

3.14.6 Fyzická aktivita

Mastné kyseliny s krátkým řetězcem jsou vstřebávána přes střevní stěnu a tím přispívají k udržování potřeb střev. Podle experimentálních údajů se naznačuje, že mastné kyseliny s krátkým řetězcem produkované v tlustém střevě mohou souviset s fyzickou aktivitou prasat. Schrama et al. (1996,1998) ve svých studiích naznačuje, že diety bohaté na neškrobové polysacharidy (NSP) snižují fyzickou aktivitu u prasat ve výkrmu. Také naznačují, že k této reakci na fyzickou aktivitu může přispívat změna mikrobiální populace a specifické účinky produktů fermentace (SCFA).

Scholten et al. (1999) vyzorovali významné rozdíly v chování prasat krmených buď fermentovanou nebo nefermentovanou potravou. U prasat, která byla krmena tekutou fermentovanou dietou, bylo zpozorováno, že trávili více času spíše odpočíváním či spánkem oproti prasatům krmených suchou dietou. Vzhledem k tomu, že na fyzickou aktivitu je spotřeba energie nižší, může to být vysvětlením vyššího denního přírůstku při zkrmování fermentovaných diet.

4 Závěr

Je zřejmé, že dnešní prase domácí již není konzumentem pouze domácích zbytků a spařených levných brambor, ale jedná se o vysoce užitkové a geneticky utříbené zvíře s jasnou orientací na maximální růst při minimální spotřebě krmiva.

Pomocí fermentace se do krmné dávky zařadila i krmiva s nižší využitelností živin a vysokým obsahem neškrobových polysacharidů. Dále také z důvodu lepší chutnosti došlo ke zvýšení příjmu krmiva a k optimalizované konverzi krmiva díky zvýšení přístupnosti živin. Celkové náklady na krmivo se snížili, protože jej lze lépe využít a do krmné dávky se začali zařazovat i cenově příznivější komponenty. Ke snížení nákladů také přispěl fakt, že vedlejší produkty z potravinářského průmyslu lze použít k zefektivnění a výživě prasat.

Dále díky předkládání přesných dávek tekutého fermentovaného krmiva se u mnoha jedinců zlepšilo celkové trávení a zdravotní stav střev.

Co se týče vlivu fermentovaného krmiva na zdravotní stav je třeba dbát na to, aby byly diety sestaveny na základě skutečného příjmu sušiny za den. Jelikož pak může docházet, vlivem nadměrného množství živin (především bílkovin), ke snižování využití krmiva to následně může vést až k průjmům, a to především u selat.

Přílišné zkrmování tekutých diet může mít někdy za následky i závažnější onemocnění jako syndrom žaludečních vředů, gastrointestinální tympanii apod. Tato onemocnění však bývají často způsobována multifaktoriálními příčinami, a proto se zatím v žádném výzkumu nepodařilo najít přímé souvislosti s těmito onemocněními.

5 Literatura

Adeldruvefors U, Schnurer J. 2005. Mold-inhibitory activity of different yeast species during airtight storage of wheat grain. *FEMS Yeast Research*. **5**(4–5): 373–378.

Arevalo-Villena M, Briones-Perez A, Corbo M.R, Sinigaglia M, Bevilacqua A. 2017. Biotechnological application of yeasts in food science: Starter cultures, probiotics and enzyme production. *Journal of Applied Microbiology*. **123**(6):1360–1372.

Beal J.D, Niven S.V, 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**(1–2): 99–104.

Bindelle J, Leterme P, Buldgen A. 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. **12**(1):69-80.

Bird A, Conlom M, Christophersen C, Topping D. 2010. Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial Microbes*. **1**(4): 423–431.

Brooks PH. 2008. Fermented liquid feed for pigs. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. **3**(073).

Brooks PH, Beal JD, Niven S. 2001. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. **2001**: 16.

Brooks PH, Moran CA, Beal JD, Demečková JD, Campbell A. 2001. Liquid feeding for the young piglet. The weaner pig: nutrition and management. *Proceedings of a British Society of Animal Science Occasional Meeting*, University of Nottingham, UK.

Brooks PH, Sorfonidou S, Beal J. 2005. The effect on biological performance and faecal microbiology of feeding finishing pigs on liquid diets fermented with lactic bacteria. In: *Sixth International Symposium on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork: International Conference on the Epidemiology and Control of Biological, Chemical and Physical Hazards in Pigs and Pork*. Rohnert Park, CA, United States: Iowa State University.

Brož V, Kic P, 1996. *Technika v dochovu a výkrmu prasat*. V Praze: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky.

Canibe N, Højberg O, Badsberg JH, Jensen BB. 2007. Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets. *Journal of Animal Science*. **85**(11), 2959–2971.

Canibe N, Jensen BB. 2003a. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. *Journal of Animal Science*. **81**(8): 2019–2031.

Canibe N, Jensen BB. 2003b. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs:

Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. *Journal of Animal Science*. **81**(8): 2019–2031.

Cole D, Beal R, Luscombe J. 1968. The effect on performance and bacterial flora of lactic acid, propionic acid, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs. *Veterinary Record*. **83**(18): 459–464.

Cullen J, Lawlor PG, Cormican P, Gardiner GE, 2021. Microbial Quality of Liquid Feed for Pigs and Its Impact on the Porcine Gut Microbiome. **11**(10): 2983.

Cummings JH, Englyst HN, 1995. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **61**(4): 938S-945S.

Demečková V, Kelly D, Coutts AGP, Brooks PH, Campbell A. 2002. The effect of fermented liquid feeding on the faecal microbiology and colostrum quality of farrowing sows. *International Journal of Food Microbiology*. **79**(1–2): 85–97.

Drochner W, Kerler A, Zacharis B. 2004. Pectin in pig nutrition, a comparative review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. **88**(11–12): 367–380.

Edward S.A, Fairbairn CB, Caper AL. 1986. Liquid potato feed for finishing pigs: Feeding value, inclusion rate and storage properties. *Animal Feed Science and Technology*. **15**(2): 129–139.

FUKA V. 2017. Fermentace krmiv v praxi. Úspěch ve stáji: aktuálně. Available from https://www.schaumann.cz/cps/schaumann-cz/ds_doc/csy/2017-10_fermentace_tekuteho.pdf (accessed March 2022).

Geary TM, Brooks PH, Beal JD, Campbell A. 1999. Effect on weaner pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic acid or through fermentation with *Pediococcus acidilactici*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **79**(4): 633–640.

Gilbert ER, Wong EA, Webb KE. 2008. Board-invited review: Peptide absorption and utilization: Implications for animal nutrition and health. *Journal of Animal Science*. **86**(9):2135–2155.

Goff GL, van Milgen J, Noblet J. 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. *Animal Science*. **74**(3): 503–515.

Han, Rombouts FM, Nout MJR. 2001. A Chinese fermented soybean food. *International Journal of Food Microbiology*. **65**(1–2): 1–10.

Han, Yung-Keun, Thaceker PA, Joo-Sung Yang. 2006. Effects of the Duration of Liquid Feeding on Performance and Nutrient Digestibility in Weaned Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. **19**(3): 396–401.

Hansen LL, Mikkelsen LL, Agerhem H, Laue A, Jensen MT, Jensen BB. 2000. Effect

of fermented liquid food and zinc bacitracin on microbial metabolism in the gut and sensoric profile of *m. longissimus dorsi* from entire male and female pigs *Animal Science*. **71**(1):65–80.

He Y, Mao Ch, Wen H, Chen Z, Lai T, Li L, Lu W, Wu H. 2017. Influence of ad Libitum Feeding of Piglets With *Bacillus Subtilis* Fermented Liquid Feed on Gut Flora, Luminal Contents and Health. *Scientific Reports*. **7**(1): 44553.

Heinritz, S., Weiss, E., Eklund, M., et al. 2016. Intestinal Microbiota and Microbial Metabolites Are Changed in a Pig Model Fed a High-Fat/Low-Fiber or a Low-Fat/High-Fiber Diet. *Plos One*. **11**(4), 1-21.

Højberg O, Canibe N, Knudsen B, Jensen BB. 2003. Potential Rates of Fermentation in Digesta from the Gastrointestinal Tract of Pigs: Effect of Feeding Fermented Liquid Feed. *Applied and Environmental Microbiology*. **69**(1): 408–418.

Cheng Sai-sai, Li Y, Geng SJ, HU LS, Fu XF, Han XY. 2017. Effects of dietary fresh fermented soybean meal on growth performance, ammonia and particulate matter emissions, and nitrogen excretion in nursery piglets. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*. **18**(12): 1083–1092.

Choct M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed milling international*. **191**(1):13-26.

Jakobsen GV, Jensen BB, Knudsen KEB, Canibe N. 2015. Improving the nutritional value of rapeseed cake and wheat dried distillers grains with solubles by addition of enzymes during liquid fermentation. *Animal Feed Science and Technology*. **208**: 198–213.

Jensen BB. 1998. The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*. **7**(1): 45–64.

Jha R, Berrocoso JD. 2015. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal*. **9**(9): 1441–1452.

Jirout J. 2020. Výživa a krmení prasat ve výkrmu [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

Karr-Lilienthal LK, Kadzere CT, Grieshop CM, Fahey GC. 2005. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. *Livestock Production Science*. **97**(1): 1–12.

Kiarie E, Bhandari S, Scott M, Krause DO, Nyachoti CM. 2011. Growth performance and gastrointestinal microbial ecology responses of piglets receiving *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products after an oral challenge with *Escherichia coli* (K88)1. *Journal of Animal Science*. **89**(4): 1062–1078.

Knudsen KEB. 2014. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science*. **93**(9): 2380–2393.

Koh A, De Vadder F, Kovatche-Datchary P, BÄCKHED F. 2016. From Dietary Fiber to

Host Physiology: Short-Chain Fatty Acids as Key Bacterial Metabolites. *Cell*. **165**(6):1332–1345.

Kodeš A, Mudřík Z, Hučko B, Kacerovská L. 2001. *Základy moderní výživy prasat*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Koropatkin N, Cameron E, Martens EC. 2012. How glycan metabolism shapes the human gut microbiota. *Nature reviews Microbiology*. **10** (5):323-335.

Krause DO, Easter RA, White BA, Mackie RI. 1995. Effect of weaning diet on the ecology of adherent lactobacilli in the gastrointestinal tract of the pig. *Journal of Animal Science*. **73**(8):2347–2354.

Lád F. 2004. *Výživa a krmení prasat ve výkrmu*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

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

L'anson K, Choct M, Brooks PH. 2012. The influence of particle size and processing method for wheat-based diets, offered in dry or liquid form, on growth performance and diet digestibility in male weaner pigs. *Animal Production Science*. **52**(10): 899.

Lawlor PG, Lynch PB, Gardiner GE, Caffrey CJ, O'Doherty JV. 2002. Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest 1,2. *Journal of Animal Science*. **80**(7): 1725–1735.

Leser TD, Lindecrona RH, Jensen TK, Jensen BB, MØLLER K. 2000. Changes in Bacterial Community Structure in the Colon of Pigs Fed Different Experimental Diets and after Infection with *Brachyspira hyodysenteriae*. *Applied and Environmental Microbiology*. **66**(8): 3290–3296.

Leterme P, Buldgen A, Estrada F, LONDOÑO AM. 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*. **95**(4): 644–652.

Lindberg JE. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. **5**(1): 15.

Low AG. 1982. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. *Livestock Production Science*. **9**(4): 511–520.

Macfarlane GT, Steed H, Macfarlane S. 2007. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *Journal of Applied Microbiology*. **104**(2): 305-344.

Macfarlane S, Macfarlane GT. 2003. Regulation of short-chain fatty acid production. *Proceedings of the Nutrition Society*. **62**(1): 67–72.

Martinez- Puig D, Pérez JF, Castillo M, Andaluz A, Anguita M, Morales J, Gasa J. 2003.

Consumption of Raw Potato Starch Increases Colon Length and Fecal Excretion of Purine Bases in Growing Pigs. *The Journal of Nutrition*. **133**(1): 134–139.

Mikkelsen L, Jensen B. 1998. Performance and microbial activity in the gastrointestinal tract of piglets fed fermented liquid feed at weaning. *Journal of Animal and Feed Sciences*. **7**(1): 211–215.

Miller TL, Wolin MJ. 1996. Pathways of acetate, propionate, and butyrate formation by the human fecal microbial flora. *Applied and Environmental Microbiology*. **62**(5):1589–1592.

Missotten JAM, 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**(1): 4.

Missotten JAM, Michiels J, Owyn A, de Smet S, Dierick NA, 2010. Fermented liquid feed for pigs. *Archives of Animal Nutrition*. **64**(6):437–466.

Molist F, Van Oostrum M, Pérez JF, Mateos GG, Nyachoti CM, Van der Aar PJ. 2014. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*. **189**: 1–10.

Montagne L, Boudry G, Favier Ch, Le HUËROU-LURON I, Lalles JP, SEVE B. 2007. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. *British Journal of Nutrition*. **97**(1): 45–57.

Moran CA, Scholten RHJ, Tricario JM, Brooks PH, Verstegen MVA. 2006. Fermentation of wheat: Effects of backslopping different proportions of pre-fermented wheat on the microbial and chemical composition. *Archives of Animal Nutrition*. **60**(2):158–169.

Niba A, Beal J, Kudi A, Brooks PH. 2009 b. Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*. **8**: 1758–1767.

Nicholson JWG, Snoddon PM, Dean PR. 1988. Digestibility and acceptability of potato steam peel by pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. **68**(1): 233–239.

Niven SJ, Beal JD, Brooks PH. 2006. The effect of controlled fermentation on the fate of synthetic lysine in liquid diets for pigs. *Animal Feed Science and Technology*. **129**(3–4): 304–315.

Noblet JV, Bontems V, Tran G. 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRAE Productions Animales*. **16**(3): 197–210.

Noblet J, Le Goof G. 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology*. **90**(1–2): 35–52.

Nout MJR, Rombouts FM, Havellar A. 1989. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant good ingredients on some pathogenic microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*. **8**(4).351–361.

Olstorpe M, Axelsson L, Schnürer J, Passoth V. 2010a. Effect of starter culture

inoculation on feed hygiene and microbial population development in fermented pig feed composed of a cereal grain mix with wet wheat distillers' grain: Starter culture in feed fermentation. *Journal of Applied Microbiology*. **108**(1): 129–138.

Olstorpe M, Axelsson L, Schnürer J, Passoth V. 2010b. Effect of starter culture inoculation on feed hygiene and microbial population development in fermented pig feed composed of a cereal grain mix with wet wheat distillers' grain: Starter culture in feed fermentation. *Journal of Applied Microbiology*. **108**(1): 129–138.

Olstorpe M, Lyberg K, Lindbe, Schnürer J, Passoth V. 2008. Population Diversity of Yeasts and Lactic Acid Bacteria in Pig Feed Fermented with Whey, Wet Wheat Distillers' Grains, or Water at Different Temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*. **74**(6):1696–1703.

Olstorpe M, Schnürer J, Passoth V. 2012. Growth Inhibition of Various Enterobacteriaceae Species by the Yeast *Hansenula anomala* during Storage of Moist Cereal Grain. *Applied and Environmental Microbiology*. **78**(1): 292–294.

Owusu- Asiedu A, Patience JF, Laarveld B, Van Kessel, Shimmins PS, Zijlstra. 2006. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs^{1,2}. *Journal of Animal Science*. **84**(4):843–852.

Pecher H. 2015. Krmivo bezpečně, efektivně a intenzivně fermentovat. Úspěch ve stáj: Speciální vydání pro prasata. Available from: https://www.schaumann.cz/cps/schaumann-cz/ds_doc/csy/2017-10_fermentace_tekuteho.pdf/ (accessed January 2022).

Plumed- Ferrer C, Von Wright A. 2009. Fermented pig liquid feed: nutritional, safety and regulatory aspects. *Journal of Applied Microbiology*. **106**(2): 351–368.

Plumed- Ferrer C, Llopis M, Hyvönen P, von Wricht A. 2004. Characterization of the microbial community and its changes in liquid piglet feed formulations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **84**(11):1315–1318.

Pluske JR, Hampson DJ, Williams IH. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science*. **51**(1): 215–236.

Prokop V. 1991. Krmivářský konzulent. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

Pryde SE, Duncan SH, Hold GL, Stewart CS, Flint HJ. 2002. The microbiology of butyrate formation in the human colon. *FEMS Microbiology Letters*. **217**(2): 133–139.

Roselli M, Pieper R, Rogel- Gaillard C, De Vries H, Bailey M, Smidt H, Lauridsen Ch. 2017. Immunomodulating effects of probiotics for microbiota modulation, gut health and disease resistance in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. **233**: 104–119.

Ruiz L, Hidalgo C, Blanco- Míguez, Lourenco A, Sánchez B, Margolles A. 2016.

Tackling probiotic and gut microbiota functionality through proteomics. *Journal of Proteomics*. **147**: 28–39.

Russel JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*. **70**(11): 3551–3561.

Russel PJ, Geary TM, Brooks PH, Campbell A. 1996. Performance, Water Use and Effluent Output of Weaner Pigs Fed ad libitum with Either Dry Pellets or Liquid Feed and the Role of Microbial Activity in the Liquid Feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **72**(1):8–16.

Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. 2006. Resistant Starch-A Review. **5**(1):1–17.

Sánchez B, Delgado S, Blanco- Míguez A, Lourenco A, Gueimonde M, Margolles A. 2017. Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*. **61**(1): 1600240.

Shi Ch, He J, Wang J, Yu J, Yu B, Mao X, Zheng P, Huang Z, Chen D, 2016. Effects of *Aspergillus niger* fermented rapeseed meal on nutrient digestibility, growth performance and serum parameters in growing pigs: Fermented Rapeseed Meal Fed to Pigs. *Animal Science Journal*. **87**(4): 557–563.

Shi Ch, Zhang Y, Lu Z, Wang Y. 2017. Solid-state fermentation of corn-soybean meal mixed feed with *Bacillus subtilis* and *Enterococcus faecium* for degrading antinutritional factors and enhancing nutritional value. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. **8**(1): 50.

Scholten RHJ, Van der Peet- Schwing CMC, Verstegen MWA, Den Hartog LA, Schrama JW, Vessur PC. 1999. Fermented co-products and fermented compound diets for pigs: a review. *Animal Feed Science and Technology*. **82**(1–2): 1–19.

Song D, Li C, Cheng Y, Wu G, Xiao X, Wan F, Wang Y, Lu Z. 2017. Effects of supplementing sow diets with *Saccharomyces cerevisiae* re-fermented sorghum dried distiller's grains with solubles from late gestation to weaning on the performance of sows and progeny. *Journal of Animal Science*. **95**(5):2025–2031.

Stupka R, Sprysl R, Čížek J. 2009. *Základy chovu prasat*. Česká zemědělská univerzita, Praha: PowerPrint.

Tajima K, Ohmori H, Aminov RI, Kobashi Y, Kawashima T. 2010. Fermented liquid feed enhances bacterial diversity in piglet intestine. *Anaerobe*. **16**(1):6–11.

Taylor WH. 1959. Studies on gastric proteolysis. 1. The proteolytic activity of human gastric juice and pig and calf gastric mucosal extracts below pH 5. *Biochemical Journal*. **71**(1): 73–83.

Urlings HAP, Mug AJ, A.Th. Van 't Klooster ATh, Bijker PGH, Van Logtestijn JG, Van Gils LGM. 1993. Microbial and nutritional aspects of feeding fermented feed (poultry by-products) to pigs. *Veterinary Quarterly*. **15**(4): 146–151.

Van Winsen R, Urlings BAP, Lipman LJA, Snijders JMA, Keuzenkamp D, Verheijden JHM, Van Knapen F. 2001. Effect of Fermented Feed on the Microbial Population of the Gastrointestinal Tracts of Pigs. *Applied and Environmental Microbiology*. **67**(7): 3071–3076.

Varel VH, Yen JT. 1997. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*. **75**(10): 2715.

Víšek WJ. 1972. Effects of urea hydrolysis on cell life-span and metabolism. *Federation Proceedings*. **31**(3): 1178–1193.

Vukmirović D, Čolović R, Rakita S, Brlek R, Đuragić Om Solá-Oriol D. 2017. Importance of feed structure (particle size) and feed form (mash vs. pellets) in pig nutrition – A review. *Animal Feed Science and Technology*. **233**: 133–144.

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**(7): 2941–2948.

Wellock IJ, Houdijk JGM, Kyriazakis I. 2007. Effect of dietary non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on gut health and the risk of post weaning enteric disorders in newly weaned piglets. *Nauka o hospodářských zvířatech*. **108**: 186–189.

Wenk C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*. **90**(1–2):21–33.

Wilfart A, Montagne L, Simmins PH, Van Milgen J, Noblet J. 2007. Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber1. *Journal of Animal Science*. **85**(4): 976–983.

Williams BA, Verstegen MWA, Tamminga S. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research Reviews*. **14**(02): 207.

Zervas S, Zijlstra RT. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. *Journal of Animal Science*. **80**(12): 3247.

Zhao W, Wang Y, Liu S, Huang J, Zhai Z, He Ch, Ding J, Wang J, Wang H, Fan W, Zhao J, Meng H. 2015. The Dynamic Distribution of Porcine Microbiota across Different Ages and Gastrointestinal Tract Segments. *Plos one*. **10**(2): e0117441.

Zoric M, Johansson SE, Wallgren P. 2015. Behaviour of fattening pigs fed with liquid feed and dry feed. *Porcine Health Management*. **1**(1):14.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

CP: hrubý protein

DE: stravitelná energie

DF: vláknina

CF: surová vláknina

NDF: neutrálně detergentní vláknina

NSP: neškrobové polysacharidy

SCFA: mastné kyseliny s krátkým řetězcem

SFLF: spontánní fermentace

NFLF: nefermentované tekuté krmivo

NH₃: amoniak

LF: tekutá krmiva

FLF: tekuté fermentované krmivo

ALF: okyselené LF

IBD: zánětlivé střevní onemocnění

VFA: těkavé mastné kyseliny

PSP: bramborové slupky

CW: syrovátka

LWS: tekutý pšeničný škrob

FCR: poměr konverze krmiva

DD: suchá dieta

NWD: nefermentované diety

FWD: fermentované tekuté krmné směsi

ATP: adenosin- 5- trifosfát

HF: dietou s vysokým obsahem tuku a nízkým obsahem vlákniny

NL: dusíkaté látky

DM: sušina

