

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Sašo SEVER

**VPLIV LANENEGA OLJA TER PŠENIČNIH IN
OVSENIH OTROBOV NA PREBAVLJIVOST IN
HITROST PASAŽE KRME PRI ODSTAVLJENIH
PUJSKIH**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Sašo SEVER

**VPLIV LANENEGA OLJA TER PŠENIČNIH IN OVSENIH OTROBOV NA
PREBAVLJIVOST IN HITROST PASAŽE KRME PRI ODSTAVLJENIH
PUJSKIH**

MAGISTRSKO DELO

**THE EFFECT OF LINSEED OIL, WHEAT AND OAT BRAN ON
DIGESTIBILITY AND PASSAGE IN WEANED PIGLETS**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 13. 7. 2015 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja zootehnikе. Za mentorico je bila imenovana doc. dr. Vida Rezar in za somentorja prof. dr. Janez Salobir.

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Oddelku za zootehniko, Katedri za prehrano.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Andrej LAVRENČIČ
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Članica: doc. dr. Marina ŠTUKELJ
 Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta

Članica: doc. dr. Špela MALOVRH
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora: 31.8.2016

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Sašo Sever

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	UDK 636.4.084/.087(043.2)=163.6
KG	prašičereja/prasiči/odstavljeni pujski/prehrana živali/vlaknina/olje/pasaža/prebavlјivost
AV	SEVER, Sašo, univ. dipl. inž. zoot.
SA	REZAR, Vida (mentorica)/SALOBIR, Janez (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje zootehnike
LI	2016
IN	VPLIV LANENEGA OLJA TER PŠENIČNIH IN OVSENIH OTROBOV NA PREBAVLJIVOST IN HITROST PASAŽE KRME PRI ODSTAVLJENIH PUJSKIH
TD	Magistrsko delo
OP	X, 79 str., 21 pregl., 6 sl., 136 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	<p>Odstavitev pujskov je stresno obdobje, ki lahko vodi do poslabšanja prebavlјivosti in izkoristljivosti hranljivih snovi ter zastajanja krme v prebavilih. Namen dela je bil ugotoviti, kako dodatki različnih virov, prehranske vlaknine in dodatek rastlinskega olja vplivajo na prebavlјivost in izkoristljivost hranljivih snovi ter hitrost pretoka krme pri tekačih. V poskus je bilo vključenih 24 tekačev – kastratov, ki so bili v povprečju težki $12,5 \pm 1,03$ kg. Tekači so bili vhlevljeni v individualne metabolne kletke. Poskus je bil razdeljen na dva dela: v prvem smo spremljali hitrost pretoka hranilnih snovi skozi prebavni trakt, v drugem pa smo ugotavljali bilanco in prebavlјivost hranljivih snovi. Tekači v posameznih skupinah so dobivali različno sestavljene izokalorične dnevne obroke, ki so zagotavljali 2,5-kratno kritje vzdrževalnih potreb. V vseh skupinah so tekači dobivali enak osnovni krmni obrok, ki je pokrival 50 % potreb po energiji, in dopolnilni krmni obrok, ki je glede na poskusno skupino vnašal preostali del energije v obliki škrba (Škr), lanenega olja (Olj), lanenega olja in dodatka ovsenih otrobov (Olj+Ov) ter lanenega olja in pšeničnih otrobov (Olj+Pš). Dodatek olja statistično značilno izboljša prebavlјivost in izkoristljivost OS glede na Olj+Pš, prebavlјivost SM glede na Škr, SV glede na Olj+Pš, Cel in KDV glede na Olj+Pš ter poslabša prebavlјivost HCel glede na preostale poskusne skupine ter NDV glede na Škr in Olj+Pš. Dodatek otrobov v Olj+Ov je statistično značilno izboljšal prebavlјivost SM glede na Škr, HCel glede na Olj in NDV glede na Škr ter Olj+Pš. Dodatek otrobov v Olj+Pš je statistično značilno izboljšal prebavlјivost SM glede na Škr in poslabšal prebavlјivost in izkoristljivost OS ter prebavlјivost SV, Cel, HCel, NDV in KDV glede na preostale poskusne skupine. Rezultati raziskave kažejo, da dodatki različnih virov prehranske vlaknine ter dodatek lanenega olja različno vplivajo na hitrost pretoka krme ter prebavlјivost in izkoristljivost hranljivih snovi ter da njihova uporaba lahko potencialno zmanjša posledice odstavitevnega stresa.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md
DC UDC 636.4.084/.087(043.2)=163.6
CX pig production/pigs/weaned piglets/animal nutrition/fiber/oil/passage/digestibility
AU SEVER, Sašo
AA REZAR, Vida (supervisor)/SALOBIR, Janez (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Animal Production
PY 2016
TI THE EFFECT OF LINSEED OIL, WHEAT AND OAT BRAN ON DIGESTIBILITY AND PASSAGE IN WEANED PIGLETS
DT M.Sc Thesis
NO X, 79 p., 21 tab., 6 fig., 136 ref.
LA sl
A1 sl/en
AB Weaning period is a stressful period for piglets, which may lead to a deterioration of digestibility and effective availability of nutrients and retention of feed in the gastrointestinal tract. The purpose of the work was to determine how additions of different sources of fiber and the addition of vegetable oil affect the digestibility and efficiency of nutrients and feed passage in growers. The experiment included 24 growers, which have, on average, 12.5 ± 1.03 kg. Growers were housed in individual metabolic cages. The experiment was divided into two parts. In the first part the passage rate and in the second nutrients digestibility and balance were observed. Growers in each treatment group were treated with different compositions isocaloric meals, which provided 2.5 times of maintenance needs. In all groups the growers got the same basal diet, which covered 50% of energy needs and supplementary diet, which, according to the experimental group provided the rest of the energy in the form of starch (Škr), linseed oil (Olj), oat bran (Olj+Ov) or wheat bran (Olj+Pš). The inclusion of oil significantly improves the digestibility and utilisation of OM in comparison to Olj+Pš, digestibility of CF to Škr, CF to Olj+Pš, Cel and ADF to Olj+Pš and reduced digestibility HCel in comparison to all other groups and NDF in comparison to Škr and Olj+Pš. Inclusion of oat bran in Olj+Ov significantly improved the digestibility CF in comparison to Škr, HCel to Olj and NDF to Škr and Olj+ Pš. Inclusion of wheat bran in Olj+Pš significantly improved the digestibility of CF in comparison to Škr and reduced digestibility and utilisation of OM and digestibility of CF, Cel, HCel, NDF and ADF in comparison to other groups. The results show that the inclusion of different sources of fiber and of linseed oil differently effects the feed passage rate, digestibility and efficiency of nutrients utilisation in the manner that can potentially reduce the effects of weaning stress.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	4
2.1 PREHRANSKA VLAKNINA	4
2.2 VPLIV PREHRANSKE VLAKNINE NA ENCIMSKO PREBAVO IN ABSORPCIJO	6
2.3 ENCIMSKA PREBAVA PRI ODSTAVLJENIH PUJSKIH	11
2.4 NETOPNA VLAKNINA	12
2.4.1 Pšenični otrobi	13
2.5 TOPNA VLAKNINA.....	13
2.5.1 Ovseni otrobi.....	14
2.6 FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI VLAKNINE	15
2.6.1 Hidriranje (sposobnost vpijanja večje količine vode)	16
2.7 MIKROBNA FERMENTACIJA VLAKNINE.....	16
2.7.1 Mikrobiota prebavnega trakta.....	17
2.8 HITROST PRETOKA KRME	18
2.9 PREHRANSKE MAŠČOBE	19
2.10 VPLIV PREHRANSKE VLAKNINE NA PREBAVLJIVOST HRANLJIVIH SNOVI PRI RASTOČIH PRAŠIČIH	22

2.10.1	Vpliv telesne mase	23
2.10.2	Razvoj debelega črevesa	23
2.10.3	Povezava med prehransko vlaknino in maščobami v krmi	23
3	MATERIAL IN METODE DELA.....	25
3.1	MATERIAL	25
3.1.1	Tekači	25
3.1.2	Krma.....	25
3.1.3	Krmni obrok v poskusnih skupinah	27
3.1.4	Blato in seč	31
3.2	METODE	32
3.2.1	Določanje hranljivih snovi.....	33
3.2.1.1	Suha snov (SS)	33
3.2.1.2	Surove beljakovine (SB)	33
3.2.1.3	Surove maščobe (SM)	34
3.2.1.4	Surovi pepel (SP).....	34
3.2.1.5	Fosfor (P).....	34
3.2.1.6	Kalcij (Ca)	34
3.2.1.7	Cink (Zn)	35
3.2.1.8	Surova vlaknina (SV)	35
3.2.1.9	V nevtralnem detergentu netopna vlaknina (NDV), v kislem detergentu netopna vlaknina (KDV) in v kislem detergentu netopni lignin (KDL)	35
3.2.2	Hitrost pretoka krme	36
3.2.3	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost hranil krme	36
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	37
4	REZULTATI	38
4.1	POVPREČNI DNEVNI PRIRAST TEKAČEV IN KOLIČINA IZLOČENEGA BLATA.....	38
4.2	HITROST PRETOKA KRME	39
4.3	BILANCA, PREBAVLJIVOST IN IZKORISTLJIVOST ORGANSKE IN HRANLJIVIH SNOVI.....	40
4.3.1	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost organske snovi (OS).....	40
4.3.2	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost dušika (N)	41
4.3.3	Bilanca in prebavlјivost surovih maščob (SM).....	43
4.3.4	Prebavlјivost surovih vlaknin (SV).....	44
4.3.5	Prebavlјivost v nevtralnem detergentu netopne vlaknine (NDV).....	45

4.3.6	Prebavlјivost v kislem detergentu netopne vlaknine (KDV)	46
4.3.7	Prebavlјivost hemiceluloze (HCel).....	47
4.3.8	Prebavlјivost v kislem detergentu netopnega lignina (KDL)	48
4.3.9	Prebavlјivost celuloze (Cel)	49
4.3.10	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost kalcija (Ca).....	50
4.3.11	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost fosforja (P).....	50
4.3.12	Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost cinka (Zn)	51
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	53
5.1	RAZPRAVA	53
5.2	SKLEPI	59
6	POVZETEK (SUMMARY).....	60
6.1	POVZETEK	60
6.1	SUMMARY	62
7	VIRI	64
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1:	Kemijska sestava pšeničnih in ovsenih otrobov (Rezar, 2001).....	11
Preglednica 2:	Analizirane sestavine v obrokih	26
Preglednica 3:	Sestava dnevnega obroka za 12,5 kg težkega tekača v posameznih poskusnih skupinah	27
Preglednica 4:	Struktura krmnih obrokov v poskusnih skupinah	28
Preglednica 5:	Konzumacija hraničnih snovi v obrokih za tekače TM 12,5 kg	30
Preglednica 6:	Sestava premiksa	31
Preglednica 7:	Analizirane sestavine v blatu in seču	32
Preglednica 8:	Telesna masa in povprečni dnevni prirasti tekačev.....	38
Preglednica 9:	Povprečna dnevna količina izločenega blata.....	39
Preglednica 10:	Zauživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivosti organske snovi	41
Preglednica 11:	Zauživanje, izločanje in bilanca dušika.....	42
Preglednica 12:	Zauživanje, izločanje, prebavlјivost in bilanca surovih maščob	43
Preglednica 13:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivost surove vlaknine	44
Preglednica 14:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivosti v nevtralnem detergentu netopne vlaknine	45
Preglednica 15:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivosti v kislem detergentu netopne vlaknine	46
Preglednica 16:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivost hemiceluloze	47
Preglednica 17:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivost v kislem detergentu netopnega lignina.....	48
Preglednica 18:	Zauživanje, izločanje in prebavlјivost celuloze	49
Preglednica 19:	Zauživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost kalcija ..	50
Preglednica 20:	Zauživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost fosforja.	51
Preglednica 21:	Zauživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost cinka	52

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Patogeneza odstavitvenega sindroma pri pujskih (povzeto po Salobir in Rezar, 2009).....	1
Slika 2: Shematski prikaz prehranskih ogljikovih hidratov, vlaknine in sestava NŠP z analizo po Van Soestu (prirejeno po de Leeuw in sod., 2008).....	5
Slika 3: Povezava med zaužitjem topnih neškrobnih polisaharidov in viskoznostjo vsebine tankega črevesa pri odstavljenih pujskih (prirejeno po Bach Knudsen in sod., 2008a).	7
Slika 4: Delež pokritja energijskih potreb v osnovnem obroku iz maščob, škroba, olja, pšeničnih oziroma ovsenih otrobov v obrokih posameznih skupin (prirejeno po Rezar, 2001).....	29
Slika 5: Kumulativno izločanje indikatorjev (%).	40
Slika 6: Prebavljivost in izkoristljivost dušika.	42

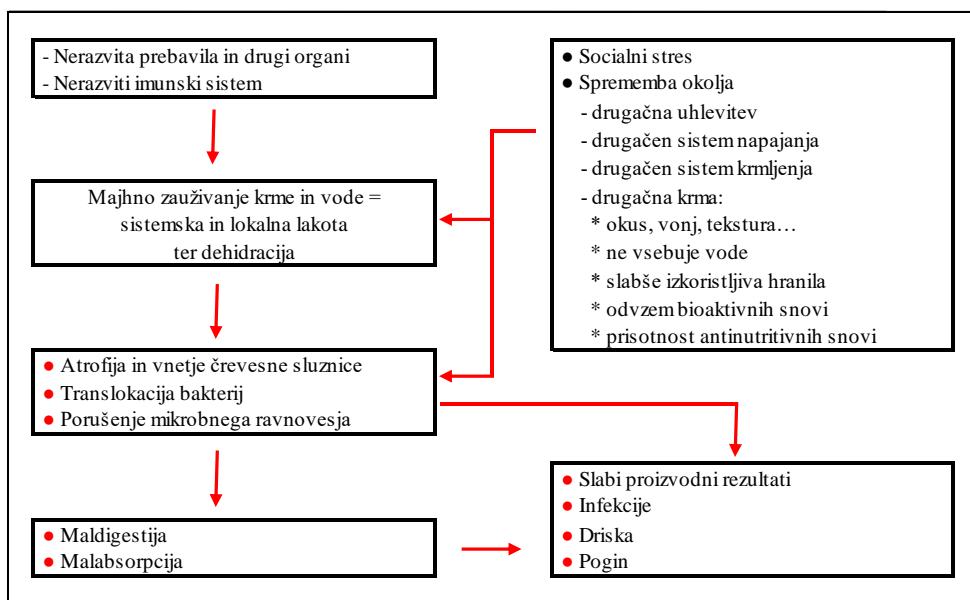
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BDI	brezdušični izvleček
Cel	celuloza
HCel	hemiceluloza
HMK	hlapne maščobne kisline
KDV	v kislem detergentu netopna vlaknina
KDL	v kislem detergentu netopni lignin
ME	presnovljiva energija
NDV	v nevtralnem detergentu netopna vlaknina
NVOH	nevlaknasti ogljikovi hidrati
NŠP	neškrobeni polisaharidi
N	dušik
OS	organska snov
PTM	presnovna telesna masa
SB	surove beljakovine
SEM	standardna napaka ocene
SM	surove maščobe
SP	surovi pepel
SS	suha snov
SV	surove vlaknine
TDF	skupna prehranska vlaknina
TM	telesna masa
VNMK	večkrat nenasicene maščobne kisline

1 UVOD

Odstavitev pujskov vodi do tako imenovanega odstavitvenega sindroma zaradi relativne nerazvitosti (predvsem prebavil) in sprememb v okolju, kar je shematsko prikazano na sliki 1. Te spremembe so posledica socialnega stresa, odtujitve matere, prekinite sesanja, spremembe načina prehrane, majhnega izločanja kislin in prebavnih encimov, vrste krme ter drugih sprememb okolja.

Nenadna sprememba obroka ima za posledico manjše zaužitje vode in slabšo konzumacijo krme. Posledično pride do sprememb v morfologiji prebavil, ki se kažejo v zmanjšani encimatski aktivnosti v tankem črevesu in s tem zmanjšani sposobnosti prebave in absorpcije hranil (Pluske in sod., 2003). Krma se zato dlje časa zadržuje v prebavilih, kar lahko poveča nevarnost za razvoj patogenih mikroorganizmov in vodi do povečanega izločanja hlapnih maščobnih kislin in ogljikovih hidratov v blatu, vodenega blata in poškodb na črevesni sluznici (Kyriakis, 1989; Kelly in sod., 1991). Zaradi opisanega pride pri pujskih po odstavitevi ne le do poodstavitvenega zastoja v rasti, ampak tudi do večje občutljivosti za okužbe, večje pogostosti drisk in večjih izgub (slika 1).



Slika 1: Patogeneza odstavitvenega sindroma pri pujskih (povzeto po Salobir in Rezar, 2009).

Figure 1: Pathogenesis of weaning syndrome in piglets (adapted from Salobir and Rezar, 2009).

Z namenom omiliti posledice, ki nastanejo ob odstavitevi, se nekateri rejci poslužujejo restriktivnega krmljenja pujskov, le-to pa lahko dodatno negativno vpliva na hitrost pretoka vsebine črevesa. Bolduan in sod. (1988) so ugotovili, da je uporaba prehranske vlaknine v obrokih za pujske učinkovit ukrep za zmanjševanje poodstavitevnega stresa. Dolgo časa smo z uporabo nutritivnih antibiotikov v krmi poskušali odpraviti odstavitevne driske pri pujskih. Ker njihova uporaba in včasih tudi zloraba ni sledila ciljem trajnostnega razvoja, je zaradi nevarnosti ostankov antibiotikov v proizvodih živalskega izvora in nenazadnje zaradi pojava odpornosti bakterij uporaba antibiotikov v krmi od leta 2006 v EU prepovedana (de Lange in sod., 2010).

Z vključevanjem prehranske vlaknine v krmo lahko vzdržujemo normalne fiziološke funkcije v prebavilih pujskov. Potencialno prebiotični učinki prehranske vlaknine, ki so posledica njene interakcije z mikrookoljem mikrobov in imunskim sistemom debelega črevesa, ponujajo možnost za stimulacijo zdravja črevesja s tem, ko v prebavilih delujejo antimikrobno. Vključevanje topne vlaknine v krmo za prašiče zato vzpodbuja rast koristnih mikrobov v debelem črevesu (Wenk, 2001), inhibira rast škodljivih, povzroči občutek sitosti, vpliva na obnašanje živali in izboljša vsesplošno počutje (NRC, 1998).

Z uporabo topne in netopne prehranske vlaknine lahko prispevamo k manjšemu prehranskemu stresu pujskov. Različne vrste prehranskih vlaknin (topne, netopne) različno vplivajo na dogajanja v prebavilih prašičev. Tako vključevanje topne prehranske vlaknine v krmo vzpodbuja razvoj črevesne flore in posledično večjo sintezo hlapnih maščobnih kislin ter nižji pH v debelem črevesu (Hedemann in sod., 2006), poveča viskoznost, upočasni absorpcijo in posledično zmanjša ilealno prebavljivost hranljivih snovi (Dégen, 2010). Netopna prehranska vlaknina pospeši hitrost pretoka in s tem zagotavlja substrat, ki se počasi prebavlja v debelem črevesu pod vplivom bakterijskih encimov (Dégen, 2010). Hlapne maščobne kisline zavirajo rast številnih patogenih mikroorganizmov, saj le-ti za svoj razvoj potrebujejo nevtralno oziroma rahlo bazično okolje v črevesju. Kislo okolje negativno vpliva na rast patogenih mikroorganizmov, kot sta *Escherichia coli* in *Clostridium perfringens*, kar je s stališča prehrane zelo pomembno (Hedemann in sod., 2006).

Primeren vir prehranske vlaknine v obrokih za tekače so žitni otrobi. Ti se namreč zaradi svojih lastnosti v glavnem prebavljajo v debelem črevesu pod vplivom bakterijskih encimov. Pšenični otrobi so predstavniki vlaknin, ki najbolj vplivajo na večje izločanje blata in skrajšanje pretoka črevesne vsebine (Bach Knudsen in Hansen, 1991a; Bach Knudsen in Hansen, 1991b).

Namen naše raziskave je ugotoviti, kakšen vpliv ima dodatek lanenega olja ter pšeničnih in ovsenih otrobov na hitrost pretoka črevesne vsebine skozi prebavila in prebavlјivost nekaterih hranil pri odstavljenih pujskih.

Raziskovalne hipoteze:

- pšenični in ovseni otrobi pospešijo pretok skozi prebavila, pri čemer so pšenični otrobi bolj učinkoviti,
- pšenični in ovseni otrobi zmanjšajo prebavlјivost in izkoristljivost hranil,
- dodatek lanenega olja pospeši hitrost pretoka krme skozi prebavila in poslabša prebavlјivost nekaterih hranil.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 PREHRANSKA VLAKNINA

Termin »prehranska vlaknina« je leta 1953 prvi uporabil Hypsley, ki je s tem izrazom poimenoval neprebavlјive sestavine celičnih sten. Leta 1972 jo je opisal Trowell in jo definiral kot del hrane, ki izhaja iz celičnih sten rastlin in jo sesalci slabo prebavljam ter jo poimenoval kot vsoto rastlinskih polisaharidov in lignina, ki je odporna na hidrolizo endogenih encimov sesalcev (Trowell, 1972). Prehranska vlaknina vključuje spojine rastlinskih celičnih sten, kot so: celuloza, hemiceluloza, β -glukani z mešano vezjo, pektini, gume in lignin. S fiziološkega stališča v prehransko vlaknino sodijo tudi neškrobeni polisaharidi (NŠP) in odporni škrob, ker se ne razgradijo s pomočjo endogenih encimov sesalcev, temveč s pomočjo encimov bakterij v debelem črevesu.

Weendska analiza, metoda po Van Soestu in metoda skupne prehranske vlaknine (TDF) so tri glavne metode za opisovanje lastnosti vlaknine, ki jih uporabljam v prehrani prašičev (Johnston in sod., 2003). Niti z Weendsko analizo niti z metodo po Van Soestu ne moremo dovolj natančno opisati prehranske vlaknine (Dégen, 2010), zato ju dopolnjujemo z analizo skupne prehranske vlaknine (TDF), ki nam omogoča podrobnejši vpogled v samo strukturo neškrobnih polisaharidov.

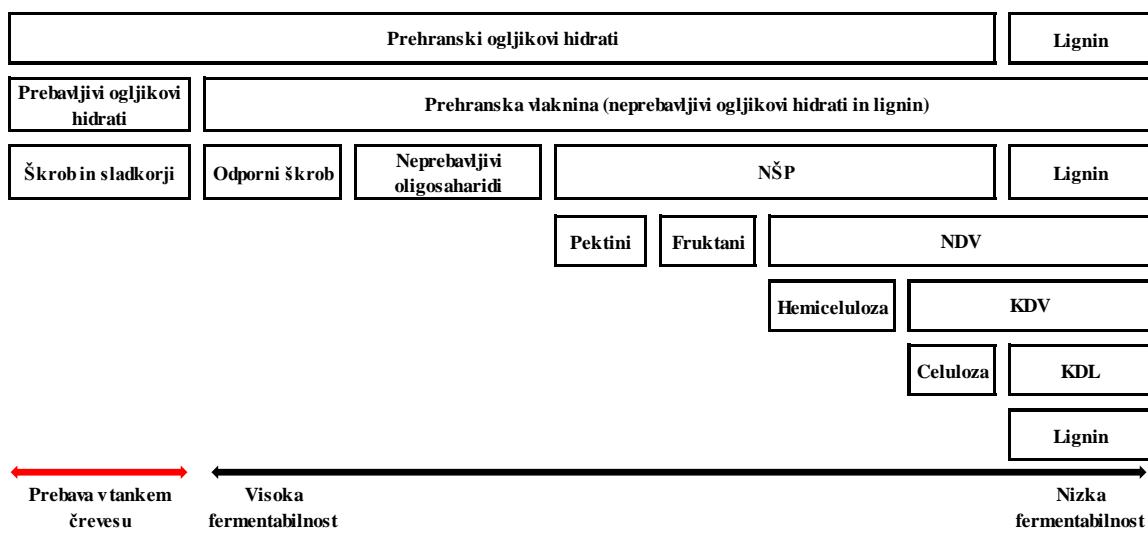
Najbolj splošno sprejeta definicija prehranske vlaknine opisuje prehransko vlaknino kot oligosaharide, polisaharide in njihove derivate, ki se ne morejo prebaviti s prebavnimi encimi sealcev, tako da bi se komponente vsrkale v zgornjem delu prebavnega trakta. To vključuje tudi lignin (Thebaudin in sod., 1997). Neškrobeni polisaharidi skupaj z ligninom predstavljajo vlakninasti del in predstavljajo prehransko vlaknino (Serena in sod., 2008).

V prehrani prežvekovalcev (v zadnjem desetletju tudi v prehrani prašičev) se uporablja razdelitev ogljikovih hidratov oz. prehranske vlaknine z metodo po Van Soestu (slika 2) (de Leeuw in sod., 2008):

- v nevtralnem detergentu netopna vlaknina (NDV) je frakcija vlaknine, določena kot ostanek oz. nerazgrajeni del vzorca po enournem kuhanju v raztopini nevtralnega

detergenta. Vključuje celulozo, hemicelulozo, lignin, v kislem detergentu netopno vlaknino (KDV) in v kislem detergentu netopni lignin (KDL).

- KDV je frakcija vlaknine, določena kot ostanek oz. nerazgrajeni del po enournem kuhanju v kislem detergentu. Vključuje celulozo, lignin in KDL.
- v kislem detergentu netopni lignin (KDL) je frakcija vlaknine, določena kot ostanek po obdelavi KDV s 72 % H_2SO_4 . Vključuje lignin in v kislinah netopen pepel.
- v vodi topne ogljikove hidrate oz. nevlaknaste ogljikove hidrate (NVOH), ki jih sestavljajo predvsem pektinske snovi in topni sladkorji; določimo jih računsko:
 $NVOH = SS - (SP + SB + SM + NDV)$.



Slika 2: Shematski prikaz prehranskih ogljikovih hidratov, vlaknine in sestava NŠP z analizo po Van Soestu (prirejeno po de Leeuw in sod., 2008).

Figure 2: Schematic representation of the dietary carbohydrate, fibre and NSP composition with reference to the Van Soest analysis (adapted from de Leeuw et al., 2008).

2.2 VPLIV PREHRANSKE VLAKNINE NA ENCIMSKO PREBAVO IN ABSORPCIJO

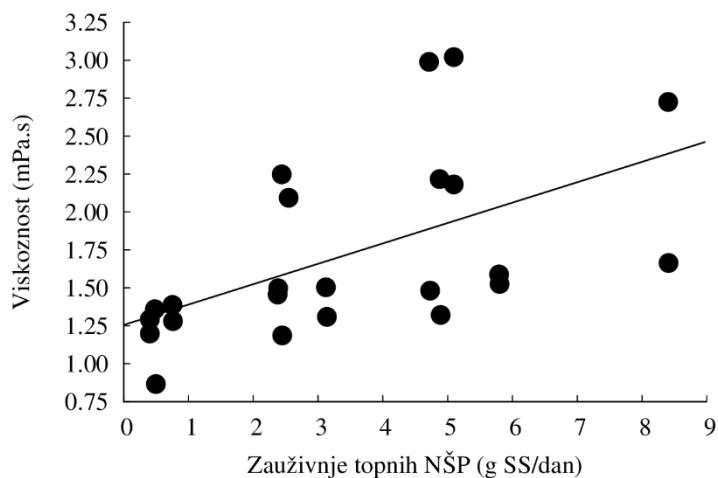
Odrasli prašiči imajo večja in bolj razvita prebavila, zaužijejo manj krme na enoto telesne mase, počasneje prebavlajo in imajo v primerjavi z mladimi prašiči večjo aktivnost celulolitičnih bakterij. Posledica tega je večja sposobnost zaužitja krme in prebave prehranske vlaknine (Jørgensen in sod., 2007).

Sposobnost prebave vlaknine pri prašičih pa ni odvisna le od razvoja prebavil. Kaže, da ima tudi genotip pomemben vpliv na sposobnost prebave vlaknine. Tako imajo avtohtone pasme prašičev v primerjavi s sodobnimi genotipi daljši prebavni trakt (Rodriguez in Preston, 1996), kar je verjetno povezano s trajanjem izpostavljenosti krme prebavnim encimom in posredno prebavlјivostjo prehranske vlaknine.

Ogljikovi hidrati, ki se ne prebavijo v tankem črevesu, potujejo naprej v debelo črevo, kjer stimulirajo rast mikrobne populacije in sintezo kratkoverižnih maščobnih kislin, topote in plinov (Kristensen in Jensen, 2011).

Jha in sod. (2010) ter Jha in Leterme (2012) v svojih raziskavah ugotavljajo, da prehranska vlaknina pri prašičih v glavnem fermentira v debelem črevesu pod vplivom bakterijskih encimov. Rezultat fermentacije prehranske vlaknine so kratkoverižne maščobne kisline (acetat, propionat in butirat), ki služijo kot vir energije, plini (H_2 , CO_2 in CH_4) in topota. Fermentacija prehranske vlaknine je bolj variabilna kot prebava škroba, maščob in surovih beljakovin (Bach Knudsen in sod., 2008b). Ta variabilnost izvira iz razlik v fizikalno-kemijski sestavi prehranske vlaknine, ki so determinirane z lastnostmi, kot so: viskoznost, topnost, sposobnost za vezanje ter zadrževanje vode in fermentabilnost. Viskoznost, ki je ena od pomembnih fizikalno-kemijskih lastnosti surove vlaknine, poveča delež krme, ki se prebavi v tankem črevesu in upočasni hitrost pretoka krme skozi prebavila (Hooda in sod., 2011). Z viskoznostjo je povezana tudi vsebnost vode v blatu in njegova lepljivost. Mosenthin in sod. (2001) ter Johnston in sod. (2003) so dognali, da topna prehranska vlaknina poveča viskoznost črevesne vsebine, to pa lahko v tankem črevesu vpliva na počasnejši pretok. Zaradi ovirane črevesne peristaltike je mešanje črevesne vsebine s prebavnimi encimi slabše. Do podobnih spoznanj so prišli tudi drugi avtorji, ki ugotavljajo,

da topna vlaknina predstavlja tisti del skupne prehranske vlaknine, ki poveča viskoznost črevesne vsebine (Leterme in sod., 1998; Bach Knudsen in sod., 2008a) (slika 3).



Slika 3: Povezava med zaužitjem topnih neškrobnih polisaharidov in viskoznostjo vsebine tankega črevesa pri odstavljenih pujskih (prirejeno po Bach Knudsen in sod., 2008a).

Figure 3: Relationship between the intake of soluble NSP and viscosity of pooled small intestinal content of newly weaned pigs (adapted from Bach Knudsen et al., 2008a).

Prehranska vlaknina zmanjšuje prebavljivost hranljivih snovi in ima za posledico povečanje endogenih izgub dušika, te pa so odvisne od količine zaužite vlaknine, tipa vlaknine in njenih fizikalno-kemijskih lastnosti, starosti in tudi genotipa živali (Wenk, 2001). Hitrost pretoka, prebavljivost, fermentabilnost in viskoznost črevesne vsebine odločilno prispevajo k dostopnosti hranil in populaciji prebavnih encimov mikrobioma v debelem črevesu (Metzler-Zebeli in sod., 2001).

De Lange (2000) ugotavlja, da lahko NŠP vplivajo na razvoj in aktivnost encimov, morfologijo prebavnega trakta, mikrobično populacijo v različnih delih prebavil in izločanje hormonov. Sklepamo lahko, da je morfologija in funkcija prebavil v neposredni povezavi z vsebnostjo prehranske vlaknine v krmi. Prehranska vlaknina ugodno vpliva na zmanjšanje čirov na želodcu, čeprav Lee in Close (1987) to dejstvo bolj pripisujeta velikosti posameznih delcev v krmi kot prehranski vlaknini v obroku.

Montagne in sod. (2012) so preučevali vpliv dodatka prehranske vlaknine na mikrobioto blata, zdravje in proizvodne lastnosti pujskov po odstavitvi. Ugotovili so, da je vpliv

dodatka prehranske vlaknine na fekalno mikrobioto v prvih dveh tednih po odstavitevi manjši kot vpliv slabih higieniskih pogojev reje. V petem tednu po odstavitevi pa so se tekači prilagodili tako na higienске pogoje kot na obrok. Slabi higieniski pogoji v času po odstavitevi pujskov negativno vplivajo na rastnost tekačev in imajo za posledico večjo pojavnost prebavnih motenj po odstavitevi, dodatek prehranske vlaknine takoj po odstavitevi pa lahko v tem primeru predstavlja še dodatno tveganje. Kljub temu pa ugodni učinki prehranske vlaknine prevladujejo nad negativnimi učinki na rast.

Pozitivni učinki prehranske vlaknine se kažejo tudi v tem, da omogoča fermentacijo v debelem črevesu, posledično se zato zmanjša pogostnost drisk, kar je zelo pogost pojav ob odstavitevi pujskov. O pomenu vključevanja primerne količine in vrste prehranske vlaknine v mešanice za tekače govorita tudi Aumaitre in sod. (1995) ter Mosenthin in sod. (1999).

Kratkoverižne maščobne kisline (HMK) vključno z butiratom, ki so rezultat fermentacije v debelem črevesu, se skoraj popolnoma absorbirajo v prebavnem traktu (Montagne in sod., 2003) in hkrati stimulirajo absorpcijo natrija, kar ugodno vpliva na re-absorpcijo vode iz debelega črevesa (Mosenthin in sod., 2001). Kalorična vrednost HMK, ki nastanejo tekom mikrobnega razgradnja v debelem črevesu, pokriva od 5 do 28 % potreb po energiji za vzdrževanje pri prašičih.

Tako kot v humani prehrani lahko tudi pri krmljenju pujskov s prehransko vlaknino govorimo o prehranski vlaknini kot funkcionalnem hranilu. Prehranska vlaknina ni homogene sestave, obstajajo celo dokazi, da lahko prihaja do interakcije med hranljivimi snovmi in prehransko vlaknino, kar posledično vpliva na prebavo (Dégen, 2010).

Netopna prehranska vlaknina v obrokih za prašiče vpliva na slabšo prebavlјivost energije, aminokislin, večje endogene izgube dušika in višjo hitrost pretoka črevesne vsebine (Grieshop in sod., 2001). Prebavlјivost energije se izboljša, ko se prašiči adaptirajo na prisotnost vlaknine v krmi, kar vpliva na večjo fermentacijo vlaknine, ki se odrazi v večji proizvodnji HMK (hlapnih maščobnih kislin) in večji absorpciji energije (Castillo in sod., 2007).

Pri krmljenju večjih količin netopne prehranske vlaknine se zaradi manjše učinkovitosti encimov v tankem črevesu in slabih pogojev absorpcije prebavlјivost in absorptivnost

hranljivih snovi v tankem črevesu zmanjša. Posledično se zmanjša tudi prebavlјivost energije, suhe snovi, škroba, beljakovin in maščob (Ikegami in sod., 1990; Bach Knudsen in sod., 1993a, 1993b; Mosenthin in sod., 1994), na drugi strani se pri krmljenju topne vlaknine poveča zadrževalni čas v debelem črevesu (Bach Knudsen in sod., 1993a), okrepi se občutek sitosti (Davidson in McDonald, 1998), zmanjša se pretok vodotopnega dela črevesne vsebine od želodca do dvanajstnika (Chesson, 1990) ter zmanjša hitrost pretoka skozi celotna prebavila (Bach Knudsen in Hansen, 1991a).

S stališča prehrane ljudi je pomembno spoznanje, da povečana viskoznost vsebine tankega črevesa vpliva na počasnejšo prebavo in absorpcijo hranljivih snovi v tankem črevesu, kar pomeni, da po zaužitju obroka povečanje koncentracije glukoze v krvi ni tako veliko (Schneeman, 1998). Bach Knudsen in Hansen (1991a) v eni od svojih raziskav poročata, da se v primeru, ko povečamo vsebnost topne in netopne vlaknine v krmi iz 20 in 14 g/kg na 52 in 44 g/kg prebavlјivost beljakovin zmanjša za 0,14 in 0,13 %.

Souffrant (1991) navaja, da povečevanje NDV v krmi vpliva na večje endogene izgube dušika in aminokislin. Poleg prehranske vlaknine pa na endogene izgube dušika in aminokislin vplivajo še telesna masa, konzumacija krme, antinutritivne snovi, vsebnost suhe snovi in vsebnost beljakovin. Prehranska vlaknina vpliva tudi na absorpcijo mineralov. Ti se včasih tako vežejo na prehransko vlaknino, da postanejo praktično neizkoristljivi (Davidson in McDonald, 1998).

Zaužitje netopne prehranske vlaknine je v negativni povezavi s prebavlјivostjo energije in beljakovin, hkrati pa večja konzumacija netopne prehranske vlaknine vpliva na povečanje debelega črevesa pri pujskih in povečanje želodca in debelega črevesa pri svinjah (Drochner, 1993).

Prebavlјivost neškrobnih polisaharidov narašča s starostjo prašičev (Le Goff in Noblet, 2001), kar je po mnenju Pekas (1991) posledica večjega volumna debelega črevesa in posledično številčnejše populacije mikroorganizmov (Yen, 2001) in vrst mikroorganizmov pri starejših prašičih (Hedemann in sod., 2003).

Nekatere specifične sestavine prehranske vlaknine imajo pomemben vpliv na zdravje živali. Take sestavine so oligosaharidi: manan-oligosaharidi, frukto-oligosaharidi in

galakto-oligosaharidi, ki se ne prebavijo v želodcu in tankem črevesu, fermentirajo pa v slepem in debelem črevesu in tako preko sinteze HMK ugodno vplivajo na omejevanje patogenih mikroorganizmov (Pettigrew, 2000).

Prehranska vlaknina vzpodbuja izločanje kislin v želodcu (Low, 1993) in stimulira izločanje sline ter ima s tem tudi vpliv na puferiranje želodčne vsebine. Prehranska vlaknina ima lahko tudi negativne učinke, ki so odvisni predvsem od njene količine in fizikalno-kemijskih lastnosti (Urriola in Stein, 2010). Prebavlјivost prehranske vlaknine je bolj variabilna (40 – 60 %) in slabša v primerjavi s škrobom, sladkorji, maščobo in surovimi beljakovinami (pribl. 80 %). Žita in stranski produkti pri predelavi žit predstavljajo pomemben vir energije v prehrani prašičev. Prehranska vlaknina žit in otrobov je v glavnem sestavljena iz NŠP (arabinoksilani, β -glukani z mešano vezjo in Cel) ter lignina, v manjši meri pa je prisoten tudi pektin. Medtem ko je pšenica bogata z arabinoksilani, je oves bogat z β -glukani z mešano vezjo. Arabinoksilani v pšenici in β -glukani z mešano vezjo v ovsu so v glavnem v vodi topni predstavniki prehranske vlaknine.

Slovenski prašičerejci v prehrani prašičev najpogosteje uporabljajo žitne otrobe kot vir prehranske vlaknine. Sestava pšeničnih otrobov, v katerih je veliko netopne vlaknine in ovsenih otrobov, v katerih je veliko topne prehranske vlaknine, je prikazana v preglednici 1.

Preglednica 1: Kemijska sestava pšeničnih in ovsenih otrobov (Rezar, 2001).

Table 1: Chemical composition of wheat and oat bran (Rezar, 2001).

Hranilna vrednost	Pšenični otrobi	Ovseni otrobi
Suha snov, g/kg vzorca	849,78	910,94
Surov pepel, g/kg vzorca	47,83	31,96
Surove beljakovine, g/kg vzorca	148,39	38,50
Surove maščobe, g/kg vzorca	29,41	35,38
Surova vlaknina, g/kg vzorca	88,22	197,73
Brezduščni izvleček, g/kg vzorca	535,94	587,37
Netopna vlaknina, g/100 g vzorca	37,7	12,7
Topna vlaknina, g/100 g vzorca	2,6	8,3
Skupna vlaknina, g/100 g vzorca	40,3	21,0
Delež topne vlaknine v skupni vlaknini v %	6,45	39,52
NDV, g/kg vzorca	386,75	495,40
KDV, g/kg vzorca	101,05	231,40
KDL, g/kg vzorca	33,40	23,90
Fosfor, g/kg vzorca	10,45	1,63
Kalcij, g/kg vzorca	0,77	0,58
Cink, g/kg vzorca	0,106	0,014

2.3 ENCIMSKA PREBAVA PRI ODSTAVLJENIH PUJSKIH

Po skotitvi pujski praktično ne tvorijo encimov za razgradnjo beljakovin in ogljikovih hidratov rastlinskega izvora, v prvih dveh tednih so njihova prebavila sposobna prebavljati le mleko. Aktivnost saharaze, laktaze in proteolitičnih encimov je v prvih 2 do 3 tednih visoka, za tem pojenja. Izločanje solne kisline v prvih dveh tednih je majhno, saj je nizki pH v želodcu rezultat prisotne mlečne kisline (Le Goff in Noblet, 2001).

Šele po 20. dnevu se v želodcu vzpostavi primerna kislota, to je pH 2, ki omogoči aktivacijo proteolitičnih encimov. Tudi delovanje amilaze je slabo do 20. dne starosti, kar ima za posledico slabo razgradljivost škroba. Šele po 25. dnevu je sinteza amilaze zadostna, da so prebavila pujska sposobna prebaviti škrob. Kot izvor energije za pujske po skotitvi služijo maščobe, pozneje pa ogljikovi hidrati (Le Goff in Noblet, 2001).

2.4 NETOPNA VLAKNINA

Netopna vlaknina se zaradi svojih lastnosti ne prebavi v zgornjem delu prebavil (želodec in tanko črevo), posledično je otežen tudi dostop prebavnim encimom do škroba in beljakovin. Netopna vlaknina je povezana z visoko sposobnostjo vezanja vode, kar prispeva k zmanjšani prepustnosti raztopljenih komponent na površini črevesne sluznice (Hopwood in sod., 2004). Poleg tega netopna vlaknina pospeši hitrost pretoka in poveča endogene izgube hranil (Wilfart in sod., 2007). Vključevanje netopne prehranske vlaknine v obroke za pujске ima za posledico manjšo prebavlјivost energije, lizina in vlaknine. Ker je prebavnim encimom v tankem črevesu praktično onemogočen dostop do hranil, je zmanjšana ilealna prebavlјivost maščob, zadržana je tudi absorpcija glukoze in hidroliza škroba (Walker, 1993).

Netopna vlaknina v želodcu in tankem črevesu zavira dostop prebavnim encimom do celične vsebine, zato ima netopna vlaknina minimalni učinek na ilealno prebavlјivost in absorpcijo hranil in energije (Serena in sod., 2008). Isti avtor je ugotovil, da ima topna prehranska vlaknina za razliko od netopne večjo sposobnost vezave vode in upočasni praznjenje črevesa in absorpcijo hranil. Chaplin (2003) je ugotovil, da je jakost vezave vode odvisna od vira prehranske vlaknine. Medtem ko je mikrobna razgradnja vlaknine s stališča oskrbe živali z energijo dobrodošla, pa je mikrobna razgradnja visokovrednih, sicer encimsko prebavlјivih hranil, nezaželena (Noblet in Shi, 1994). Tako prihaja na primer pri mikrobni prebavi škroba do velikih izgub energije, aminokisline pa se v debelem črevesu praktično ne morejo več absorbirati (Müller, 2008). Medtem ko je netopna vlaknina neviskozna in slabo fermentabilna, je topna vlaknina po večini viskozna in fermentabilna (Lupton in Turner, 2000), tvori viskozne raztopine in naredi na ta način viskozno tudi črevesno vsebino, kar vpliva na potek in učinkovitost prebave. Upočasnjjen je pretok črevesne vsebine in mešanje le-te, prehodnost in z njo učinkovitost delovanja encimov in stopnja difuzije razgrajenih hranil do mesta absorpcije. Predstavnika netopne vlaknine sta celuloza (Cel) in lignin.

2.4.1 Pšenični otrobi

Pšenični otrobi so pomemben vir netopne prehranske vlaknine v prehrani pujskov, ki zelo malo ali nič ne vplivajo na prebavo in absorpcijo v tankem črevesu. Ker so tudi v debelem črevesu odporni na mikrobnno razgradnjo, predstavljajo zelo dober vir prehranske vlaknine pri krmljenju pujskov. Z njihovo uporabo učinkovito vplivamo na količino blata in hitrost pretoka (Salobir, 1999). Ko so Wilfart in sod. (2007) dodajali 0,20 in 40 % pšeničnih otrobov v obrok, so ugotovili, da povečanje skupnih prehranskih vlaknin značilno zmanjšuje prebavlјivost suhe snovi, organske snovi, surovih beljakovin in energije v prebavnem traktu.

2.5 TOPNA VLAKNINA

Topna vlaknina vključuje predvsem pektine, gume in določene hemiceluloze. Največ topne vlaknine vsebujejo oves, ječmen, stročnice in sadje (Walker, 1993). Topna vlaknina poveča viskoznost črevesne vsebine in podaljša čas pretoka črevesne vsebine skozi prebavila. Topna vlaknina se v debelem črevesu praktično popolnoma razgradi do kratkoverižnih maščobnih kislin in poveča viskoznost himusa (Owusu-Asiedu in sod., 2006). Debelo črevo zagotavlja okolje za dokončno prebavo pri prašičih, kjer se ogljikovi hidrati dokončno prebavijo pod vplivom mikroorganizmov pod anaerobnimi pogoji do hlapnih maščobnih kislin in nekaterih plinov. Petindevetdeset odstotkov le-teh se absorbira v debelem črevesu. Glavnino hlapnih maščobnih kislin (od 90 do 95 %) predstavljajo acetat, propionat in butirat. Količina in razmerja hlapnih maščobnih kislin so odvisna od kemične sestave polisaharidov, aktivnosti mikrobov in hitrosti pretoka (Wang in sod., 2004).

Vključevanje topne prehranske vlaknine v krmo za prašiče ima za posledico večjo produkcijo hlapnih maščobnih kislin. Od vrste prehranske vlaknine, ki jo uporabimo v obrokih, sta odvisna količina in razmerja med posameznimi hlapnimi maščobnimi kislinami. Tako na primer krompirjev škrob poveča produkcijo butirata. V poskusu, ko so del kuhanje rži nadomestili s pšeničnimi otrobi, so določili razmerje acetat : propionat : butirat 55 : 28 : 10. Prav tako so Wilfart in sod. (2007) ugotovili, da je razgradljivost

škroba v obrokih s kuhan ržjo in pšeničnimi otrobi manjša kot pri uporabi kuhan rži in krompirjevega škroba. Ugotavljajo tudi, da vrsta in količina vsebine prebavil, ki uide encimski razgradnji v tankem črevesu, vpliva na mikrobnou fermentacijo v debelem črevesu.

Po mnenju nekaterih avtorjev (Mosenthin in sod., 1994) se delovanje topne in netopne vlaknine značilno razlikuje. Tako naj bi netopna vlaknina stimulirala prebavne encime pankreasa, medtem ko naj pektin kot predstavnik topne vlaknine takšnega učinka ne bi imel. Poleg pektina sodijo v skupino topne vlaknine še β -glukani z mešano vezjo, gume in hemiceluloza (HCel).

2.5.1 Ovseni otrobi

Pomemben del ovsenih otrobov predstavljajo β -glukani z mešano vezjo. To so polimeri glukoze, ki so med seboj povezani z $1 \rightarrow 4$ β in $1 \rightarrow 3$ β -glikozidno vezjo. Spadajo v skupino neceluloznih polisaharidov in vplivajo na viskoznost vsebine prebavil. Večina β -glukanov je topnih v vodi, čeprav so izredno majhne količine izjemoma lahko tudi netopne (Koch in sod., 1993).

Renteria-Flores in sod. (2008) so ugotovili, da 30 % ovsenih otrobov v krmi poveča prebavljivost energije, zmanjša pa prebavljivost beljakovin. Ovsene otrobe za razliko od pšeničnih otrobov odlikuje manjša vsebnost NDV, KDV in večja vsebnost škroba (preglednica 1).

Ovseni otrobi so pomemben vir topne prehranske vlaknine. V debelem črevesu, podobno kot druga topna vlaknina, z lahkoto fermentirajo, na povečanje količine blata pa imajo majhen vpliv (Bach Knudsen in sod., 1993c). Negativni vpliv ovsenih otrobov na prebavljivost maščob in beljakovin je v glavnem povezan z njihovo topno frakcijo. Hranljive snovi se posledično v tankem črevesu počasneje prebavljajo. Prebavijo se šele v debelem črevesu zaradi delovanja mikroorganizmov. Posledično se zmanjša hitrost pretoka.

2.6 FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI VLAKNINE

Prehranska vlaknina ima zelo heterogeno sestavo. Od tod izvirajo tudi njene različne kemijske in fizikalne lastnosti. Le-ta je lahko topna ali netopna v vodi, oziroma fermentabilna ali nefermentabilna, lahko ima visoko ali nizko sposobnost za vezanje vode ali pa te lastnosti sploh nima (Serena in sod., 2008). Prebavlјivost hranil in energije v krmi ni pogojena zgolj s fizikalno-kemijskimi lastnostmi krme, temveč tudi z obdelavo krme (De Vries in sod., 2012), intenzivnostjo krmljenja, vplivom živali (Noblet in Shi, 1994), mestom prebave v tankem črevesu in fermentacijo v debelem črevesu (Bastianelli in sod., 1996).

Stare avtohtone pasme prašičev, kot so npr. Mong-Cai, Mukota, Meishan in druge, imajo večjo sposobnost prebave vlaknine v primerjavi s sodobnimi pasmami prašičev (Len in sod., 2009, Ndindana in sod., 2002), drugi v svojih raziskavah teh razlik niso opazili (Yen in sod., 2004).

Med neškrobne polisaharide prehranske vlaknine, ki jih najpogosteje vključujemo v prehrano neprežvekovalcev, prištevamo naslednje (Salobir, 1999):

- celulozo: sestavljena iz β -glukopiranoznih enot, povezanih z $1 \rightarrow 4$ β -glikozidno vezjo; v večjih ali manjših količinah jo najdemo v celičnih stenah vseh rastlin,
- β -glukane z mešano vezjo: sestavljeni iz β -glukopiranoznih enot, povezanih z $1 \rightarrow 3$ ali $1 \rightarrow 4$ β -glikozidno vezjo; najdemo jih predvsem v žitnem zrnju (ječmen, oves ...),
- ksilane: osnovna veriga iz β -ksilopiranoznih enot (zato tudi pentozani), povezanih z $1 \rightarrow 4$ β -glikozidno vezjo; na osnovno verigo je poleg arabinoze (zato tudi arabinoksilani) lahko z glikozidno vezjo vezana tudi glukuronska kislina, z estrsko vezjo pa ferulna, kumarna in ocetna kislina; najdemo jih predvsem v žitnem zrnu (pšenica, rž),
- pektine: polimeri galakturonske kisline, povezani z $\alpha 1 \rightarrow 4$ vezjo (različno zaestreni z metanolom), osnovna veriga, obogatena z ramnozo, galaktani, arabinani in arabinogalaktani; najdemo jih predvsem v pesnih rezancih.

2.6.1 Hidriranje (sposobnost vpijanja večje količine vode)

Prehranska vlaknina vpliva na hitrost pretoka, absorpcijo hranljivih snovi in hitrost praznjenja želodca zaradi svoje sposobnosti vpijanja večje količine vode (Koch in sod., 1993). Vodo zadržuje s pomočjo vpijanja. Na sposobnost vpijanja vode vplivajo velikost delcev, struktura in kemijska sestava prehranske vlaknine (Mongeau in Brooks, 2003).

Sposobnost zadrževanja vode je definirana kot količina vode, ki se obdrži v 1 g suhe vlaknine pod posebnimi pogoji, kot so: temperatura, čas nabrekanja in hitrost centrifugiranja. Hidriranje je povezano s kemijsko strukturo prehranske vlaknine, poroznostjo, velikostjo delcev, ionsko obliko, pH vrednostjo, temperaturo, ionsko močjo in fizikalno obdelavo vlaknine (Elleuch in sod., 2011).

2.7 MIKROBNA FERMENTACIJA VLAKNINE

Večino topnih prehranskih vlaknin in del netopnih razgradijo bakterije v tankem ali v debelem črevesu (Urriola in Stein, 2010). Za razgradnjo oz. prebavo vlaknine prašiči (kot tudi ostale živali) ne tvorijo prebavnih encimov. Razgradnja prehranske vlaknine je odvisna od učinkovitosti mikrobne fermentacije, ta pa je pri prašičih omejena predvsem na debelo črevo. Učinek prehranske vlaknine na prebavlјivost energije in ostalih hranljivih snovi je determiniran s fizikalno-kemijskimi lastnostmi prehranske vlaknine (Urriola in sod., 2009).

Kljub temu da se mikrobna razgradnja vlaknine prične že v tankem črevesu pod vplivom delovanja endogenih encimov, je tam močno omejena (Drochner, 1993).

S starostjo prašičev se razvijajo tudi prebavila in mikrobna flora, kar ima za posledico učinkovitejšo prebavo prehranske vlaknine (Drochner in Mayer, 1991). Ker ima krma z več prehranske vlaknine za posledico enakomernejši dotok substrata v debelo črevo, so s tem vzpostavljeni primernejši pogoji za fermentacijo v debelem črevesu (Drochner, 1993).

Prisotnost vlaknine v prebavnem traktu statistično značilno vpliva na mikrobioto in ustvarja bolj prijazne pogoje za zdravje prebavil s tem, ko stimulira razvoj koristnih

bakterij na račun škodljivih. Tako je za debelo črevo zelo pomembna produkcija butirata, ki je najbolj zaželeno gorivo za celice epitela debelega črevesa (Bingham, 1990). Odkrili so, da butirat zavira nastanek rektalnega raka (Bingham, 1990; Scheppach in sod., 1997).

Kratkoverižne maščobne kisline (in še posebej butirat), ki so glavni produkti mikrobnene fermentacije v debelem črevesu, ugodno delujejo na razvoj celic debelega črevesa in proliferacijo celic ter hkrati zavirajo prekomerno proliferacijo celic na apikalnem delu resic (Scheppach in sod., 1997). Tudi Williams in sod. (2001) poročajo o specifični antimikrobski vlogi butirata, ko ugotavljajo, da so bakterije iz rodu *Lactobacillus* spp. in *Streptococcus bovis* manj občutljive na butirat v primerjavi z *E. coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium acetobutylicum*, *Streptococcus cremoris*, *Lactococcus lactis* in *Lactococcus cremoris*, katere butirat inhibira.

Pri pujskih je fermentabilna aktivnost v debelem črevesu še slabo razvita, zato prebavila ob odstavljivosti niso sposobna sprejeti in razgraditi večjih količin prehranske vlaknine. Dodajanje prehranske vlaknine v krmo ne sme prekomerno vplivati na koncentracijo energije v krmnem obroku, kljub temu da raziskave kažejo na to, kako hitro so se pujski sposobni adaptirati na krmo z višjim deležem vlaknine (Aumaitre in sod., 1995).

2.7.1 Mikrobiota prebavnega trakta

Ugoden vpliv prehranske vlaknine se kaže tako v številu kot pestrosti mikroorganizmov v prebavilih. Mikrobiota prašičev sestoji v glavnem iz bakterij, ki pripadajo več kot 50 rodovom in več kot 500 vrstam protozojev, bakteriofagov, fitomicet itd. Mikrobska populacija pri prašiču narašča od 10^3 do 10^5 /g vsebine v želodcu, od 10^9 do 10^{10} v tankem črevesu in od 10^{10} do 10^{11} v debelem črevesu (Gaskins, 2001). Devetdeset odstotkov bakterij je Gram-pozitivnih anaerobov iz rodov *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Clostridium* in *Peptostreptococcus*. Preostalih 10 % skupne flore pripada Gram-negativnim predstavnikom iz rodov *Bacteroides* in *Prevotella* (Leser in sod., 2002).

Tako aktivnost kot številčnost mikroorganizmov v prebavilih je odvisna od strukture, sestave, topnosti in količine krme. Jorgenson in Just (1988) sta poročala o 5,5-kratnem povečanju mikrobske aktivnosti v prebavilih (merjene s koncentracijo ATP), ko so bili

prašiči krmljeni s prehransko vlaknino (pšenični otrobi in ovseni otrobi), rezultat česar je bila za 5 do 9-krat povečana produkcija CO₂ in metana.

Fermentacija prehranske vlaknine v prebavnem traktu vzpodbuja rast in razvoj oziroma presnovo specifičnih celulolitičnih bakterij (Williams in sod., 2001), ki v debelem črevesu preko fermentacije vplivajo na povečanje produkcije HMK, kar vpliva na nižji pH, ta pa nudi primerno okolje za razvoj koristnih bakterij *Bifidobacteria* in *Lactobacilli* in inhibira razvoj patogenih *Clostridium* in *Salmonella* (Bouhnik in sod., 2004). Ta fenomen avtorji poimenujejo »prebrotični učinek«.

2.8 HITROST PRETOKA KRME

Prehranska vlaknina pomembno vpliva na hitrost pretoka vsebine prebavil. S hitrostjo pretoka je povezano tudi izločanje patogenih mikroorganizmov in njihovih strupenih presnovkov (Christl, 1997).

Trajanje pretoka pri prašičih, ki se giblje med 12 in 80 ur, je v pozitivni korelaciji s prebavlјivostjo suhe snovi tako pri odstavljenih pujskih ($R^2 = 0,483$; $p < 0,001$), tekačih ($R^2 = 0,425$; $p < 0,01$) kot pri pitancih ($R^2 = 0,553$; $p < 0,001$). Telesna masa in prebavlјivost suhe snovi nista statistično značilno povezani pri odstavljenih pujskih, rastočih prašičih niti pri pitancih (Kim in sod., 2007), je pa prebavlјivost krme v pozitivni korelaciji s hitrostjo pretoka črevesne vsebine.

Pozitivno povezavo med prebavlјivostjo suhe snovi in trajanjem pretoka, ki je znašal od 27 do 102 ur, so ugotovili tudi pri brejih mladicah. Rezultati so pokazali, da daljše zadrževanje vsebine prebavil izboljša prebavlјivost suhe snovi (Kim in sod., 2007), kar je rezultat izpostavljenosti substrata delovanju encimov in absorpciji. Tudi Le Goff in sod. (2002) so proučevali povezavo med hitrostjo pretoka in prebavlјivostjo glede na delež prehranske vlaknine. V starejših raziskavah so ugotavljali slabšo prebavlјivost suhe snovi pri hitrejšem pretoku črevesne vsebine, povezave s topnostjo prehranske vlaknine pa niso poznali.

Po odstavljitvi pujskov se lahko zaradi spremembe krme in okolja pretok črevesne vsebine podaljša celo na 150 do 200 ur. Bolduan in sod. (1988) ter Mateos in sod. (2006) zato priporočajo do tri tedne po odstavljitvi dodajanje pšeničnih otrobov, dehidrirane lucerne ali slame v obroke.

Povprečni čas zadrževanja krme se povečuje vzdolž prebavnega trakta in traja 1 uro od zaužitja do proksimalnega dela dvanajstnika, nato 4 ure do distalnega ileuma in nadaljnjih 35 ur do izločanja z blatom (Wilfart in sod., 2007).

Vključevanje krme, bogate z vlakninami, pozitivno vpliva na zdravje črevesja, saj zagotavlja ugodno črevesno mikrobioto. Poleg tega netopna vlaknina pospešuje hitrost pretoka skozi črevesje. Albin in sod. (2001) v svoji raziskavi niso ugotovili pozitivne povezave med ilealno prebavlјivostjo aminokislin in hitrostjo pretoka ter zauživanjem krme. Sprememba v hitrosti pretoka vsebine prebavil tako lahko vpliva na prebavlјivost hranil, ki je povezana s količino vsebine prebavil in hitrostjo pretoka, kot tudi na glikemijo, ki regulira praznjenje želodca in posledično hitrost pretoka.

Netopna prehranska vlaknina pri neprežvekovalcih poveča hitrost pretoka krme skozi prebavila. Višja hitrost pretoka pa pomeni manjšo prebavlјivost hranil, ker je vsebina manj časa izpostavljena delovanju mikrobov. Poleg količine prehranske vlaknine tudi njen izvor določa hitrost pretoka. Tako dodajanje pšeničnih otrobov v mejah od 7 do 15 % naj ne bi vplivalo na hitrost pretoka. S krmljenjem vlakninaste krme se skrajša pretok in poveča konzumacija krme (Urriola in Stein, 2010).

2.9 PREHRANSKE MAŠČOBE

V praksi ima vlakninasti del krme učinek redčenja krme, zato je taki krmi, ki vsebuje večji delež vlaknine, smiselno dodajati maščobe z namenom zagotoviti zadostno koncentracijo energije v krmi (Rezar, 2001). Tako živalske maščobe kot rastlinska olja lahko uporabljamo kot prehranske dodatke v živinorejski proizvodnji z namenom povečanja koncentracije energije v krmi in vplivanja na maščobno-kislinsko sestavo živalskih proizvodov (Wood in sod., 2003). Maščobe in olja so pomemben vir energije za pujske v prvih dneh življenja. Dodajanje maščob je priporočljivo in utemeljeno z aktivnostjo lipaze

pankreasa med 3. in 5. tednom življenja pujška (Corring in sod., 1978; Lindemann in sod., 1986). Moeser in van Kempen (2002) poročata tudi o negativnem učinku dodajanja maščob v krmo za tekače pri telesni masi od 5 do 20 kg.

Netopna vlaknina negativno vpliva na prebavlјivost maščob preko vpliva na viskoznost vsebine prebavil, s tem ko vpliva na hitreši tok vsebine prebavil v debelo črevo, kar skrajša čas, ki je na voljo za delovanje encimov, zlasti lipaze. Höglberg in Lindberg (2004) nadalje v svoji raziskavi ugotavljata, da se prebavlјivost maščob ne zmanjša, če je razmerje med netopno in topno vlaknino v obroku med 7,3 in 2,4 : 1. Zmanjšanje prebavlјivosti maščob razlagata z večjo bakterijsko sintezo maščob v debelem črevesu. Lahko bi zaključili, da povečana koncentracija netopne vlaknine zmanjšuje prebavlјivost maščob oziroma povečana koncentracija maščobe v krmi zmanjšuje prebavlјivost vlaknine v debelem črevesu.

Le Goff in Noblet (2001) sta ugotovila, da je vpliv NDV na prebavlјivost maščob statistično značilen. Z vsakim gramom NDV/kg suhe snovi naj bi se vsebnost prebavljivih maščob zmanjšala za 20 do 30 g/kg.

Podhranjenost in zaostajanje v rasti pujskov je pogojeno z velikimi spremembami ob odstavitevi. Po odstavitevi se namreč prehrana spremeni na način, da namesto obroka z veliko maščobami in malo ogljikovimi hidrati, pričnemo krmiti obroke z malo maščobami in veliko ogljikovimi hidrati. Dodajanje maščob v krmila za tekače vpliva na njihove proizvodne lastnosti (povprečni dnevni prirast, konverzija in konzumacija krme). Vplivi so lahko rezultat številnih dejavnikov: absorpcija ene maščobne kisline je lahko pogojena z drugo v krmi, starost pujskov, vir maščob, količina dodanih maščob in tališče ter razmerje med energijo in aminokislinskimi (Rezar, 2001).

Vrsta maščobnih kislin in njihova stopnja nasičenosti odločajoče vplivata na prebavlјivost maščob pri prašičih (Li in sod., 1990). Laneno seme je bogat vir olja z večkrat nenasicienimi maščobnimi kislinami, a je tudi zelo bogat vir fitoestrogenov (Stopper in sod., 2005). Maščobe z visoko koncentracijo večkrat nenasicienih maščobnih kislin (VNMK) so zelo dovzetne za peroksidacijo, posebej če so izpostavljene vročini, svetlobi, skladiščenju in obdelavi (Belitz, 2009).

Rezultati študij, ki so proučevale vpliv maščob v krmi na rastnost in izkoriščanje krme, so si pogosto nasprotujejo zaradi razlik v starosti prašičev, vrste in količine dodanih maščob (Aherne in sod., 1982) ali zaradi razlik v razmerju energije in aminokislin (Allee in sod., 1971).

Kemijska struktura prehranskih maščob kot tudi možne interakcije z ostalimi prehranskimi snovmi vplivajo na prebavlјivost in njihovo uporabo pri ljudeh in živalih (Jørgensen in sod., 2000). Pri prašičih poteka prebava maščob in absorpcija maščobnih kislin pred distalnim delom ileuma.

Interakcija prehranskih maščob s prehransko vlaknino in minerali spremeni prebavlјivost maščobnih kislin (Jørgensen in sod., 1992; Dove, 1993; Li in Sauer, 1994), tako na primer NDV zmanjša pravo prebavlјivost maščob (Bach Knudsen sod., 1993a). Endogene izgube maščob so pogojene z virom maščobe in koncentracijo maščobe ter vlaknine (Freeman in sod., 1968; Juste in sod., 1983; Bach Knudsen in Hansen, 1991b).

Kil in sod. (2010) so ugotovili, da navidezna ilealna prebavlјivost kot tudi navidezna skupna prebavlјivost maščob narašča nelinearno glede na obliko maščobe (ekstrahirana, nativna), kar naj bi bila posledica tega, da endogene izgube maščob izkazujejo večji učinek na navidezno prebavlјivost maščob pri manjših količinah maščobe v krmi kot pri večjih. Nadalje ugotavljajo, da so pri uporabi ekstrahiranih maščob v primerjavi z nativnimi manjše endogene izgube maščob. Maščobe in olja lahko igrajo pomembno vlogo tudi v krmljenju s stališča okusnosti krme (Cartoni in sod., 2010) ali tekture in prašnosti krme ter sproščanja v maščobi topnih komponent (Kristensen in Jensen, 2011).

Rejci pri krmljenju prašičev uporabljajo različna rastlinska olja (sončnično, sojino, ali ogrščično), redkeje pa laneno olje. Lan je pomemben kmetijski proizvod, ki se lahko uporablja tudi za spremenjanje maščobnokislinske sestave pri svinjah in pujskih. Farmer in Petit (2009) ugotavljata, da krmljenje lanenega olja svinjam v zadnji tretjini brejosti povečuje delež VNMK, ozi razmerje med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami v mleku in krvi svinj ter trupih novorojenih pujskov. Enako ugotavljata tudi za možgane pujskov tistih mater, ki so bile krmljene z lanenim oljem. Dodajanje maščob v krmo za tekače lahko poveča navidezno prebavlјivost aminokislin (Li in Sauer, 1994 cit. po Cervantes-Pahm in Stein, 2008).

Za določitev prave prebavlјivosti hrani je potrebno oceniti endogene izgube hrani iz prebavnega trakta. Vrednosti za endogene izgube surovih beljakovin in aminokislin (Stein in sod., 1999; Moter in Stein, 2004) ter fosforja (Dilger in Adeola, 2006; Petersen in Stein, 2006) pri prašičih so objavljene, medtem ko so rezultati za endogene izgube maščob zelo nasprotujoči (Jørgensen in sod., 1993). Li in Sauer (1994) sta ugotovila statistično značilno povečanje navidezne ilealne prebavlјivosti aminokislin, ko sta povečevala vsebnost olja oljne ogrščice v krmi. Do podobnega spoznanja so prišli tudi Jørgensen in sod. (1996). Li in Sauer (1994) v svoji raziskavi ugotavljata, da prehranska maščoba ne vpliva na ilealno prebavlјivost suhe snovi ($p > 0,05$), prava ilealna prebavlјivost surovih beljakovin in aminokislin z izjemo metionina, cisteina in serina pa kaže z naraščanjem prehranske maščobe višjo navidezno ilealno prebavlјivost ($p < 0,05$). Poleg tega sta ugotovila razlike ($p < 0,05$) v pravi ilealni prebavlјivosti surovih beljakovin in večine aminokislin med krmo z najvišjo in najnižjo vsebnostjo maščobe.

2.10 VPLIV PREHRANSKE VLAKNINE NA PREBAVLJIVOST HRANLJIVIH SNOVI PRI RASTOČIH PRAŠIČIH

Navidezna skupna prebavlјivost suhe snovi, surovih beljakovin in energije se zmanjšuje z naraščanjem skupne prehranske vlaknine v krmi, povečuje pa se prebavlјivost topne in netopne prehranske vlaknine (Wenjuan Zhang in sod., 2013). Skupna prehranska vlaknina predstavlja vsoto prehranskih ogljikovih hidratov, ki so odporni na prebavo encimov v tankem črevesu, lahko pa delno ali v celoti fermentirajo v debelem črevesu. Krma, ki vsebuje netopno vlaknino, lahko vpliva na večje izločanje blata (Hansen in sod., 2007). Do enakega spoznanja so prišli tudi Wilfart in sod. (2007). Večje izločanje blata pripisujejo predvsem dejству, da se vsebnost vode v blatu povečuje z vsebnostjo prehranske vlaknine. Vpliv vlaknine na prebavlјivost je pogojen z lastnostmi vlaknine (netopne, topne) (Högberg in Lindberg, 2004).

Dodajanje prehranske vlaknine v krmo za prašiče ima za posledico zmanjšanje koncentracije energije, zaradi česar poskušajo prašiči z večjo konzumacijo nadomestiti potrebe po energiji, kar vodi do večjega uživanja take krme. Ko vsebnost surove vlaknine preseže 10 do 15 %, se konzumacija zmanjša zaradi manjše okusnosti in večje polnosti

prebavil. Konzumacija prehranske vlaknine pri prašičih je odvisna od njene koncentracije v krmi, vira vlaknine in stopnje lignifikacije. Prebavlјivost prehranske vlaknine je med 0 in 97 % (Just, 1982). Hkrati avtor ugotavlja, da se z dodatkom vsakega odstotka prehranske vlaknine prebavlјivost bruto energije krme zmanjša za 3,5 %.

2.10.1 Vpliv telesne mase

Odrasli prašiči imajo bolj razvita in večja prebavila, uživajo manj krme na kg telesne mase, hitrost pretoka je manjša, celulolitična aktivnost encimov v debelem črevesu pa večja v primerjavi z mladimi prašiči. Rezultat tega je večja sposobnost uživanja vlakninaste krme pri odraslih prašičih (Lindberg, 2014). Landgraf in sod. (2006) so preučevali velikost prebavil v povezavi s telesno maso med 20 in 120 kg in ugotovili, da se je v tem obdobju masa prebavil povečala od 1,37 na 6,28 kg, zato sklepajo, da se s povečevanjem telesne mase povečuje tudi masa prebavil.

2.10.2 Razvoj debelega črevesa

Poteka počasneje kot razvoj tankega črevesa in lahko raste nekaj let za razliko od tankega, katerega rast je omejena na mladostno obdobje in vrhunec rasti doseže pri starosti 5,5 mesecev, ko doseže dolžino 16 do 21 m (Moughan in sod., 1990; Brunsgaard, 1997).

2.10.3 Povezava med prehransko vlaknino in maščobami v krmi

V praktični uporabi ima vlaknina v krmi učinek redčenja hranljivih snovi, tudi energije, zato tako krmo običajno dopolnjujemo z maščobami rastlinskega izvora z namenom kompenzacije učinka redčenja.

Le Goff in Noblet (2001) v svoji raziskavi ugotavlja, da povečana vsebnost prehranske vlaknine v krmi vpliva na zmanjšano prebavlјivost maščob. Tako naj bi vsak g NDV/kg suhe snovi zmanjšal prebavlјive maščobe za 20 do 30 g/kg. Tudi Shi in Noblet (1994) poročata o interakciji med prehransko vlaknino in maščobami v primeru, ko krmimo

kombinacijo obeh v velikih koncentracijah. Högberg in Lindberg (2004) sta potrdila pozitivno povezavo med prebavlјivostjo maščob in energije ter topnostjo vlaknine, kljub temu ima lahko topna vlaknina določen negativni učinek na prebavlјivost maščob s tem, ko se zaradi nje spremeni viskoznost vsebine prebavil. Za razliko od netopne vlaknine ima topna značilni negativni učinek na prebavlјivost energije s tem, ko se poveča hitrost pretoka v prebavnem traktu, zaradi česar je tok vsebine prebavil proti debelemu črevesu hitrejši, kar pomeni, da imajo prebavni encimi manj časa za razgradnjo, še posebej lipaza.

3 MATERIAL IN METODE DELA

Prehranski poskus na tekačih, ki je bil izveden leta 2000, je bil razdeljen v dva dela:

- obdobje prilagajanja, ki je trajalo od 30. 11. do 5. 12. (6 dni),
- poskusno obdobje, ki je trajalo od 5. 12. do 20. 12.:
 - v prvem delu poskusnega obdobja smo ugotavljali hitrost pretoka krme pri tekačih od 5. 12. do 15. 12. (11 dni),
 - sledil je bilančni del poskusa, ki je trajal od 16. 12. do 20. 12. (5 dni), kjer smo spremljali bilanco hranljivih snovi, prebavljivost in izkoriščenost hranljivih snovi.

3.1 MATERIAL

3.1.1 Tekači

V poskus je bilo vključenih 24 tekačev – kastratov, ki so bili v povprečju težki $12,49 \pm 1,03$ kg. V individualne kletke smo jih naselili naključno. Obdobje prilagajanja je trajalo 6 dni. Tekače smo pred poskusom ponovno tehtali in naključno razdelili v štiri poskusne skupine po 6 živali. Pujski so bili uhlevljeni v individualne metabolne kletke, ki omogočajo ločeno spremjanje uživanja krme in kvantitativno zbiranje blata in seča.

3.1.2 Krma

Osnovni krmni obrok smo sestavili iz koruze, sojinih tropin, posnetega mleka v prahu in dodatkov (preglednica 3). Krmo smo analizirali glede na vsebnost sestavin, ki so prikazane v preglednici 2. Pred poskusom, v uvajalnem obdobju, smo vse tekače krmili po volji, z enako krmno mešanico, kot jo je v poskusnem obdobju dobivala skupina z dodatkom škruba (Škr). V poskusnem obdobju so živali dobivale toliko krme, da je zagotavljala 2,5-kratno kritje vzdrževalnih potreb, ki smo jih ocenili po NRC (1998).

$$ME (\text{kJ/dan}) = 459,8 \text{ kJ} * PTM \quad (PTM = \text{masa pujska}^{0,75}) \quad \dots(1)$$

Preglednica 2: Analizirane sestavine v obrokih.

Table 2: Analyzed nutrients in meals.

Sestavine	Obroki
SS (g/kg)	DA
SB (g/kg)	DA
SV (g/kg)	DA
SM (g/kg)	DA
SP (g/kg)	DA
BDI (g/kg)	DA
N (g/kg)	
Ca (g/kg)	DA
P (g/kg)	DA
Zn (mg/kg)	DA
NDV (g/kg)	DA
KDV (g/kg)	DA
KDL (g/kg)	DA
Cel (g/kg)	DA
HCel (g/kg)	DA
*OS (g/kg)	DA
*ME (kJ/kg)	DA

* ME smo izračunali po NRC (1998).

Preglednica 3: Sestava dnevnega obroka za 12,5 kg težkega tekača v posameznih poskusnih skupinah.

Table 3: Structure of a daily ration for 12,5 kg grower in different groups of pigs.

SESTAVA IN HRANILNA VREDNOST	POSKUSNE SKUPINE			
	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš
Količina zaužite krme, g/dan	520,0	455,5	516,8	493,0
Osnovni obrok:				
- Koruza, g/dan	61,4	61,4	61,5	61,5
- Sojine tropine, g/dan	120,7	120,8	120,9	120,9
- Posneto mleko v prahu, g/dan	93,6	93,6	93,7	93,7
- Sol, g/dan	0,3	0,3	0,3	0,3
- Apnenec, g/dan	4,4	4,4	4,4	4,4
- Ruekana, g/dan	1,9	1,9	1,9	1,9
- L-lizin-HCl, g/dan	0,0	0,0	0,0	0,0
- DL-metionin, g/dan	0,7	0,7	0,7	0,7
- Premiks*, g/dan	2,6	2,6	2,6	2,6
Dodatki v dopolnilnih mešanicah:				
- Laneno olje, g/dan		54,6	54,6	54,6
- Pšenični otrobi, g/dan				76,3
- Ovseni otrobi, g/dan			139,4	
- Pšenični škrob**, g/dan	234,0	114,8	36,5	75,5

* Dobrodej ** Helios, Ruše, Domofix W

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

3.1.3 Krmni obrok v poskusnih skupinah

Tekači v posameznih skupinah so dobivali različno sestavljene izokalorične krmne obroke. Ti so bili sestavljeni iz enakega osnovnega obroka, ki je pokrival 50 % potreb po energiji in dopolnilnega obroka, ki je glede na poskusno skupino vnašal preostali del energije v obliki škroba, lanenega olja ter pšeničnih in ovsenih otrobov (preglednica 4, slika 4). V poskusnem obdobju smo tekače krmili po volji, z obroki, ki so jim bili odmerjeni glede na vsebnost energije. Dobivali so toliko krme, da je zagotavljala 2,5-kratno kritje vzdrževalnih potreb, ki smo jih ocenili po NRC (1998).

Preglednica 4: Struktura krmnih obrokov v poskusnih skupinah.

Table 4: Structure of a diets in experimental groups.

Skupina	Dodane maščobe (laneno olje)	Dodana prehranska vlaknina	Vir prehranske vlaknine
Škr	NE	NE	/
Olj	DA	NE	/
Olj+Pš	DA	DA	Pšenični otrobi
Olj+Ov	DA	DA	Ovseni otrobi

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

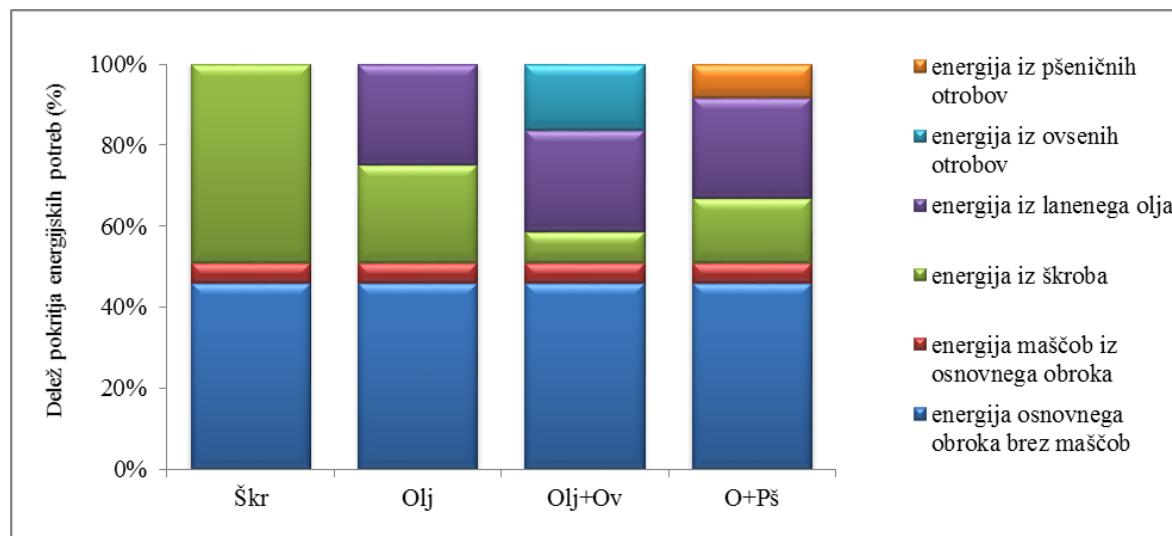
Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

V poskusnih skupinah, ki so dobivale laneno olje, je le-to pokrivalo 25 % energijskih potreb. Skupna količina maščob v dnevнем obroku skupin z dodatkom lanenega olja je pokrivala 30 % energijskih potreb (25 % iz lanenega olja in 5 % iz osnovnega obroka). Kot maščobo smo krmi dodajali laneno olje (Lini oleum) proizvajalca A.C.E.F./Lex brez dodanih antioksidantov. Hranili smo ga na -20 °C. Olje ni bilo predhodno primešano v krmne mešanice, ampak smo ga vsakodnevno primešali, za vsako žival posebej, neposredno pred krmljenjem.

Slika 4: Delež pokritja energijskih potreb v osnovnem obroku iz maščob, škroba, olja, pšeničnih oziroma ovsenih otrobov v obrokih posameznih skupin (prirejeno po Rezar, 2001).

Figure 4: Energy percentage ratios superimposing the energy gained from fat of the basic ration from starch, fat, wheat bran, oat bran, gained from the supplement food by different groups of pigs (adapted from Rezar, 2001).



Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine
 Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine
 Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov
 Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

V skupinah, ki so dobivale dodatek prehranske vlaknine, smo količino ovsenih in pšeničnih otrobov dodali glede na njihovo vsebnost prehranske vlaknine. Tekači v obeh skupinah so dnevno zaužili različne količine topne in netopne vlaknine, a primerljivo količino skupne prehranske vlaknine. V obrokih smo s kemijsko analizo določili delež hranljivih snovi. Dnevno uživanje posameznih hranljivih snovi v poskusnih skupinah je prikazano v preglednici 5.

Premiks, ki smo ga dodajali v krmo, je bil glede na vsebnost antioksidativno delujočih snovi sestavljen po priporočilih NRC (1998), njegova sestava je prikazana v preglednici 6.

Preglednica 5: Konzumacija hranilnih snovi v obrokih za tekače TM 12,5 kg.
 Table 5: Consumption of nutrients in meals for growers TM 12,5 kg.

HRANILNA VREDNOST	POSKUSNE SKUPINE			
	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš
Presnovljiva energija*, kJ/dan	7.631,6	7.639,5	7.635,9	7.642,6
Suha snov, g/dan	463,4	415,2	469,3	444,8
Surove beljakovine, g/dan	94,1	90,0	105,5	102,4
Organska snov, g/dan	439,7	392,1	443,5	418,6
Surove maščobe, g/dan	6,6	59,9	71,8	62,8
Surove vlaknine, g/dan	9,9	10,1	14,0	16,6
Brezdušični izvleček, g/dan	336,3	230,8	253,4	241,4
Fosfor, g/dan	2,3	2,1	2,8	2,9
Kalcij, g/dan	4,0	4,0	4,3	4,1
Cink, mg/dan	61,5	62,4	70,2	68,6
NDV, g/dan	34,7	24,8	38,2	56,4
KDV, g/dan	5,3	3,8	13,0	18,5
KDL, g/dan	1,3	1,2	2,6	3,5
Hemiceluloza, g/dan	29,3	21,0	25,2	37,9
Celuloza, g/dan	4,0	2,6	10,4	15,0
Skupna prehranska vlaknina, g/dan	47,2	47,2	81,3	73,5
Topna prehranska vlaknina, g/dan	9,5	9,5	22,3	10,8
Netopna prehranska vlaknina, g/dan	37,7	37,7	59,0	62,7
Zaužita prehranska vlaknina/MJ ME, g/MJ ME	6,2	6,2	10,7	9,6

* izračunana vrednost

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

Vsebnost skupne, topne in netopne vlaknine v pšeničnih in ovsenih otrobih so določili na Katedri za vrednotenje živil Oddelka za živilstvo na Biotehniški fakulteti (Rezar, 2001). Skupini Škr in Olj sta dnevno zaužili 6,2 g prehranske vlaknine/MJ ME, skupini Olj+Ov in Olj+Pš pa od 9,6 do 10,7 g prehranske vlaknine/MJ ME.

Preglednica 6: Sestava premiksa.

Table 6: Composition of the premix.

Učinkovina	Koncentracija
Vitamin A (IE/kg)	2.200.000
Vitamin D ₃ (IE/kg)	300.000
Vitamin E (mg/kg)	3.000
Vitamin B ₁ (mg/kg)	600
Vitamin B ₂ (mg/kg)	600
Vitamin B ₆ (mg/kg)	400
Vitamin B ₁₂ (mg/kg)	3.000
Vitamin K ₃ (mg/kg)	200
Niacin (mg/kg)	4.000
Kalcijev pantotenat (mg/kg)	3.000
Holin klorid (mg/kg)	80.000
Biotin (mg/kg)	30
Cink (mg/kg)	16.000
Železo (mg/kg)	20.000
Mangan (mg/kg)	9.000
Baker (mg/kg)	8.000
Kobalt (mg/kg)	40
Jod (mg/kg)	150
Selen (mg/kg)	20

3.1.4 Blato in seč

Vsebnosti posameznih sestavin v blatu in seču smo določili s kemijskimi analizami, ki smo jih opravili v Kemijskem laboratoriju Katedre za prehrano Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete in Kemijskem laboratoriju KGZS – Zavod Murska Sobota, vsebnosti presnovljive energije (ME) in OS pa izračunali (preglednica 7).

Preglednica 7: Analizirane sestavine v blatu in seču.

Table 7: Analyzed ingredients in the faeces and urine.

Sestavine	Blato	Sec
SS (g/kg)	DA	DA
SB (g/kg)	DA	
SV (g/kg)	DA	
SM (g/kg)	DA	
SP (g/kg)	DA	DA
BDI (g/kg)	DA	
N (g/kg)		DA
Ca (g/kg)	DA	DA
P (g/kg)	DA	DA
Zn (mg/kg)	DA	DA
NDV (g/kg)	DA	
KDV (g/kg)	DA	
KDL (g/kg)	DA	
Cel (g/kg)	DA	
HCel (g/kg)	DA	
*OS (g/kg)	DA	DA

* OS smo izračunali po enačbi OS = SS - SP

3.2 METODE

Poskus je potekal v dveh delih. V prvem delu poskusa smo s pomočjo indikatorske metode po Schnabel in sod. (1983) spremljali hitrost pretoka krme pri tekačih v poskusnih skupinah, v drugem delu poskusa smo izvedli bilančni poskus. Tekom poskusa smo tekače štirikrat tehtali: ob naselitvi, po obdobju prilagajanja, po prvem delu poskusa in na koncu poskusa.

3.2.1 Določanje hranljivih snovi

Vsebnosti sestavin v obroku, blatu in seču smo določili z Weendsko analizo (suha snov, surov pepel, surove beljakovine, surova vlaknina in surove maščobe). Vsebnosti v nevtralnem detergentu netopne vlaknine (NDV), v kislem detergentu netopne vlaknine (KDV) in v kislem detergentu netopnega lignina (KDL) smo določili z detergentsko metodo po Van Soestu. Za določitev mineralov smo pripravili kislinske izvlečke in vsebnost mineralov (z izjemo fosforja (P)) določili s pomočjo atomskega absorpcijskega spektrofotometra (AAS) Perkin – Elmer 1100 B. Vsebnost fosforja (P) smo določili s pomočjo barvne spektrofotometrije s spektrofotometrom Spekol 210 (Rezar, 2001).

3.2.1.1 Suha snov (SS)

Vzorce, ki jih zaradi vlažnosti nismo mogli neposredno mleti in pripraviti v laboratorijske vzorce, smo predhodno sušili. Sušenje smo izvedli v treh vzporednih določitvah kot analizni postopek, s katerim kontroliramo količino izhlapele vlage. Vodo, ki jo vzorec pri sušenju odda, imenujemo "groba vlaga", ostanek pa je zračno-suha snov (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.2 Surove beljakovine (SB)

Surove beljakovine smo določili po metodi, ki temelji na hidrolizi organsko vezanega dušika v amonijevih soleh (NH_4^+) preko razgradnje z vrenjem v koncentrirani žveplovi kislini. Koncentrirana žveplova (VI) kislina oksidira vso organsko snov. Beljakovine vsebujejo v povprečju 16 % dušika, zato določamo surove beljakovine v krmi po Kjeldahlovem metodi tako, da določimo skupni dušik in ga pomnožimo s faktorjem 6,25 (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.3 Surove maščobe (SM)

Surove maščobe ali etski ekstrakt smo določili z metodo etske ekstrakcije v Soxhlet aparatu. Maščobe sestavljajo nepolarne substance, kot so trigliceridi (maščobe) in v maščobah topne snovi - vitamini, fosfatidi, barvila itd. Z metodo ne zajamemo v celoti tistih maščob, ki so vključene znotraj celic in nevezanih maščob (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.4 Surovi pepel (SP)

Pepel ali žarilni preostanek predstavlja anorganski del krme. Sestavljajo ga pretežno oksidi, kloridi, fosfati in karbonati elementov kalcija, kalija, natrija in drugih. Določili smo ga gravimetrično s tehtanjem ostanka po žarenju. Pepel je izhodiščna oblika določanja elementov v krmi (iz njega smo pripravili HCl izvleček) (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.5 Fosfor (P)

Fosfor je v krmilih pretežno prisoten kot fosfat. Fosfat tvori z amonvanadatom rumeno obarvan kompleks, ki je zelo obstojen in primeren za fotometrični princip kvantitativnega določanja. Metoda je selektivnejša od amonmolibdatne metode, a je pri teh pogojih merjenja manj občutljiva, kar pa ne moti, saj je fosfor praktično v vseh vzorcih krme v dovolj visoki koncentraciji. Pri nižjih koncentracijah velja Lambert-Beerov zakon povsem eksaktно, pri višjih pa ne. Zato pri uvajanju metode ali zamenjavi fotometra preverimo območje linearnosti (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.6 Kalcij (Ca)

Za merjenje koncentracije Ca v smo uporabili metodo atomske absorpcije. Za preprečitev nekaterih nezaželenih interferenc uporabljamo pri merjenju visok dodatek stroncija, ki izpodrigne kalcij iz nedisociiranih kompleksov (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.7 Cink (Zn)

Po suhem sežigu vzorca (priprava pepela) in raztopljanju v 25 % HCl smo določili koncentracijo cinka s pomočjo atomske absorpcije pri 213,9 nm (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.8 Surova vlaknina (SV)

Določanje surove vlaknine v krmi je zahteven analitičen postopek. V tipični krmi je sestava surove vlaknine naslednja: 50 – 80 % celuloze, 20 % hemiceluloze in od 10 do 50 % KDL (Van Soest in Mc Queen, 1973).

Določitev surove vlaknine je najbolj empirična metoda Weendske analize. Kot surova vlaknina je po klasični definiciji organski ostanek vzorca po 30 min kuhanju v 1,25 % raztopini žveplove (VI) kisline in nato še po 30 min kuhanju v 1,25 % kalijevem hidroksidu. Določitev vključuje v glavnem celulozo, pentozane, lignin in kutin. Predstavlja torej voluminozni del krme (Naumann in sod., 1976).

3.2.1.9 V nevtralnem detergentu netopna vlaknina (NDV), v kislem detergentu netopna vlaknina (KDV) in v kislem detergentu netopni lignin (KDL)

Uporabili smo metodo Goering in Van Soest (1970). V nevtralnem detergentu netopni vlaknini (NDV) smo zajeli tudi hemicelulozo, ki smo jo izračunali kot razliko med NDV in v kislem detergentu netopno vlaknino (KDV). Z nadaljnjam raztopljanjem KDV v 72 % H_2SO_4 je celuloza hidrolizirala in ostala je le še v kislem detergentu netopna vlaknina. Z analitskimi postopki KDV, NDV in v kislem detergentu netopnim ligninom (KDL) smo tako dobili še podatke za hemicelulozo in celulozo (Naumann in sod., 1976). NDV predstavlja oceno skupne količine celičnih sten rastlin, ki se sestoji primarno iz celuloze, surove hemiceluloze in KDL. KDV pomeni oceno surove celuloze in KDL. Razlika med NDV in KDV pomeni oceno vsebnosti hemiceluloze, razlika med KDV in KDL pa oceno vsebnosti celuloze.

3.2.2 Hitrost pretoka krme

Hitrost pretoka krme smo ugotavljali po metodi Schnabel in sod. (1983) na način, da smo vsakemu pujsku individualno, neposredno v žrelo, 3. dan prvega dela poskusa aplicirali v želodcu topno kapsulo s 30 indikatorskimi ploščicami iz mehke polivinilaste folije. Hitrost pretoka smo ugotavljali 8 dni. V času poskusa smo blato posameznih tekačev zbirali dnevno, ob istem času, in ga zamrznili. To smo počeli tako dolgo, dokler se niso izločili vsi indikatorji. Po končanem poskusu smo blato odtajali in s pomočjo precejanja ločili indikatorje od blata in jih prešteli.

3.2.3 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost hranil krme

V drugem delu poskusa smo žeeli preveriti, kako dodatek olja in različnih virov prehranske vlaknine vpliva na prebavlјivost in izkoristljivost hranljivih snovi. Pred pričetkom bilančnega obdobja smo kletke in posodo za zbiranje temeljito očistili in oprali. Seč smo zbirali v posode z dodatkom 18 % HCl, s katero smo znižali pH vrednost seča pod 4. S tem smo preprečili izhajanje dušika med zbiranjem.

Medtem ko smo pšenične in ovsene otrobe v mešanico zamešali že prej, po pripravljenem načrtu sestave poskusnih krmnih obrokov, smo olje poskusni krmi dodajali vsakodnevno, pred vsakim krmljenjem. Pri vsakem tekaču smo dnevno izmerili količino izločenega seča in ga prefiltrirali skozi filter papir, zbrano blato smo tehtali in ugotovljene vrednosti zapisovali. Vsakodnevno smo zamrznili vzorce seča in blata.

Po končanem bilančnem poskusu smo individualne vzorce seča odtajali in naredili kompozitne vzorce po pujsku, vzorce blata smo s pomočjo električnega mešalnika homogenizirali, odvzeli reprezentativne vzorce in jih liofilizirali.

V programu Microsoft Office Excel smo izračunali posamezne parametre v bilančnem delu poskusa z uporabo enačb (2-5) in izračunali prebavlјivost ter izkoristljivost (6 in 7).

$$\begin{aligned} \text{Zaužito s krmo (g)} &= \text{vsebnost hranljive snovi v krmi (g/kg)} * \\ &\quad \text{količina zaužite krme (kg)} \end{aligned} \quad \dots(2)$$

$$\begin{aligned} \text{Izločeno s sečem (g)} &= \text{vsebnost hranljive snovi v seču (g/kg)} * \\ &\quad \text{količina seča (kg)} \end{aligned} \quad \dots(3)$$

$$\begin{aligned} \text{Izločeno z blatom (g)} &= \text{vsebnost hranljive snovi v blatu (g/kg)} * \\ &\quad \text{količina blata (kg)} \end{aligned} \quad \dots(4)$$

$$\text{Bilanca (g)} = \text{zaužito (g)} - (\text{izločeno z blatom (g)} + \text{izločeno s sečem (g)}) \quad \dots(5)$$

$$\text{Prebavljivost (\%)} = \text{zaužito (g)} - \text{izločeno z blatom (g)} / \text{zaužito (g)} * 100 \quad \dots(6)$$

$$\text{Izkoristljivost (\%)} = \text{bilanca (g)} / \text{zaužito (g)} * 100 \quad \dots(7)$$

3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Podatke smo obdelali s programskim paketom SAS/STAT (SAS 2002–2010). S proceduro UNIVARIATE smo podatke testirali na normalnost porazdelitve. Pri obdelavi podatkov s statističnim modelom (8) smo uporabili proceduro GLM (General Linear Model). Razlike med skupinami smo ovrednotili s pomočjo linearnih kontrastov in Tukey testa. V statistični model smo poleg vpliva skupine vključili še maso tekačev na začetku poskusa.

Statistični model:

$$y_{ij} = \mu + S_i + b * x_{ij} + e_{ij} \quad \dots(8)$$

y_{ij} = opazovane lastnosti i-te skupine in j-te živali

μ = srednja vrednost

S_i = vpliv i-tega obroka; $i = 1, 2, 3, 4$ (1=Škr; 2=Olj; 3=Olj+Ov; 4=Olj+Pš)

b = regresijski koeficient

x_{ij} = telesna masa na začetku poskusa; $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

e_{ij} = ostanek

4 REZULTATI

Tekom poskusa pri živalih nismo opazili zdravstvenih težav niti sprememb v obnašanju. Poskus je potekal brez motenj. Vsi tekači so vedno zaužili vso ponujeno krmo. Prav tako nismo opazili nobenih posebnosti pri zbiranju blata in seča. Analitski postopki so potekali brez posebnosti.

4.1 POVPREČNI DNEVNI PRIRAST TEKAČEV IN KOLIČINA IZLOČENEGA BLATA

Tekom trajanja poskusa, tako spremljanja hitrosti pretoka kot bilančnega poskusa, smo tekače tehtali in spremljali povprečne dnevne priraste v različnih obdobjih trajanja poskusa. V preglednici 8 so prikazani povprečni dnevni prirasti tekačev. Ker konzumacija prehranske vlaknine vpliva tudi na količino izločenega blata, smo v preglednici 9 prikazali razlike v količini izločenega blata pri posameznih poskusnih skupinah. Razlike v povprečnih dnevnih prirastih tekačev in masah na začetku, v sredini in na koncu niso bile statistično značilne niti v prvem niti v drugem delu poskusa.

Preglednica 8: Telesna masa in povprečni dnevni prirasti tekačev.

Table 8: Weight and average daily gain of growers.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Telesna masa:						
- začetek I. dela poskusa (kg)	12,5	12,5	12,5	12,5	0,45	1,00
- konec I. oz. začetek II. dela poskusa (kg)	15,3	15,9	15,8	15,9	0,46	0,76
- konec II. dela poskusa (kg)	16,8	17,8	18,2	18,3	0,53	0,21
Prirast v:						
- I. delu poskusa (g/dan)	284,3	344,3	330,7	340,3	23,74	0,28
- II. delu poskusa (g/dan)	241,1	305,6	397,8	391,1	44,46	0,07

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

V četrti skupini, kjer so tekači poleg osnovnega obroka dobili še laneno olje in pšenične otrobe, so tekom bilančnega poskusa izločili statistično značilno več blata kot tekači v kontrolni skupini in skupini, ki je dobivala k osnovnemu obroku še olje. Statistično značilno najmanj blata in suhe snovi, izločene z blatom na dan, smo ugotovili v skupini tekačev, ki je poleg osnovnega obroka dobila kot dodatek laneno olje (214,7 g/dan), razlika med skupinama, ki sta kot dodatek dobili ovsene oziroma pšenične otrobe, ni bila statistično značilna. Statistično značilno največ izločenega blata in suhe snovi v blatu smo izmerili v skupini Olj+Pš.

Preglednica 9: Povprečna dnevna količina izločenega blata.

Table 9: Average daily amount of feces.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Dnevna količina izločenega blata, g/dan	314,7 ^a	214,7 ^a	326,2 ^{ab}	458,8 ^b	34,04	0,0008
Dnevna količina izločene suhe snovi v blatu, g/dan	104,9 ^a	95,7 ^a	130,2 ^a	179,8 ^b	9,94	< 0,0001

^{a b c} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

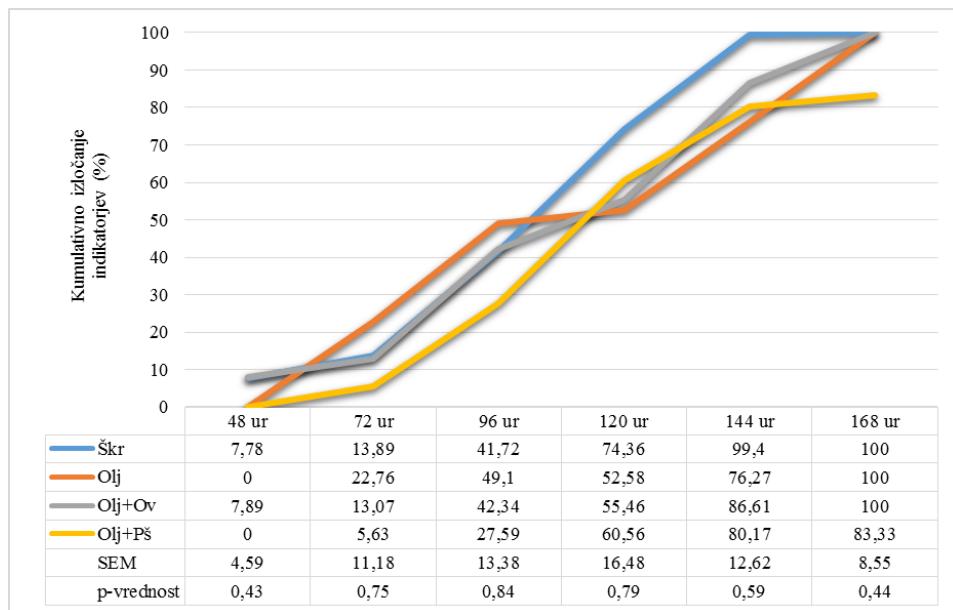
Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.2 HITROST PRETOKA KRME

Kapsule z indikatorji smo pujskom aplicirali tretji dan prvega dela poskusa. Prvi indikatorji so se začeli v blatu pojavljati po 48 urah, po 168 urah so se izločili vsi indikatorji, razen v skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila olje in pšenične otrobe (slika 5).

Razlike v hitrosti pretoka med poskusnimi skupinami niso bile statistično značilne. Opazili smo, da so se indikatorji tekom poskusa hitreje izločili v poskusnih skupinah, ki sta dobivali poleg osnovnega obroka še olje in ovsene otrobe v primerjavi s skupino, ki je dobila kot dodatek le olje.



Slika 5: Kumulativno izločanje indikatorjev (%).
Figure 5: Cumulative excretion of indicators (%).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine
Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine
Ovj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov
Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3 BILANCA, PREBAVLJIVOST IN IZKORISTLJIVOST ORGANSKE IN HRANLJIVIH SNOVI

V drugem delu poskusa (bilančni del), ki je trajal 5 dni, so nas zanimala prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost hranljivih snovi v poskusnih skupinah.

4.3.1 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost organske snovi (OS)

Najvišja prebavlјivost OS je bila v poskusni skupini, ki je dobivala le osnovni obrok (82,45 %), ta je bila statistično značilno višja od prebavlјivosti OS v skupinah z dodatkom olja in ovsenih ter olja in pšeničnih otrobov.

Najboljšo bilanco OS smo izračunali v skupini tekačev, ki smo jo krmili le z osnovnim obrokom (351,12 g/dan). Razlika je bila statistično značilna v primerjavi s skupinama, ki

sta k osnovnem obroku dobili olje in olje ter pšenične otrobe. Med poskusnima skupinama, ki smo jima dodajali prehransko vlaknino, je v bilanci OS bila statistično značilna razlika v prid skupine, ki smo ji dodajali ovsene otrobe.

Najboljši izkoristljivost OS smo ugotovili v poskusni skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobivala olje (91,49 g/dan), le-ta je bila statistično značilno višja kot v kontrolni skupini in skupini z oljem ter pšeničnimi otrobi. Statistično značilno najnižjo izkoristljivost OS (71,12 g/dan) smo ugotovili v skupini Olj+Pš, ta je bila statistično značilno nižja kot v skupini Škr in Olj. Med obema skupinama z dodatkom žitnih otrobov (Olj+Ov in Olj+Pš) je bila statistično značilna razlika v izkoristku OS.

Preglednica 10: Uživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost organske snovi.

Table 10: Consumption, excretion, digestibility, balance and utilization of organic compound.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	439,71 ^a	337,56 ^b	388,93 ^c	363,98 ^d	1,92	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	77,57 ^a	70,52 ^a	102,33 ^a	146,15 ^b	8,11	<0,0001
Izločeno s sečem, g/dan	11,23	12,45	15,32	13,69	1,13	0,1002
Prebavlјivost, %	82,45 ^a	79,00 ^{ab}	73,57 ^b	59,87 ^c	2,15	0,0001
Bilanca, g/dan	351,12 ^a	309,03 ^b	326,03 ^{ab}	258,44 ^c	7,75	<0,0001
Izkoristljivost, %	79,87 ^a	91,49 ^b	83,67 ^{ab}	71,12 ^c	2,07	<0,0001

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

4.3.2 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost dušika (N)

Največ N so s krmo dnevno zaužili tekači, ki so poleg osnovnega obroka dobivali olje in ovsene otrobe, najmanj pa tisti, ki smo jim k osnovnemu obroku dodali le olje. Statistično značilno največ N je bilo v blatu poskusne skupine, ki je dobila poleg osnovnega obroka

olje in ovsene otrobe (5,72 g/dan). Med obema skupinama z dodatkom prehranske vlaknine ni bilo razlik.

Preglednica 11: Uživanje, izločanje in bilanca dušika.

Table 11: Consumption, excretion and balance of nitrogen.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	15,05 ^a	14,41 ^b	16,89 ^c	16,39 ^d	0,02	< 0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	5,14 ^{ab}	3,88 ^a	5,72 ^b	5,11 ^{ab}	0,46	0,06
Izločeno s sečem, g/dan	2,59	2,72	3,50	2,90	0,25	0,09
Bilanca, g/dan	7,31	7,80	7,66	8,37	0,44	0,42

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

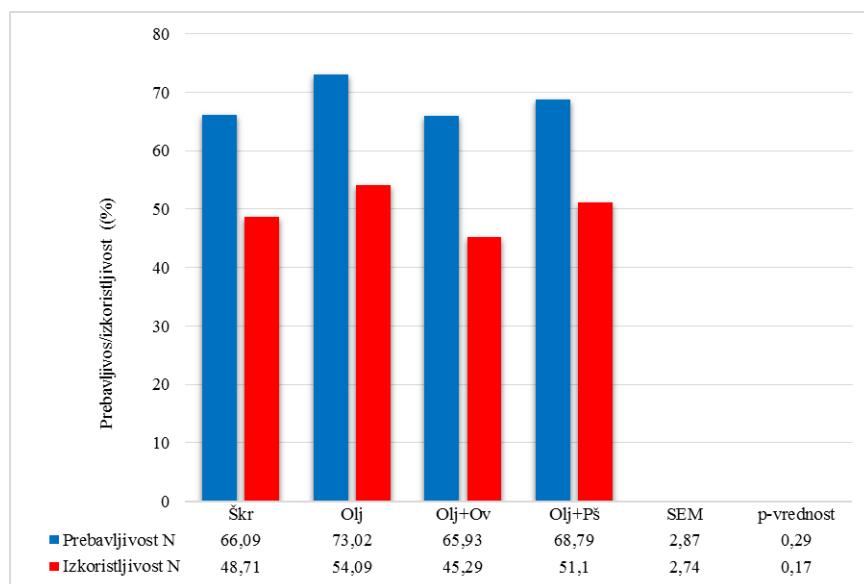
Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Niti pri prebavlјivosti dušika niti pri izkoristku, razlike med poskusnimi skupinami z različnim dopolnilnim obrokom, a enakim osnovnim, niso bile statistično značilne (slika 6).



Slika 6: Prebavlјivost in izkoristljivost dušika.

Figure 6: Digestibility and utilisation of nitrogen.

4.3.3 Bilanca in prebavlјivost surovih maščob (SM)

Delež zaužitih SM se med skupinami, ki smo jim dodajali olje, ni statistično značilno razlikoval (preglednica 12).

Statistično značilno najslabše so SM prebavili tekači v kontrolni skupini (7,67 %). Prebavlјivost SM v kontrolni skupini, ki je dobivala le osnovni obrok, je bila statistično značilno najslabša v primerjavi z ostalimi tremi poskusnimi skupinami, ki so kot dodatek k osnovnemu obroku dobile laneno olje oz. Olj+Ov oz. Olj+Pš, medtem ko razlike med temi tremi skupinami v prebavlјivosti SM niso bile statistično značilne. Najvišjo prebavlјivost SM smo ugotovili v poskusni skupini tekačev, ki je poleg osnovnega obroka dobila laneno olje, sledili sta ji skupini, ki sta poleg lanenega olja dobili še ovsene (84,13 %) in pšenične otrobe (80,95 %).

Preglednica 12: Uživanje, izločanje, prebavlјivost in bilanca surovih maščob.

Table 12: Consumption, excretion, digestibility and balance of crude fat.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito z osnovnim obrokom ter škrobom ali otrobi, g/dan	6,60 ^a	5,37 ^b	17,29 ^c	8,24 ^d	0,10	<0,0001
Zaužito z oljem, g/dan	0,00 ^a	54,57 ^b	54,54 ^b	54,59 ^b	0,73	<0,0001
Zaužito, g/dan	6,60 ^a	59,94 ^b	71,83 ^b	62,83 ^b	0,83	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	6,09 ^a	8,71 ^{ab}	11,33 ^{bc}	11,95 ^{bc}	1,04	0,0028
Prebavlјivost, %	7,67 ^a	85,50 ^b	84,13 ^{bc}	80,95 ^{bc}	2,65	<0,0001
Bilanca, g/dan	0,54 ^a	51,22 ^b	60,52 ^c	50,85 ^b	1,32	<0,0001

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.4 Prebavlјivost surovih vlaknin (SV)

Tekači v skupini, ki smo ji v osnovni obrok dodali laneno olje in pšenične otrobe (Olj+Pš), so zaužili največ SV (16,63 g/dan), najmanj pa so jih zaužili tekači v kontrolni skupini (9,88 g/dan). Razlike med skupinami, ki so kot dodatek dobile Olj, Olj+Ov in Olj+Pš, so bile statistično značilne.

Največ SV v blatu smo izmerili v skupini, ki je k osnovnemu obroku dobila olje in pšenične otrobe (27,17 g/dan). Razlika med skupinama Olj+Ov in Olj+Pš je bila statistično značilna v prid skupine Olj+Pš. Skupine Škr, Olj in Olj+Ov se po vsebnosti SV v blatu niso razlikovale med seboj. Posledica dodatka olja je bilo manj SV v blatu, tako ovseni kot pšenični otrobi pa so povečali izločanje SV z blatom. Razlika med skupinama z dodatkom prehranske vlaknine je bila statistično značilna v prid skupine Olj+Pš.

Tekači v skupini Olj+Pš so v primerjavi z ostalimi poskusnimi skupinami statistično značilno najslabše prebavili surovo vlaknino. Razlika med skupinama, ki sta kot dodatek dobili ovsene ozziroma pšenične otrobe, je bila statistično značilna v prid skupine Olj+Ov. Dodatek olja je izboljšal prebavlјivost SV v primerjavi s skupino Škr, a razlika ni bila statistično značilna.

Preglednica 13: Uživanje, izločanje in prebavlјivost surove vlaknine.

Table 13: Consumption, excretion and digestibility of crude fiber.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	9,88 ^a	10,16 ^a	14,02 ^b	16,63 ^c	0,08	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	9,33 ^a	8,14 ^a	12,63 ^a	27,17 ^b	1,56	<0,0001
Prebavlјivost, %	6,18 ^a	19,54 ^a	9,29 ^a	-62,78 ^b	11,32	0,0002

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.5 Prebavlјivost v nevtralnem detergentu netopne vlaknine (NDV)

NDV je definirana kot vsota celuloze, hemiceluloze in KDL. Med vsemi skupinami tekačev, ki smo jih vključili v poskus, smo ugotovili statistično značilne razlike pri uživanju NDV s krmo. Največ (56,35 g/dan) so je zaužili tekači iz poskusne skupine Olj+Pš, sledi ji skupina z dodatkom olja in ovsenih otrobov, najmanj NDV so zaužili tekači iz skupine z dodatkom olja (24,83 g/dan).

Ko smo analizirali vzorce blata tekačev, smo ugotovili statistično značilne razlike med poskusno skupino, ki je poleg osnovnega obroka dobila olje in pšenične otrobe ter med vsemi ostalimi. V blatu skupine, ki je dobivala pšenične otrobe, smo odkrili največ NDV (74,82 g/dan), najmanj pa je bilo v blatu skupine, ki je poleg osnovnega obroka dobila olje. Obe skupini z dodatkom prehranske vlaknine sta se statistično značilno razlikovali med seboj.

Statistično značilno najslabša prebavlјivost NDV je bila v skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila olje in pšenične otrobe. Obe skupini z dodatkom ovsenih oziroma pšeničnih otrobov sta se v prebavlјivosti NDV statistično značilno razlikovali med seboj v korist skupine Olj+Ov. Dodatek olja je poslabšal prebavlјivost NDV.

Preglednica 14: Uživanje, izločanje in prebavlјivosti v nevtralnem detergentu netopne vlaknine.

Table 14: Consumption, excretion and digestibility of neutral detergent fiber.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	34,70 ^a	24,83 ^b	38,25 ^c	56,35 ^d	0,32	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	20,69 ^a	19,31 ^a	30,32 ^a	74,82 ^b	2,97	<0,0001
Prebavlјivost, %	40,47 ^a	22,04 ^a	20,25 ^a	-32,74 ^b	7,57	<0,0001

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.6 Prebavlјivost v kislem detergentu netopne vlaknine (KDV)

Največ KDV so zaužili tekači v skupini z dodatkom olja in pšeničnih otrobov (18,47 g/dan), najmanj pa tekači v skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila le laneno olje (3,81 g/dan). Razlika med skupinama Olj+Pš in Olj+Ov je bila statistično značilna.

Poskusna skupina z dodatkom olja in pšeničnih otrobov je z blatom izločila statistično značilno največ KDV. Najmanj KDV je izločila skupina z dodatkom lanenega olja. Med kontrolno skupino in skupino z dodatkom olja statistično značilne razlike nismo potrdili. Obe skupini z dodatkom žitnih otrobov sta se statistično značilno razlikovali v prid skupine Olj+Pš. Dodatek olja je vplival na zmanjšanje izločene KDV v primerjavi s kontrolno skupino.

Najboljšo prebavlјivost KDV smo ugotovili v poskusni skupini, ki je dobila osnovni obrok, olje in ovsene otroe (-35,72 %), najslabšo prebavlјivost KDV pa smo izračunali v skupini, ki je kot dodatek k osnovnemu obroku dobila le olje. Med obema skupinama z dodatkom otrobov ni bilo statistično značilne razlike v prebavlјivosti KDV. Dodatek olja je statistično značilno poslabšal prebavlјivost KDV za 27 %. Tako ovseni kot pšenični otrobi so v našem poskusu izboljšali prebavlјivost KDV v primerjavi s skupino Olj za 76 % oz. 42 %.

Preglednica 15: Uživanje, izločanje in prebavlјivosti v kislem detergentu netopne vlaknine.

Table 15: Consumption, excretion and digestibility of acid detergent fibre.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	5,33 ^a	3,81 ^b	13,04 ^c	18,47 ^d	0,17	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	11,36 ^{ab}	9,56 ^a	17,63 ^b	34,89 ^c	1,76	<0,0001
Prebavlјivost, %	-111,35 ^{ab}	-151,98 ^a	-35,72 ^b	-88,59 ^{ab}	19,94	0,005

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.7 Prebavlјivost hemiceluloze (HCel)

Tekači v skupini Olj+Pš so zaužili statistično značilno največ HCell, sledila je skupina, ki je kot dodatek dobila laneno olje in ovsene otrobe ter skupina, ki je dobila le olje. Najmanj HCell je zaužila skupina tekačev z dodatkom lanenega olja in brez žitnih otrobov (21,01 g/dan).

Statistično značilno največ HCell v blatu tekačev smo ugotovili v poskusni skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila še olje in pšenične otrobe (39,91 g/dan). Obe skupini, ki sta kot dodatek k osnovnemu obroku dobili še olje in ovsene oziroma pšenične otrobe, sta se po količini HCell v blatu statistično značilno razlikovali med seboj. Najmanj HCell smo ugotovili v blatu tekačev kontrolne skupine, razlika je bila statistično značilna v primerjavi s skupino (Olj+Pš).

Najvišjo prebavlјivost HCell smo ugotovili v skupini Škr (68,01 %), statistično značilno najslabšo pa v skupini Olj+Pš. Razlika med obema skupinama z dodatkom ovsenih oziroma pšeničnih otrobov v prebavlјivosti HCell je bila statistično značilna v prid skupine Olj+Ov. Dodatek lanenega olja je poslabšal prebavlјivost HCell, dodatka ovsenih in pšeničnih otrobov pa sta prebavlјivost HCell samo še poslabšala.

Preglednica 16: Uživanje, izločanje in prebavlјivost hemiceluloze.

Table 16: Consumption, excretion and digestibility of hemicellulose.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	29,37 ^a	21,01 ^b	25,21 ^c	37,88 ^d	0,17	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	9,34 ^a	9,74 ^a	12,69 ^a	39,91 ^b	1,48	<0,0001
Prebavlјivost, %	68,01 ^a	53,66 ^a	49,22 ^a	-5,45 ^b	5,38	<0,0001

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.8 Prebavlјivost v kislem detergentu netopnega lignina (KDL)

Največ KDL je zaužila poskusna skupina, ki smo ji dodajali olje in pšenične otrobe, najmanj pa kontrolna skupina z dodatkom olja.

Statistično značilno največ KDL v blatu smo ugotovili v skupini, ki ga je največ tudi zaužila (Olj+Pš), statistično značilno najmanj KDL pa smo določili v blatu kontrolne skupine z dodatkom lanenega olja. Dodatek olja ni statistično značilno vplival na izločen KDL v blatu. Med obema skupinama z dodatkom žitnih otrobov prav tako nismo ugotovili statistično značilnih razlik.

Pri preučevanju prebavlјivosti KDL nismo ugotovili statistično značilnih razlik, smo pa najvišjo vrednost določili pri poskusni skupini z oljem, najmanjšo pa v skupini Olj+Pš.

Preglednica 17: Uživanje, izločanje in prebavlјivost v kislem detergentu netopnega lignina.

Table 17: Consumption, excretion and digestibility of acid detergent lignin.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	1,27 ^a	1,16 ^a	2,59 ^b	3,46 ^c	0,03	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	3,13 ^a	2,77 ^a	6,83 ^b	9,71 ^b	0,69	<0,0001
Prebavlјivost, %	-148,83	-140,29	-163,17	-179,58	38,43	0,89

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.9 Prebavlјivost celuloze (Cel)

Največ Cel so s krmo zaužili tekači v poskusnih skupinah, ki so k osnovnemu obroku dobile laneno olje in pšenične ter ovsene otrobe.

Pri prebavlјivosti Cel smo ugotovili statistično značilno razliko med kontrolno skupino, ki je dobila olje in skupino Olj+Ov v korist skupine z dodatkom ovsenih otrobov. Statistično značilno najslabšo prebavlјivost Cel smo ugotovili v skupini Olj (-157,26 %), najboljšo pa v skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila olje in ovsene otrobe (-4,06 %). Dodatek olja je poslabšal prebavlјivost Cel, a razlika ni bila statistično značilna. Med skupinami, ki so kot dodatek dobile pšenične ozziroma ovsene otrobe, ni bilo statistično značilnih razlik, vendar smo opazili trend večje prebavlјivosti v skupini Olj+Pš.

Preglednica 18: Uživanje, izločanje in prebavlјivost celuloze.

Table 18: Consumption, excretion and digestibility of cellulose.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	4,06 ^a	2,65 ^b	10,45 ^c	15,01 ^d	0,14	<0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	8,22 ^a	6,79 ^a	10,78 ^a	25,18 ^b	1,61	<0,0001
Prebavlјivost, %	-99,31 ^{ab}	-157,26 ^b	-4,06 ^a	-67,58 ^{ab}	27,41	0,0072

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.10 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost kalcija (Ca)

Največ Ca so zaužili tekači v skupini, ki je poleg osnovnega obroka dobila še laneno olje (8,46 g/dan), najmanj pa v skupini Škr.

S sečem so največ Ca izločili tekači v skupini Olj. Razlika je bila statistično značilna v primerjavi s skupino Olj+Pš. V količini z blatom in sečem izločenega Ca, v prebavlјivosti, bilanci in izkoristku Ca nismo ugotovili statistično značilnih razlik.

Preglednica 19: Uživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost kalcija.

Table 19: Consumption, excretion, digestibility, balance and utilization of calcium.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	8,07 ^a	8,46 ^b	8,38 ^c	8,10 ^d	0,01	< 0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	2,93	2,57	2,62	2,58	0,25	0,72
Izločeno s sečem, g/dan	0,42 ^{ab}	0,49 ^a	0,37 ^{ab}	0,29 ^b	0,05	0,034
Prebavlјivost, %	63,88	69,28	68,54	68,29	3,13	0,62
Bilanca, g/dan	4,72	5,39	5,39	5,24	0,23	0,17
Izkoristljivost, %	58,65	63,47	64,17	64,69	2,87	0,44

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.11 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost fosforja (P)

Največ P so zaužili tekači v obeh skupinah z dodanimi otrobi.

Statistično značilno največ je P z blatom izločila poskusna skupina, ki je zraven olja dobila še pšenične otrobe (4,86 g/dan). Med ostalimi poskusnimi skupinami ni bilo statistično značilnih razlik. Pri izločanju P s sečem med skupinami nismo ugotovili statistično značilnih razlik.

Prebavlјivost in izkoristljivost P se med skupinami ni razlikovala, a bilanca P je bila v skupini Olj+Ov statistično značilno večja kot v obeh skupinah brez dodatka otrobov. Med skupinama, ki sta dobivali prehransko vlaknino, ni bilo razlik.

Preglednica 20: Uživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost fosforja.

Table 20: Consumption, excretion, digestibility, balance and utilization of phosphorus.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, g/dan	6,98 ^a	6,45 ^b	8,63 ^c	8,83 ^d	0,03	< 0,0001
Izločeno z blatom, g/dan	3,34 ^a	2,98 ^a	3,68 ^a	4,86 ^b	0,27	< 0,001
Izločeno s sečem, g/dan	0,17	0,07	0,13	0,10	0,03	0,09
Prebavlјivost, %	51,81	54,86	57,16	44,91	3,54	0,12
Bilanca, g/dan	3,43 ^a	3,59 ^a	4,81 ^b	3,86 ^{ab}	0,28	0,009
Izkoristljivost, %	49,36	53,81	55,68	43,72	3,67	0,130

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

4.3.12 Bilanca, prebavlјivost in izkoristljivost cinka (Zn)

Največ Zn so zaužili tekači v skupini z dodanimi ovsenimi otrobi.

Količina izločenega cinka v blatu se med skupinami ni statistično značilno razlikovala. Čeprav je bila količina s sečem izločenega cinka med skupinami statistično značilno različna, med posameznimi skupinami ni bilo statistično značilnih razlik.

Medtem ko v prebavlјivosti in izkoristku Zn med skupinami nismo ugotovili razlik, je bila bilanca Zn v skupini z dodanimi ovsenimi otrobi statistično večja kot v obeh skupinah brez dodatka otrobov. Tudi bilanca Zn v Olj+Pš je bila višja kot v skupinah Škr in Olj, a ne statistično značilna.

Preglednica 21: Uživanje, izločanje, prebavlјivost, bilanca in izkoristljivost cinka.

Table 21: Consumption, excretion, digestibility, balance and utilization of zinc.

	Škr	Olj	Olj+Ov	Olj+Pš	SEM	p-vrednost
Zaužito, mg/dan	61,55 ^a	62,37 ^b	70,21 ^c	68,52 ^d	0,10	< 0,0001
Izločeno z blatom, mg/dan	28,08	27,37	25,60	30,35	2,04	0,44
Izločeno s sečem, mg/dan	5,27	2,22	2,94	2,12	0,78	0,03
Prebavlјivost, %	54,57	55,92	63,35	55,77	3,11	0,21
Bilanca, mg/dan	28,20 ^a	32,78 ^a	41,67 ^b	36,05 ^{ab}	2,29	0,004
Izkoristljivost, %	46,18	52,38	59,18	52,69	3,47	0,10

^{a b c d} skupine, ki so označene z različnimi črkami, se statistično razlikujejo ($P<0,05$).

Škr: obrok brez dodanih maščob in prehranske vlaknine

Olj: obrok z dodatkom maščobe in brez dodatka prehranske vlaknine

Olj+Ov: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki ovsenih otrobov

Olj+Pš: obrok z dodatkom maščobe in dodatkom prehranske vlaknine v obliki pšeničnih otrobov

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kakšen vpliv ima dodatek lanenega olja ter pšeničnih in ovsenih otrobov, ki krmo obogatijo s podobnimi količinami surove vlaknine in NDV, na hitrost pretoka krme skozi prebavila in prebavlјivost ter izkoristljivost nekaterih hranil pri tekačih.

V skupinah, ki so dobivale dodatek prehranske vlaknine, smo količino ovsenih in pšeničnih otrobov dodali glede na njihovo vsebnost prehranske vlaknine, in sicer tako, da so živali obeh skupin dnevno zaužile primerljivo količino skupne prehranske vlaknine, a različno količino topne in netopne vlaknine.

V obeh delih poskusnega obdobja (spremljanje hitrosti pretoka črevesne vsebine in bilančni del) smo tekače trikrat tehtali: prvič pred začetkom poskusnega obdobja, nato po koncu spremeljanja hitrosti pretoka črevesne vsebine in tretjič ob koncu bilančnega dela poskusa. Domnevali smo, da bodo v prvem delu poskusnega obdobja najbolje priraščali tekači v poskusni skupini Olj. Domnevo smo utemeljevali z dejstvom, da tekači po odstavitevi še nimajo dovolj razvitega encimskega sistema za prebavo škroba, medtem ko je aktivnost lipaze še vedno visoka.

V bilančnem delu poskusa smo pričakovali razlike med poskusnimi skupinami tekačev z in brez dodatka otrobov. Tudi Philpotts (2007) je ugotovil, da lahko z dodatki tako topnih kot netopnih vlaknin vplivamo na večjo konzumacijo krme in boljšo rast prašičev. V našem poskusu črevesna flora tekačev v prvem delu verjetno še ni bila v zadostni meri razvita in adaptirana na sprejem večjih količin prehranske vlaknine. Pričakovali smo, podobno kot Philpotts (2007), da se bodo v drugem delu poskusa razlike pokazale, a tudi tukaj statistično značilnih razlik nismo potrdili.

Endres (1985) ugotavlja, da uživanje krme ne vpliva na prebavlјivost surove maščobe in energije, medtem ko je prebavlјivost suhe snovi in surovih beljakovin statistično značilno višja pri prašičih, ki so bili krmljeni omejeno.

Naši rezultati preiskav izločenega blata kažejo, da je dodatek lanenega olja statistično značilno zmanjšal izločanje suhe snovi blata v primerjavi s skupino tekačev, ki je dobila pšenične otrobe ter da so tekači v obeh skupinah z dodatkom otrobov izločili več kot tisti, ki otrobov niso dobili. Povečanje v skupini z dodanimi pšeničnimi otrobi (+88 % suhe snovi blata) je bilo statistično značilno v primerjavi z Olj. Rezultat je pravzaprav pričakovan, saj je tudi Chesson (2006) ugotovil, da dodatek prehranske vlaknine, še posebej netopne, poveča količino izločenega blata. Po mnenju Moeser in van Kempen (2002) pa naj bi povečevanje netopne prehranske vlaknine (pšenični otrobi) v obroku linearno vplivalo na večje dnevno izločanje blata pri tekačih. Tudi v našem poskusu smo ugotovili podobno, statistično značilno največ z blatom izločene suhe snovi smo izmerili v skupini Olj+Pš. Razlika je bila statistično značilna v primerjavi s skupino Škr, Olj in skupino Olj+Ov.

Razlike v hitrosti pretoka med poskusnimi skupinami niso bile statistično značilne. Prvi indikatorji v blatu so se začeli pojavljati po 48 urah v skupini Škr in v poskusni skupini, ki je dobila poleg osnovnega obroka še olje in ovsene otrobe kot vir topne vlaknine. Po 144 urah se je največ indikatorja v blatu izločilo v poskusni skupini Škr, sledili sta skupini Olj+Ov in Olj+Pš. Najnižjo hitrost pretoka krme smo ugotovili v skupini Olj. Pšenični otrobi so sicer poznani kot eden izmed virov vlaknine, ki naj bi najbolj učinkovito pospešili hitrost pretoka skozi prebavila (Salobir, 1999). V našem poskusu pšenični otrobi v kombinaciji z oljem niso pospešili hitrosti pretoka. Razlog, da se naši rezultati ne skladajo povsem s pričakovanji, leži morda v veliki količini dodanih maščob (30 % energijskih potreb) v naši raziskavi. Ravno tako ugotavlja Chesson (2006), da maščobe upočasnijo intestinalno hitrost pretoka. V takih razmerah je delovanje prehranske vlaknine morda drugačno. Do podobne ugotovitve sta prišla Valaja in Sijander-Rasi (2001), le da sta za spremljanje hitrosti pretoka uporabila drugačno metodo in repično olje ter živalsko maščobo namesto lanenega olja. Urriola in Stein (2010) pa sta ugotovila, da topna prehranska vlaknina upočasni hitrost pretoka vsebine prebavil, poveča viskoznost črevesne vsebine in konzumacijo krme. V našem poskusu ovseni otrobi, ki so predstavnik topnega vira vlaknine, niso statistično značilno upočasnili pretoka črevesne vsebine. Razlog je verjetno v tem, da se je pretok upočasnil zaradi nabrekanja vlaknine, potem pa se je spet normaliziral.

Najboljšo prebavlјivost OS smo izmerili v skupini Škr in je bila statistično značilno višja ($p<0,05$) od prebavlјivosti organske snovi v skupinah z dodatkom olja in ovsenih (+11 %) oziroma olja in pšeničnih otrobov (+27 %). V našem poskusu smo ugotovili višjo prebavlјivost OS v skupinah, ki niso doobile otrobov. Glede na dejstvo, da naj bi maščobe upočasnile hitrost pretoka in posredno vplivale na boljšo prebavlјivost ostalih hranljivih snovi (Chesson 2006), nas je nasprotni rezultat presenetil. To je lahko posledica dejstva, da je bil dodatek maščob v naši raziskavi večji kot v omenjeni raziskavi, ali pa posledica negativnega vpliva dodatka olja na delovanje mikroorganizmov. Prebavlјivost OS je bila v skupini Olj+Ov statistično značilno višja ($p<0,05$) v primerjavi s skupino Olj+Pš za 19 %. Tudi Wenk (2001) je ugotovil, da prehranska vlaknina zmanjuje fekalno prebavlјivost hranljivih snovi, ta pa je odvisna od količine zaužite vlaknine, tipa vlaknine in njenih fizikalno-kemijskih lastnosti, starosti in genotipa živali. Wilfart in sod. (2007) pa povezujejo slabšo prebavlјivost OS in suhe snovi (SS) s slabšo prebavlјivostjo energije. Le Gall in sod. (2009) slabšo prebavlјivost pripisujejo vplivu fizikalno-kemijskih lastnosti surove vlaknine.

Pri prebavlјivosti in izkoristku dušika nismo ugotovili statistično značilnih razlik med poskusnimi skupinami tekačev. Trend najboljše prebavlјivosti in izkoristka dušika oz. surovih beljakovin se je pokazal v poskusnih skupinah Olj in Olj+Pš, kar se ujema s trditvijo Chessona (2006). Dodatek olja je izboljšal prebavlјivost in izkoristljivost N v primerjavi s Škr za 9 % oz. 10 %. Domnevamo, da je bila zaradi dodatka olja hitrost pretoka nižja in je bil substrat dlje časa izpostavljen encimski razgradnji. Podobno sta ugotovila tudi Valaja in Sijander-Rasi (2001). Grieshop in sod. (2001) pa trdijo, da NŠP zmanjujejo prebavlјivost dušika na račun endogenega izločanja dušika. Buraczewska in sod. (2007) so dokazali linearno zmanjševanje prebavlјivosti N, ko so dodajali NDV iz pšeničnih otrobov. Tako je v njihovem poskusu dodatek 15 % NDV iz pšenice prebavlјivost aminokislin zmanjšal za 2,0 do 5,5 %. Tudi Dilger in sod. (2004) so ugotovili, da je povečanje koncentracije NDV iz 2,72 % na 4,16 % imelo za posledico linearno zmanjšanje prebavlјivosti večine aminokislin. Zervas in Zijlstra (2002) opisujeta vlogo dodatka prehranske vlaknine na izločanje dušika v seču in blatu ter pravita, da prisotnost vlaknine v krmi vzpodbuja mikrobnou fermentacijo v debelem črevesu, kjer mikrobi za svoj obstoj porabljam amoniak, ki je nastal tekom fermentacije prehranskih in

endogenih beljakovin. Posledično manj amoniaka preide v kri in se ga nato izloči s sečem. Ta pojav avtorja imenujeta »premik izločanja dušika iz seča v blato«.

Prebavlјivost surovih maščob je bila v skupini Škr zelo slaba. Razlog za tako majhno prebavlјivost maščob v Škr skupini je verjetno zelo majhno uživanje maščob, ki so se dobro prebavile, a je slaba prebavlјivost surovih maščob zelo verjetno pogojena z endogeno izločenimi snovmi, ki jih zajema analiza surovih maščob (žolčne kisline, odmrle celice, bakterijske maščobe).

Med skupinami z dodanim lanenim oljem v prebavlјivosti surovih maščob ni bilo statistično značilnih razlik. Sicer je opaziti, da je dodatek ovsenih in pšeničnih otrobov v primerjavi z Olj nekoliko poslabšal prebavlјivost SM (za 2 % v Olj+Ov in za 5 % v Olj+Pš). Högberg in Lindberg (2004) sta potrdila pozitivno povezavo med prebavlјivostjo maščob in energije ter količino in topnostjo prehranske vlaknine. V svoji raziskavi sta potrdila dejstvo, da se prebavlјivost maščob ne zmanjša, če je razmerje med netopno in topno vlaknino med 7,3 in 2,4 proti 1, zmanjšanje prebavlјivosti maščob pa razlagata z večjo bakterijsko sintezo maščob v debelem črevesu. Bach Knudsen in sod. (1993a) sta ugotovila, da NDV zmanjša pravo prebavlјivost maščob. Podobno so tudi Wilfart in sod. (2007) dokazali, da dodatek 20 do 40 % pšeničnih otrobov zmanjša prebavlјivost eterskega ekstrakta za 7 do 12%. Högberg in Lindberg (2004) pa dodatek kombinacije tritikale, pšenice in pšeničnih otrobov kot virov prehranske vlaknine povezujeta z boljšo prebavlјivostjo SM.

Dodatek otrobov je v skupinah z oljem poslabšal prebavlјivost SV. V skupini Olj+Pš je bil vpliv poslabšanja statistično značilen (-80,64 %). Vpliv dodajanja olja na prebavlјivost SV ni bil statistično značilen. Razlika med obema skupinama z dodatkom otrobov je bila statistično značilna ($p<0,05$). Urriola in sod. (2009) ter Bindelle in sod. (2009) ugotavljajo, da prebavlјivost SV zelo variira in je odvisna od sestave obroka ter vrste dodane prehranske vlaknine v obrok. Ugotovili so, da je ilealna prebavlјivost prehranske vlaknine med 10 in 62 %, skupna prebavlјivost Cel v ječmenu med 23 in 65 %, med 24 in 60 % v pšenici, med 10 in 84 % v rži in med 13 in 42 % v pšeničnih in ovsenih otrobih. Po njihovem mnenju je skupna prebavlјivost topne prehranske vlaknine 92 %, netopne pa le 41,3 %.

Pri preučevanju vpliva dodajanja maščob in vlaknine na prebavlјivost Cel smo ugotovili, da dodatek Olj in Olj+Ov ni statistično značilno poslabšal prebavlјivosti Cel, medtem ko je dodatek olja in pšeničnih otrobov prebavlјivost Cel statistično značilno poslabšal v primerjavi z ostalimi tremi poskusnimi skupinami. Do podobnih zaključkov so prišli tudi Urriola in sod. (2009), ko so ugotovili prebavlјivost Cel v pšeničnih in ovsenih otrobih med 13 in 42 %.

Dodatek olja je statistično značilno poslabšal prebavlјivost HCel v primerjavi s Škr. Ovseni in pšenični otrobi so glede na poskusno skupino z oljem statistično značilno izboljšali prebavlјivost HCel. Razlika med obema viroma prehranske vlaknine je bila statistično značilna. Pšenični otrobi so bolj poslabšali prebavlјivost HCel kot ovseni otrobi.

Dodatek olja je statistično značilno poslabšal prebavlјivost NDV za relativno -45 % glede na Škr, tudi pšenični otrobi so statistično značilno ($p<0,05$) poslabšali prebavlјivost NDV za -48 % glede na Olj, medtem ko pri ovsenih otrobih nismo ugotovili statistično značilnega vpliva na prebavlјivosti NDV glede na Olj. Razlika med skupino z dodatkom ovsenih otrobov in skupino z dodatkom pšeničnih otrobov je bila statistično značilna ($p<0,05$) in je bila 62 %.

Dodatek lanenega olja ni imel statistično značilnega vpliva na prebavlјivost KDV. V skupini Olj+Pš smo ugotovili statistično značilno najslabšo prebavlјivost KDV v primerjavi z ostalimi poskusnimi skupinami. Med obema viroma prehranske vlaknine je bila statistično značilna razlika pri preučevanju vpliva na prebavlјivost KDV.

Pri preučevanju vpliva dodatka olja in otrobov na prebavlјivost KDL nismo ugotovili nobenih statistično značilnih vplivov.

Ker so nekatere vrednosti navidezne prebavlјivosti surove vlaknine in različnih frakcij vlaknine (NDV, NDV, NDL, hemiceluloze in celuloze) negativne, je interpretacija teh razlik težavna. Do negativnih vrednosti je zelo verjetno lahko prišlo predvsem zaradi metodoloških ovir določitve vlaknine oz. frakcij vlaknine. Sestava teh frakcij vlaknine v krmi je namreč drugačna kot sestava vlaknine v blatu (Vogt in Stute, 1971). Ker gre za relativno majhno uživanje in izločanje teh snovi, je lahko prišlo tudi do napake v natančnosti analiz. Negativen rezultat ni nenavaden, tak učinek je opažen celo pri merjenju

prebavlјivosti težko prebavlјivih, nefermentabilnih frakcij vlaknine pri perutnini (Vogt in Stute, 1971). Negativna prebavlјivost SV, Cel, HCel, NDV, KDV in KDL pri žitnih otrobih kaže na večje izločanje kot je uživanje, do česar je morda prišlo tudi zaradi višje hitrosti pretoka in se je izločilo več vlaknine, ki je bila zaužita pred pričetkom spremljanja bilance. Pred bilanco je bila hitrost pretoka nižja, med bilanco pa se je povisala.

Pri prebavlјivosti in izkoristku Ca ni bilo statistično značilnih razlik med poskusnimi skupinami tekačev. Tudi ko smo preučevali vpliv dodajanja olja in otrobov na prebavlјivost in izkoristljivost P in Zn, nismo ugotovili statistično značilnih razlik med poskusnimi skupinami tekačev.

Olje in oba vira vlaknine niso statistično značilno vplivali na prebavlјivost in izkoristljivost Zn. Opazili smo trend ugodnejšega vpliva ovsenih otrobov v primerjavi s pšeničnimi otrobi na prebavlјivost in izkoristljivost Zn. Girard in sod. (1995) so ugotovili, da lahko prehranska vlaknina nase veže minerale in da na primer 6 % Cel zmanjša absorpcijo Ca, P, Mg in K ter da se je zmanjšala koncentracija Ca, P, Cu in Zn v serumu krvi na enoto zaužitih mineralov pri svinjah, ki so uživale krmo, sestavljeno iz koruze in pšeničnih ali ovsenih otrobov. O zmanjšani absorpciji poročajo tudi Wilfart in sod. (2007). Po njihovem mnenju je absorpcija Ca, P, Mg, K in Zn zmanjšana, če dodamo v krmo veliko Cel.

5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov naše raziskave lahko podamo naslednje sklepe:

Niti v prvem niti v drugem delu poskusa v prirastih tekačev glede na poskusne obroke ni bilo statistično značilnih razlik. Pri spremeljanju izločanja količine izločenega blata smo ugotovili, da so tekači v poskusni skupini Olj+Pš tekom bilančnega dela poskusa izločili statistično značilno največ SS v blatu v primerjavi z vsemi ostalimi poskusnimi skupinami, sledile so skupine tekačev Olj+Ov, Škr in Olj.

Pšenični in ovseni otrobi v našem poskusu niso statistično značilno vplivali na hitrost pretoka skozi prebavila, ko smo primerjali poskusno skupino z dodatkom olja in obe poskusni skupini z dodatkom olja in vlaknine.

Dodatek olja in ovsenih otrobov je statistično značilno poslabšal prebavlјivost OS glede na Škr in izboljšal prebavlјivost SM glede na kontrolno skupino ter prebavlјivost H Cel glede na Olj in NDV glede na Škr. Na prebavlјivost in izkoristljivost Ca, P in Zn dodatek ovsenih otrobov ni imel statistično značilnega vpliva.

Dodatek lanenega olja je v našem poskusu statistično značilno izboljšal prebavlјivost in izkoristljivost OS glede na Olj+Pš, prebavlјivost SM glede na Škr, SV glede na Olj+Pš, Cel glede na Olj+Pš, KDV glede na Olj+Pš in poslabšal prebavlјivost H Cel glede na Škr, Olj+Ov in Olj+Pš ter NDV glede na Škr in Olj+Pš. Na preostale preučevane lastnosti dodatek olja ni imel statistično značilnega vpliva.

Pšenični otrobi in olje so v našem poskusu statistično značilno poslabšali prebavlјivost in izkoristljivost OS in prebavlјivost SV, Cel, H Cel, NDV in KDV glede na preostale poskusne skupine ter izboljšali prebavlјivost SM glede na Škr. Na preostale preučevane lastnosti dodatek olja ni imel statistično značilnega vpliva.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Odstavitev pujskov je stresno obdobje, ki lahko vodi do poslabšanja prebavlјivosti in izkoristka hranljivih snovi ter zastajanja krme v prebavilih. Če se krma dlje časa zadržuje v prebavilih, se lahko poveča nevarnost za razvoj patogenih mikroorganizmov, kar vodi do povečanega izločanja hlapnih maščobnih kislin in ogljikovih hidratov v blatu, vodenega blata in poškodb na črevesni sluznici. Z namenom omiliti posledice, ki nastanejo ob odstavitevi, se nekateri poslužujejo restriktivnega krmljenja pujskov, kar pa lahko dodatno negativno vpliva na hitrost pretoka vsebine črevesa. Kaže, da je lahko uporaba prehranske vlaknine v obrokih za tekače učinkovit ukrep za zmanjševanje poodstavitevenega stresa. Dolgo časa smo z uporabo nutritivnih antibiotikov v krmi poskušali odpraviti odstavitevne driske pri pujskih. Namen našega dela je bilo ugotoviti, kako dodatki različnih virov prehranske vlaknine (ovseni in pšenični otrobi) in dodatek rastlinskega olja vplivajo na prebavlјivost in izkoristljivost hranljivih snovi ter hitrost pretoka črevesne vsebine pri tekačih. Predpostavili smo, da pšenični in ovseni otrobi pospešijo pretok skozi prebavila (pri čemer so pšenični otrobi bolj učinkовiti), zmanjšajo prebavlјivost in izkoristljivost hranil. Dodatek lanenega olja pospeši hitrost pretoka krme skozi prebavila in poslabša prebavlјivost nekaterih hranil. V poskus je bilo vključenih 24 tekačev - kastratov, ki so bili v povprečju težki $12,5 \pm 1,03$ kg. Tekači so bili v skupinah po 6, vhlevljeni v individualne metabolne kletke, ki omogočajo ločeno spremljanje uživanja krme in kvantitativno zbiranje seča in blata. Poskus je bil razdeljen na dva dela: v prvem, ki je trajal 11 dni, smo spremljali hitrost pretoka, v drugem, ki je trajal 5 dni, pa smo ugotavljali bilanco in prebavlјivost hranljivih snovi. Pred poskusom, v uvajальнem obdobju, ki je trajalo šest dni, smo vse tekače krmili po volji, z enako krmno mešanico, kot jo je v poskusnem obdobju dobivala skupina z dodatkom škroba (Škr). V poskusnem obdobju so tekači v posameznih skupinah dobivali različno sestavljene izokalorične dnevne obroke, ki so zagotavljali 2,5-kratno kritje vzdrževalnih potreb. V vseh skupinah so tekači dobivali enak osnovni krmni obrok, ki je bil sestavljen iz koruze, sojinh tropin, posnetega mleka v prahu in dodatkov (premiks, sol, apnenec, ruckana, L-lizin in DL-metionin) in je pokrival 50 % potreb po

energiji in dopolnilni krmni obrok, ki je glede na poskusno skupino vnašal preostali del energije v obliki škroba (Škr), lanenega olja (Olj), lanenega olja in dodatka pšeničnih otrobov (Olj+Pš) ter lanenega olja in ovsenih otrobov (Olj+Ov). V poskusnih skupinah, ki so dobivale laneno olje (Olj, Olj+Ov in Olj+Pš), je le-to pokrivalo 25 % energijskih potreb, skupna količina maščob v dnevnom obroku skupin z dodatkom lanenega olja pa je pokrivala 30 % energijskih potreb (25 % iz lanenega olja in 5 % iz osnovnega obroka). V skupinah, ki so dobivale dodatek prehranske vlaknine (Olj+Ov in Olj+Pš), smo količino ovsenih in pšeničnih otrobov dodali glede na njihovo vsebnost prehranske vlaknine. Tekači v obeh skupinah so dnevno zaužili različne količine topne in netopne vlaknine, a primerljivo količino skupne prehranske vlaknine. Vsebnosti posameznih sestavin v obrokih, blatu in seču smo določili s kemijskimi analizami, ki smo jih opravili v Kemijskem laboratoriju Katedre za prehrano Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete in Kemijskem laboratoriju KGZS - Zavod Murska Sobota. ME in OS smo izračunali. Dodatek olja je statistično značilno izboljšal prebavlјivost in izkoristljivost OS glede na Olj+Pš, prebavlјivost SM glede na Škr, SV glede na Olj+Pš, Cel in KDV glede na Olj+Pš ter poslabšal prebavlјivost HCel glede na preostale poskusne skupine ter NDV glede na Škr in Olj+Pš. Dodatek otrobov v Olj+Ov je statistično značilno izboljšal prebavlјivost SM glede na Škr, HCel glede na Olj in NDV glede na Škr ter Olj+Pš. Dodatek otrobov v Olj+Pš je statistično značilno izboljšal prebavlјivost SM glede na Škr in poslabšal prebavlјivost in izkoristljivost OS ter prebavlјivost SV, Cel, HCel, NDV in KDV glede na preostale poskusne skupine. Rezultati raziskave kažejo, da dodatka različnih virov prehranske vlaknine ter dodatek lanenega olja različno vplivajo na hitrost pretoka krme ter prebavlјivost in izkoristljivost hranljivih snovi ter da njihova uporaba lahko potencialno zmanjša tudi posledice odstavitevenega stresa.

6.1 SUMMARY

Weaning period is a stressful period for piglets, which may lead to a deterioration of digestibility and effective availability of nutrients and retention of feed in the gastrointestinal tract. If food stays longer in the digestive tract, it may increase the risk of development of pathogenic micro-organisms, which leads to increased production of volatile fatty acids and carbohydrates in feces, watery feces and damage to the intestinal mucosa. In order to reduce the effects arising at weaning, some use restrictive feeding of piglets, which may also have a negative impact on the passage. It looks, that the use of dietary fiber in meals for the growers effective reduce postweaning stress. For a long time we have try with the use of antibiotics in feed eliminate weaning diarrhea in piglets. The purpose of the work was to determine how additions of different sources of fiber (oatbran, wheat bran) and the addition of vegetable oil affect the digestibility and efficiency of nutrients and feed passage in growers. We have assumed that wheat and oat bran accelerate the movement through the gastrointestinal tract, that wheat and oat bran reduce digestibility and efficiency of nutrients and the addition of linseed oil accelerates the passage rate through the digestive tract and decreased digestibility of some nutrients. Growers were in groups of 6, housed in individual metabolic cages, which allowing separate monitoring feed intake and quantitative collection of urine and feces. Before the experiment (6 days), we have feed all growers the same meal as it in trial group received group with the addition of starch (Škr). The experiment included 24 growers, which have, on average, 12.5 ± 1.03 kg. Growers were housed in individual metabolic cages. The experiment was divided into two parts. In the first part (11 days) the passage rate and in the second (5 days) nutrients digestibility and balance were observed. Growers in each treatment group were feed with different isocaloric meals, which provided 2,5 times of maintenance needs. In all groups the growers got the same basal diet (corn, soy, milk powder, premix, salt, limestone, ruckana, L-lysine and DL-methionine) which covered 50% of energy needs and supplementary diet, which, according to the experimental group provided the rest of the energy in the form of starch (Škr), linseed oil (Olj), oat bran (Olj+Ov) or wheat bran (Olj+Pš). The experimental groups whitch were given flaxseed oil (Olj, Olj+Ov, Olj+Pš), covering 25% of the energy needs, the total amount of fat in the

with the addition of linseed oil is covering 30% of the energy needs (25% from linseed oil and 5% from the basic ration). In the group that received oat- and wheat bran supplement (Olj+Ov, Olj+Pš) was the amount of oat and wheat bran added by their content of dietary fiber. Growerss in both groups daily consumed different amounts of soluble and insoluble fiber, but the comparable amount of the total dietary fiber. The inclusion of oil significantly improves the digestibility and utilisation of OM in comparison to Olj+Pš, digestibility of CF to Škr, CF to Olj+Pš, Cel and ADF to Olj+Pš and reduced digestibility HCel in comparison to all other groups and NDF in comparison to Škr and Olj+Pš. Inclusion of oat bran in Olj+Ov significantly improved the digestibility CF in comparison to Škr, HCel to Olj and NDF to Škr and Olj+ Pš. Inclusion of wheat bran in Olj+Pš significantly improved the digestibility of CF in comparison to Škr and reduced digestibility and utilisation of OM and digestibility of CF, Cel, HCel, NDF and ADF in comparison to other groups. The results show that the inclusion of different sources of fiber and of linseed oil differently effects the feed passage rate, digestibility and efficiency of nutrients utilisation in the manner that can potentially reduce the effects of weaning stress.

7 VIRI

- Aherne F. X., Danielsen V., Nielsen H. E. 1982. Fat utilization by three-week weaned pigs.
Acta Agriculturae Scandinavica, 32: 151-154
- Albin D. M., Wubben J. E., Smiricky M. R., Gabert V. M. 2001. The effect of feed intake
on ileal rate of passage and apparent amino acid digestibility determined with or
without correction factors in pigs. *Journal of Animal Science*, 79, 5: 1250-1258
- Allee G. L., Baker D. H., Leveille G. A. 1971. Fat utilization and lipogenesis in the young
pig. *Journal of Nutrition*, 101:1415-1421
- Aumaitre A., Peiniau J., Madec F. 1995. Digestive adaption after weaning and nutritional
consequences in the piglet. *Pig News and Information*, 3, 16: 73-79
- Bach Knudsen K. E., Hansen I. 1991a. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and
oat fractions. 2. Microbial activity in the gastrointestinal tract. *British Journal of
Nutrition*, 65: 233-248
- Bach Knudsen K. E., Hansen I. 1991b. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and
oat fractions. 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other
major constituents. *British Journal of Nutrition*, 65: 217-232
- Bach Knudsen K. E., Jensen B. B., Hansen I. 1993a. Oat bran but not a beta-glucan
enriched fraction enhances butyrate production in the large intestine in the pigs.
Journal of Nutrition, 123: 1235-1247
- Bach Knudsen K. E., Jensen B. B., Hansen I. 1993b. Oat bran but not a beta-glucan
enriched fraction enhances butyrate production in the large intestine in the pigs.
Journal of Nutrition, 123: 1235-1247
- Bach Knudsen K. E., Jensen B. B., Hansen I. 1993c. Digestion of polysaccharides and
other major components in the small and large intestine of pigs fed on diets
consisting of oat fractions rich in beta-D-glucan. *British Journal of Nutrition*, 70:
537-556

- Bach Knudsen K. E., Lærke H. N., Hedemann M. S. 2008a. The role of fibre in piglet gut health. V: Gut efficiency; the key ingredient in pig and poultry production. Taylor-Pickard J. A., Spring P. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 65-96
- Bach Knudsen K. E., Serena A., Jørgensen H. 2008b. Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 86: 2208-2216
- Bastianelli D., Sauvant A., Rerat A. 1996. Mathematical modelling of digestion and nutrient absorption in pigs. *Journal of Animal Science*, 74: 1873-1887
- Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P. 2009. Lipids in Food Chemistry. Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P. (eds.). Berlin, Springer: 112 str.
- Bindelle J., Buldgen A., Delacolette M., Wavreille J., Agneessens R., Destain J. P., Leterme P. 2009. Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *Journal of Animal Science*, 87: 583-593
- Bingham S. A. 1990. Mechanism and experimental epidemiological evidence relating dietary fiber (non-starch-polysaccharides) and starch to protection against large bowel cancer. *Proceedings of the Nutrition Society*, 49: 153-171
- Bolduan G., Jung H., Schnabel E., Schneider R. 1988. Recent advances in nutrition of weaner piglets. *Pig News and Information*, 4, 9: 382-385
- Bouhnik Y., Raskine L., Simoneau G., Vicaut E., Neut C., Flourié B., Brouns F., Bornet F. R. 2004. Capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate bifidobacteria in healthy humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80: 1658-1664
- Brunsgaard G. 1997. Morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and crypt fission in cecum and colon of growing pigs. *Digestive Diseases and Sciences*, 42: 2384-2393

- Buraczewska L., Swiech E., Tusnio A., Ceregrzyn M., Taciak M., Korczynski W. 2007. The effect of pectin in amino acid digestibility and digesta viscosity, motility and morphology of the small intestine, and on N-balance and performance of young pigs. *Livestock Science*, 109: 53-56
- Cartoni C., Yasumatsu K., Ohkuri K., Shigemura N., Yoshida R., Godinot N., le Coutre J., Ninomiya J., Damak S. 2010. Taste preference for fatty acids is mediated by GPR40 and GPR120. *The Journal of Neuroscience*, 30: 8376-8382
- Castillo M., Martin Orue S. M., Anguita M., Perez Gasa J. F. 2007. Adaptation of gut microbiota to corn physical structure and different types of dietary fibre. *Livestock Science*, 109: 149-152
- Cervantes-Pahm S. K., Stein H. H. 2008. Effects of soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soybean products fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86: 1841-1849
- Chaplin M. F. 2003. Fiber and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 223-227
- Chesson A. 1990. Nutritional significance and nutritive value of plant polysaccharides. V: Feedstuff evaluation. Wiseman J., Cole D. J. A. (eds.). London, Butterworths: 179-196
- Chesson A. 2006. Dietary fiber. *Food Polysaccharides and Their Applications*. 2nd ed. Alistar A. M., Philips G. O., Wiliams P. A. (eds.). Boca Raton FL, CRC Press: 629-663
- Christl S. U. 1997. Fermentation von Kohlenhydraten im Dickdarm-die Substrate und ihre Bedeutung für Kolonphysiologie und Gesundheit. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 22: 327-332
- Corring T., Aumaitre A., Durand C. 1978. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. *Nutrition & Metabolism*, 2, 22: 244-255
- Davidson M. H., McDonald A. 1998. Fiber: form and function. *Nutrition Research*, 18: 617-624

- Dégen L. 2010. Dietary influence of fiber on the energy and amino acid digestibility and its consequences for diet formulation in growing pig. Doctoral dissertation. Hungary, Kaposvár, University of Kaposvár Animal Science, Department of Animal Nutrition: 17-93
- de Lange C. F. M. 2000. Characterisation of the non-starch polysaccharides. V: Feed evaluation – principles and practice. Moughan P. J., Verstegen M. W. A., Visser Reyneveld M. I. (eds.). Wageningen, Wageningen Pers: 77-92
- de Lange C. F. M., Pluske J., Gong J., Nyachoti C. M. 2010. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. Livestock Science, 134: 124-134
- de Leeuw J. A., Bolhuis J. E., Bosch G., Gerrits W. J. J. 2008. Effects of dietary fibre on behavior and satiety in pigs. Proceedings of the Nutrition Society, 67: 334-342
- De Vries S., Pustjens A. M., Schols H. A., Hendricks W. H., Gerrits W. J. J. 2012. Improving digestive utilization of fiber-rich feedstuffs in pigs and poultry by processing and enzyme technologies: A review. Animal Feed Science and Technology, 178: 123-138
- Dilger R. N., Sands J. S., Ragland D., Aldeola O. 2004. Digestibility of nitrogen and amino acid in soybean meal with added soyhulls. Journal of Animal Science, 82: 715-724
- Dilger R. N., Adeola O. 2006. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. Journal of Animal Science, 84: 627-634
- Dove C. R. 1993. The effect of adding copper and various fat sources to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acid profiles. Journal of Animal Science, 71: 2187-2192
- Drochner W., Mayer H. 1991. Verdauung organischer Substanzen im Dickdarm verschiedener Haustiere. Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition, 22: 18-40

Drochner W. 1993. Digestion of carbohydrates in the pig. Archives of Animal Nutrition, 43: 95-116

Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing. Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry, 124: 411-421

Endres B. 1985. Fat utilization by the young pig. M.Sc. Thesis. Edmonton, Alta, University of Alberta: 130 str.

Farmer H., Petit V. 2009. Effects of dietary supplementation with different forms of flax in late-gestation and lactation on fatty acid profiles in sows and their piglets. Journal of Animal Science, 87: 2600-2613

Freeman C. P., Holme D. W., Annison E. F. 1968. The determination of the true digestibilities of interesterified fats in young pigs. British Journal of Nutrition, 22: 651-660

Gaskins H. R. 2001. Intestinal bacteria and their influence on swine growth. V: Swine Nutrition. 2nd ed. Lewis A. J., Southern L. L. (eds.). Boca Raton, FL, CRC Press: 585-608

Goering H. K. in Van Soest P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook No. 379, ARS USDA, Washington, DC.

Grieshop C. M., Reese D. E., Fahey G. C. 2001. Non-starch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. V: Swine Nutrition. Lewis A. J., Southern L. L. (eds.). Boca Raton, FL, CRC Press: 108-124

Hansen M. J., Chwalibog A., Tauson A. H. 2007. Influence of different fibre sources in diets for growing pigs on chemical composition of faeces and slurry and ammonia emission from slurry. Animal Feed Science and Technology, 134: 326-336

- Hedemann M. S., Roentved C. M., Laerke H. N., Damgaard B. M., Jensen B. B., Bach Knudsen K. E. 2003. The effect of long-term peroral administration of *Salmonella typhimurium* endotoxin and diets with contrasting carbohydrate composition on selected physiological and immunological parameters. V: Proceedings 9th International Symposium Digestive Physiology in Pigs, Banff, AB, Canada, 14. – 18. maj 2003. Edmonton, University of Alberta, Department of Agricultural, Food and Nutritional Science. 2: 114-116
- Hedemann M. S., Eskildsen M., Laerke H. N., Pederson C., Lindberg J. E., Laurinen P., Bach Knudsen K. E. 2006. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. *Journal of Animal Science*, 84: 1375-1386
- Högberg A., Lindberg J. E. 2004. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 116: 113-128
- Hooda S., Metzler-Zebeli B. U., Vasanthan T., Zijlstra R. T. 2011. Effects of viscosity and fermentability of non-starch polysaccharides on nutrient digestibility and digesta characteristics in ileal cannulated grower pigs. *British Journal of Nutrition*, 106: 664-674
- Hopwood D. E., Pethick D. W., Pluske J. R., Hampson D. J. 2004. Addition of pearl barley to a rice-based diet for newly weaned piglets increases the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post-weaning colibacillosis. *British Journal of Nutrition*, 92: 419-427
- Ikegami S., Tsuchihashi F., Harada H., Tsuchihashi N., Nishide E., Innami S. 1990. Effects of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic biliary secretion and digestive organs in rats. *Journal of Nutrition*, 120: 353-360
- Jha R., Leterme P. 2012. Feed ingredients differing in fermentable fibre and indigestible protein content affect fermentation metabolites and faecal nitrogen excretion in growing pigs. *Animal*, 6: 603-611

- Jha R., Rossnagel B., Pieper R., van Kessel A., Leterme P. 2010. Barley and oat cultivars with diverse carbohydrate composition alter ileal and total tract nutrient digestibility and fermentation metabolites in weaned piglets. *Animal*, 4: 724-731
- Johnston L. J., Noll S., Renteria A., Shurson J. 2003. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. V: Third National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry, 4. nov. 2003. Kansas City, MO: 1-26
- Jørgensen H., Just A. 1988. Effect of different dietary components on site of absorption/site of disappearance of nutrients. V: Proceedings of the Fourth International Seminar at the Institute of Animal Physiology and Nutrition, Jabłonna, Poland, 1988. Buraczewska L., Buraczewski S., Pastuszewska B., Zebrowska T. (eds.). Warszawa, Polish Academy of Sciences: 230-239
- Jørgensen H., Gabert V. M., Hedemann M. S., Jensen S. K. 2000. Digestion of fat does not differ in growing pigs fed diets containing fish oil, rapeseed oil or coconut oil. *Journal of Nutrition*, 130: 852-857
- Jørgensen H., Jakobsen K., Eggum B. O. 1992. The influence of different protein, fat and mineral levels on the digestibility of fat and fatty acids measured at the terminal ileum and faeces of growing pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science*, 42: 177-184
- Jørgensen H., Serena A., Hedemann M. S., Bach Knudsen K. E. 2007. The fermentative capacity of growing pigs and adult sows fed diets with contrasting type and level of dietary fibre. *Livestock Science*, 109: 111-114
- Jørgensen H., Jakobsen K., Eggum B. O. 1993. Determination of endogenous fat and fatty acids at the terminal ileum and on faeces in growing pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science*, 43: 101-106
- Jørgensen H., Zhao X. Q., Knudsen K. E. B., Eggum B. O. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 75: 379-395

- Just A. 1982. The influence of crude fiber from cereals on the net energy value of diets for growth in pigs. *Livestock Production Science*, 9: 569-580
- Juste C., Demarne Y., Corring T. 1983. Response of bile flow, biliary lipids and bile acid pool in the pig to quantitative variations in dietary fat. *Journal of Nutrition*, 113: 1691-1701
- Kelly D., Smyth J. A., Mc Cracken K. J. I. 1991. Digestive development of the early-weaned pig. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. *British Journal of Nutrition*, 65: 181-188
- Kil D. Y., Sauber T. E., Jones D. B., Stein H. H. 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88: 2959-2967
- Kim B. G., Lindemann M. D., Balfagon A., Agudelo J. H. 2007. The correlation between passage rate of digesta and dry matter digestibility in various stages of swine. V: 10th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Denmark, Vejle, 25. – 27. maj 2006. *Livestock Science*, 109, 1 – 3, Part 2: 81-84
- Koch V., Pavčič M. in Salobir K. 1993. Vlaknine v prehrani. V: Ogljikovi hidrati. 15. Bitenčevi živilski dnevi 93, Ljubljana, 10. – 11. jun. 1993. Plestenjak A. (ur). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilsko tehnologijo: 39-58
- Kristensen M., Jensen M. G. 2011. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 56: 65-70
- Kyriakis S. C. 1989. New aspects of the prevention and/or treatment of the major stress induced diseases of the early weaned piglet. *Pigs News and Information*, 10, 2: 177-181
- Landgraf S., Susenbeth A., Knap P. W., Looft H., Plastow G. S., Kalm E., Roehe R. 2006. Developments of carcass cuts, organs, body tissues, and chemical body composition during growth of pigs. *Animal Science*, 82: 889-899

- Le Gall M., Warpechowski M., Jaguelin-Peyraud Y., Noblet J. 2009. Influence of dietary fibre level and pelleting on the digestibility of energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Animal*, 3: 352-359
- Le Goff G., 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: 503-515
- Le Goff G., Noblet J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of Animal Science*, 79: 2418-2427
- Lee P. A., Close W. H. 1987. Bulky feeds for pigs: A consideration of some nonnutritional aspects. *Livestock Production Science*, 16: 395-405
- Len N. T., Ngoc T. B., Ogle B., Lindberg J. E. 2009. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace×Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. *Livestock Science*, 126: 73-79
- Leser T., Amenuvor J., Jensen T., Lindecrona R., Boye M., Moller K. 2002. Culture-independent analysis of gut bacteria: the pig gastrointestinal tract microbiota revisited. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 673-690
- Leterme P., Froidmont E., Rossi F., Théwis A. 1998. The high water-holding capacity of pea inner fibres affects the ileal flow of endogenous amino acids in pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 1927-1934
- Li D. F., Tahler R. C., Nelssen R. C., Harmon D. L., Allee G. L., Weeden T. L. 1990. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. *Journal of Animal Science*, 68: 3694-3704
- Li S., Sauer W. C. 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. *Journal of Animal Science*, 72: 1737-1743
- Lindberg J. E. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5: 5-15

- Lindemann M. D., Cornelius S. G., El Kandegy S. M., Moser R. L., Pettigrew J. E. 1986.
Effect of age, weaning, and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *Journal of Animal Science*, 62: 1298-1307
- Low A. G. 1993. Role of dietary fibre in pig diets. V: *Pig nutrition 2*. Cole D. J. A.,
Haresign W., Garnsworthy P. C. (eds.). Nottingham, Nottingham University Press:
137-162
- Lupton J.R., Turner N. D. 2000. Dietary fiber. V: *Biochemical and physiological aspect of human nutrition*. Stipanuk M. H, Philadelphia W. B. (eds.). New York, W. B. Saunders Company: 143-154
- Mateos G. G., Martin F., Latorre M. A., Vicente B., Lazaro R. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Journal of Animal Science*, 82: 57-63
- Metzler-Zebeli B. U., Hooda S., Mosenthin R., Ganzele M. G., Zijlstra R. T. 2001. Bacterial fermentation affects net mineral flux in the large intestine of pigs fed diets with viscous and fermentable nonstarch polysaccharides. *Journal of Animal Science*, 88: 3351-3362
- Moeser A. J., van Kempen T. A. T. G. 2002. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1606-1613
- Mongeau R., Brooks S. P. J. 2003. Dietary fibre-properties and sources. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 3. 2nd ed. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1813-1823
- Montagne L., Pluske J. R., Hampson D. J. 2003. A review of interactions between fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young nonruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108: 95-117
- Montagne L., Le Floc'h N., Arturo Schaan M., Foret R., Urdaci M. C., Le Gall M. 2012. Comparative effects of level of dietary fiber and sanitary conditions on the growth and health of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 1: 2556-2569

- Mosenthin R., Hambrecht E., Sauer W. C. 2001. Utilisation of different fibres in piglet feeds. V: Recent Development in Pig Nutrition 3. Gransworthy P. C., Wiseman J. (eds.). Nottingham, Nottingham University Press: 293-322
- Mosenthin R., Hambrecht E., Sauer W. C. 1999. Utilisation of diffrent fibres in piglet feeds. Recent advances in animal nutrition. Nottingham, Nottingham University Press: 227-257
- Mosenthin R., Sauer W. C., Ahrens F. 1994. Dietary pectin's effect on ileal and faecal digestibility and exocrine pancreatic secretion in growing pigs. Journal of Nutrition, 124: 1222-1229
- Moter V., Stein H. H. 2004. Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs. Journal of Animal Science, 82: 3518-3525
- Moughan P. J., Smith W. C., Stevens E. V. J. 1990. Allometric growth of chemical body components and several organs in the pig (20-90 kg liveweight). New Zealand Journal of Agricultural Research, 33: 77-84
- Müller V. 2008. Bacterial Fermentation. V: Encyclopedia of Life Sciences. Chichester, John Wiley&Sons: 1-8
- Ndindana W., Dzama K., Ndiweni P. N. B., Maswaure S. M., Chimonyo M. 2002. Digestibility of high fibre diets and performance of growing Zimbabwean indigenous Mukota pigs and exotic Large White pigs fed maize based diets with graded levels of maize cobs. Animal Feed Science and Technology, 97: 199-208
- Naumann K., Bassler R., Seibold R., Barth C. 1976. Methodenbuch. Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs und Untersuchungsmethodik, 3 Aufl. Melsungen, Verlag J. Neumann-Neudamm: 10-180
- Noblet J., Shi X. S. 1994. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. Livestock Production Science, 37: 323-338

NRC 1998. Nutrient Requirements of Swine. Washington, USA, National Academies Press: 391 str.

Owusu-Asiedu A., Patience J. F., Laarveld B., van Kessel A. G., Simmins P. H., Zijlstra R. T. 2006. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *Journal of Animal Science*, 84: 843-852

Pekas J. C. 1991. Digestion and absorption capacity and their development. V: *Swine Nutrition*. Miller E. R., Ullrey D. E., Lewis A. J. (eds.). Boston, Butterworth-Heinemann: 37-75

Petersen G. I., Stein H. H. 2006. Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84: 2126-2132

Pettigrew J. E. 2000. Bio-Mos effects on pig performance: A review. V: *Biotechnology in the Feed Industry*. Proceedings Alltech 16th Annual Symposium, Nottingham, 8-10 maj 2000. Lyons T. P., Jacques K. A. (eds.). Nottingham, Nottingham University Press: 31-44

Philpotts A. 2007. Effect of dietary NDF content on growth rate and efficiency of finisher pigs. A report on an internal research project conducted by Qaf Meat Industries Pty Ltd. 06N083: 1-24

Pluske J. R., Kerton D. J., Cranwell P. D., Campbell R. G., Mullan B. P., King R. H., Power G. N., Pierzynowski S. G., Westrom B., Rippe C., Peulen O., Dunshea F. R. 2003. Age, sex, and weight at weaning influence organ weight and gastrointestinal development of weanling pigs. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 515-527

Renteria-Flores J. A., Johnston L. J., Shurson G. C., Moser R. L., Webel S. K. 2008. Effect of soluble and insoluble dietary fiber on embryo survival and sow performance. *Journal of Animal Science*, 86, 10: 2576-2584

Rezar V. 2001. Vpliv dodatkov različnih virov vlaknine v obroku z velikim deležem maščob na oksidacijski stres pri prašičih. Magistrsko delo. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 130 str.

Rodriguez L., Preston T. R. 1996. Comparative parameters of digestion and N metabolism in Mong Cai and Mong Cai Large White cross piglets having free access to sugar cane juice and duck weed. *Livestock Research for Rural Development*, 8, 1: 72-81

Salobir J. 1999. Vlaknina v prehrani prašičev. V: Zbornik predavanj 8. posvetovanja o prehrani domačih živali Zadravčevi-Erjavčevi dnevi, Radenci, 28. – 29. okt. 1999. Murska Sobota, Živilorejsko-veterinarski zavod za Pomurje: 113-125

Salobir J., Rezar V. 2009. Patogeneza odstavitevnega stresa. Zbornik predavanj 18. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali "Zadravčevi-Erjavčevi dnevi". Radenci, 5. – 6. nov. 2009. Murska Sobota, Kmetijsko-gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko-gozdarski zavod: 173-184

SAS Institute Inc. 2002 – 2010. SAS/STAT 9. 3. Cary, NC, SAS Institute.

Schnabel E., Bolduan G., Guldenpenning A. 1983. Die Wirkung einer Kleiediät auf die Gesamtpassagerate und die Traktmasse beim Absetzferkel. *Archiv für Tierernährung*, 33, 4/5: 371-377

Scheppach W., Pascu M. E., Richter F. 1997. Ballststoffe, kurzkettige Fettsäuren und Kolonkarzinom. *Aktuelle Ernährungsmedizin.*, 22: 321-326

Schneeman B. O. 1998. Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutrition Research*, 4, 4: 625-632

Serena A., Jørgensen H., Bach Knudsen K. E. 2008. Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 86: 2208-2216

Shi X. S., Noblet J. 1994. Effect of body weight and feed composition on the contribution of hindgut to digestion of energy and nutrients in pigs. *Livestock Production Science*, 38: 225-235

- Souffrant W. B. 1991. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. V: Proceedings of the 5th International Symposium on digestive physiology in pigs, 24. – 26. apr. 1991. Versteegen M., Huisman J., den Hartog L. (eds.). Wageningen, Pudoc: 147-166
- Stein H. H., Trottier N. L., Bellaver C., Easter R. A. 1999. The effect of feeding level and physiological status on total flow and amino acid composition of endogenous protein at the distal ileum in swine. *Journal of Animal Science*, 77: 1180-1187
- Stopper H., Schmitt E., Kobras K. 2005. Genotoxicity of phytoestrogens. *Mutation Research*, 574: 139-155
- Thebaudin J. Y., Lefebvre A. C., Harrington M., Bourgeois C. M. 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, 8: 41-48
- Trowell H. 1972. Ischemic-heart disease and dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25: 926-932
- Urriola P. E., Stein H. H. 2010. Effects of distillers dried grains with solubles on amino acid, energy, and fiber digestibility and on hindgut fermentation of dietary fiber in a corn-soybean meal diet fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88: 1454-1462
- Urriola P. E., Shurson G. C., Stein H. H. 2009. Digestibility of dietary fiber in distillers co-products fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88: 2373-2381
- Van Soest P. J., Mc Queen R. W. 1973. The chemistry and estimation of fibre. *Proceedings of the Nutrition Society*, 32: 123-130
- Valaja J., Sijander-Rasi H. 2001. Dietary fat supplementation affects apparent ileal digestability of amino acids and digesta passage rate of rapeseed meal-based diet. V: *Digestive Physiology of Pigs, Proceedings of the 8th Symposium*. Lindberg J. E., Ogle B. (eds.). Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences: 175-178

- Vogt H., Stute K. 1971. Über die Verdaulichkeit einiger Kohlenhydratfraktionen (Zucker, Stärke, Pentosane, Rohcellulose, Lignin) im Hühnerfutter. Archiv für Geflügelkunde, 35: 29-35
- Walker A. R. P. 1993. Does the dietary fiber hypothesis really work? Cereal Foods World, 38, 3: 129-134
- Wang J. F., Zhu Y. H., Li D. F., Wang Z., Jensen B. B. 2004. In vitro fermentation of various fiber and starch sources by pig fecal inocula. Journal of Animal Science, 82: 2615-2622
- Wenjuan Zhang, Defa Li, Ling Liu, Jianjun Zang, Qiwu Duan, Wenjun Yang, Liying Zhang. 2013. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. Journal of Animal Science and Biotechnology, 4: 1-17
- Wenk C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Animal Feed Science and Technology, 90: 21-33
- Wilfart A., Montagne L., Simmins H., Noblet J., Van Milgen J. 2007. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. Livestock Science, 109: 27-29
- Williams B. A., Verstegen M. W. A., Tamminga S. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. Nutrition Research Reviews, 14: 207-227
- Wood J. D., Richardson R. I., Nute G. R., Fisher A. V., Campo M. M., Kasapidou E., Sherd P. R., Enser M. 2003. Effect of fatty acid on meat quality: A review. Meat Science, 66: 21-32
- Yen J. T. 2001. Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. Swine Nutrition 2nd ed. Lewis A. J., Southern L. L. (eds.). Boca Raton, FL, CRC Press: 32-57
- Yen J. T., Varel V. H., Nienaber J. A. 2004. Metabolic and microbial responses in western crossbred and Meishan growing pigs fed a high-fiber diet. Journal of Animal Science, 82: 1740-1755

Zervas S., Zijlstra R. T. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. Journal of Animal Science, 80: 3247-3256

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici, doc. dr. Vidi Rezar, in somentorju, prof. dr. Janezu Salobirju, za potrpežljivost, nesebično pomoč in vsestransko podporo pri izdelavi magistrske naloge. Zahvala gre tudi prof. dr. Andreju Lavrenčiču, doc. dr. Špeli Malovrh in doc. dr. Marini Štukelj za pregled naloge in dr. Nataši Siard za pregled oblike bibliografskega dela. Hvala tudi ga. Slavici Božič za lektoriranje naloge.

Srčno hvala prof. dr. Mileni Kovač, ki me je vsa leta vzpodbjala k dokončanju magistrskega dela in mi pomagala s koristnimi nasveti.

Iskrena hvala moji Ireni, Urški in Maticu, ki so mi vseskozi stali ob strani in me tudi v najtežjih trenutkih razumeli ter usmerjali h končnemu cilju.

Posebna zahvala pa gre mojima pokojnima staršema, ki sta me skozi celotno študijsko obdobje podpirala, da sem lahko dosegel zastavljene cilje. Žal mi je, ker nista z mano. Hvala vama za vse in v zahvalo vama posvečam to magistrsko delo.

Hvala tudi vsem ostalim, ki so mi nudili pomoč, a jih nisem uspel posebej omeniti.