

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití vedlejších produktů zemědělské výroby v krmných  
směsích králíků  
Diplomová práce**

**Bc. Adéla Hartová  
Výživa zvířat**

**Doc. Ing. Zdeněk Volek Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Využití vedlejších produktů zemědělské výroby v krmných směsích králíků " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. dubna 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Doc. Ing. Zdeňku Volkovi Ph.D., za pomoc, čas, ochotu a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala pracovníkům z VÚŽV, v.v.i. v Uhříněvsi za pomoc při získávání dat a poskytnutí rad. Dále rodině a blízkým za podporu a trpělivost po celou dobu studia.

# Využití vedlejších produktů zemědělské výroby v krmných směsích králíků

## Souhrn

Diplomová práce se zabývala možnostmi zařadit kukuřičné otruby do kompletních granulovaných krmných směsí pro vykrmované králíky. Běžně se ve výživě králíků používají otruby pšeničné, vhodné se zdají být i žitné otruby. Využití kukuřičných otrub v krmných směsích faremně chovaných králíků se však doposud nesledovalo. Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda kukuřičné otruby mohou plně nahradit pšeničné otruby či žitné otruby. Byly sledovány následující ukazatele užitečnosti: průměrný přírůstek živé hmotnosti, spotřeba krmiva, konverze krmiva a sanitární index. V části literární rešerše byla pozornost soustředěna k historii chovu králíka a jeho využití, produkci masa, základním informacím o živinách a trávicím traktu králíka, zmíněny byly některé vedlejší produkty zemědělské výroby či doplňková krmiva, a také problematika cirkulární ekonomie. Byly vytvořeny 3 krmné směsi. Diety měly velmi podobné složení s úpravou dle potřeby živin a energie, lišily se v použitých otrubách. Kontrolní směs obsahovala 32 % pšeničných otrub, druhá krmná směs obsahovala 32 % kukuřičných otrub a třetí dieta 32 % žitných otrub. Sledováno bylo celkem 150 králíků HYPLUS (PS 19 x PS 40) odstavených ve 32 dnech věku. Králíci byli rozděleni do tří skupin po 50 králíčích, umístěných po 5 v kleci. Každá skupina byla krmena jednou směsí *ad libitum*. Výkrm byl ukončen porážkou v 81. dni věku. Průměrný denní přírůstek, který se za celou dobu výkrmu nelišil, činil 42 g/den, porážková hmotnost byla v průměru 2 855 gramů. Spotřeba krmiva byla výrazně nižší u směsi z kukuřičných otrub oproti ostatním dietám (131 vs. v průměru 139 g/den;  $P=0,014$ ). Taktéž konverze krmiva byla u skupiny králíků krmných směsí s kukuřičnými otrubami lepší (3,13 vs. v průměru 3,30;  $P=0,002$ ). Dále bylo sledováno 10 králíků / skupina, mezi 57. a 61. dnem věku, u kterých byla stanovena stravitelnost krmných směsí zaměřená na stravitelnost organické hmoty, hrubého proteinu, škrobu, neutrálně detergentní vlákniny, acidodetergentní vlákniny (ADF) a energie, a také aktivita pankreatických enzymů a koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva. Statisticky významné rozdíly byly zaznamenány u stravitelnosti hrubého proteinu a ADF, ostatní parametry byly stejné. U králíků krmných dietou s kukuřičnými otrubami byla snížena stravitelnost hrubého proteinu (0,707 vs. v průměru 0,734;  $P=0,006$ ). Směs s žitnými otrubami vykazovala statisticky nižší stravitelnost ADF oproti ostatním dietám (0,153 vs. v průměru 0,212;  $P=0,017$ ). U těchto králíků byla také sledována enzymatická aktivita. U králíků krmných dietou s žitnými otrubami byla zaznamenána vyšší proteolytická aktivita (190 vs. v průměru 157 mg azokaseinu / g sušiny / h;  $P=0,040$ ), lipolytická aktivita (7 vs. v průměru 6 mmol butyrátu / g sušiny / h;  $P=0,078$ ) a též koncentrace kyseliny sialové (1,8 vs. v průměru 1,2  $\mu\text{g}$  / g sušiny vzorku;  $P=0,021$ ).

Dle dosažených výsledků lze potvrdit, že je možné nahradit pšeničné otruby či žitné otruby ve výživě výkrmových králíků kukuřičnými otrubami a rozšířit tak seznam krmných surovin uplatňovaných při sestavování krmných směsí.

**Klíčová slova:** králík, krmná směs, pšeničné otruby, žitné otruby, kukuřičné otruby, výkrm, užitečnost, trávení



# Utilization of agro-industrial by-products in rabbit diets

## Summary

The diploma thesis dealt with the possibility of including corn bran in complete granulated feed mixes for fattened rabbits. Wheat bran is commonly used in rabbit nutrition, and rye bran also seems to be suitable. However, the use of corn bran in feed mixtures for farm-raised rabbits has not yet been investigated. The aim of this thesis was to find out whether corn bran can fully replace wheat bran or rye bran. The following performance indicators were monitored: average live weight gain, feed consumption, feed conversion and sanitary index. In the part of the literature search, attention was focused on the history of rabbit breeding and its use, meat production, basic information about nutrients and the rabbit's digestive tract, some by-products of agricultural production or supplementary feed were mentioned, as well as the issue of the circular economy. Three feed mixtures were created. The diets had a very similar composition with adjustments according to the need for nutrients and energy, they differed in the bran used. The control compound contained 32% wheat bran, the second feed compound contained 32% corn bran, and the third diet contained 32% rye bran. A total of 150 HYPLUS rabbits (PS 19 x PS 40) weaned at 32 days of age were monitored. They were divided into three groups of 50 rabbits placed five per cage. Each group was fed one mixture ad libitum. Fattening was finished with slaughter on the 81st day of age. The average daily gain, which did not differ during the entire fattening period, was 42 g/day, the slaughter weight was 2,855 grams on average. Feed consumption was significantly lower on the corn bran mixture compared to the other diets (131 vs. 139 g/day on average;  $P=0.014$ ). Feed conversion was also better in the group of rabbits fed the mixture with corn bran (3.13 vs. 3.30 on average;  $P=0.002$ ). Furthermore, 10 rabbits/group were monitored, between the 57th and 61st day of age, in which the digestibility of feed mixtures focused on the digestibility of organic matter, crude protein, starch, neutral detergent fiber, acid detergent fiber (ADF) and energy was determined, as well as the activity of pancreatic enzymes and concentration of sialic acid in the contents of the small intestine. Statistically significant differences were noted for crude protein digestibility and ADF, other parameters were the same. Crude protein digestibility was reduced in rabbits fed the corn bran diet (0.707 vs. mean 0.734;  $P=0.006$ ). The rye bran mixture showed a statistically lower ADF digestibility compared to the other diets (0.153 vs. 0.212 on average;  $P=0.017$ ). Enzyme activity was also monitored in these rabbits. In rabbits fed a diet with rye bran, a higher proteolytic activity was recorded (190 vs. on average 157 mg azocasein / g dry weight / h;  $P=0.040$ ), lipolytic activity (7 vs. on average 6 mmol butyrate / g dry matter / h;  $P=0.078$ ) and also the concentration of sialic acid (1.8 vs. on average 1.2  $\mu\text{g}$  / g dry matter of the sample;  $P=0.021$ ).

According to the achieved results, it can be confirmed that it is possible to replace wheat bran or rye bran in the nutrition of fattening rabbits with corn bran and thus expand the list of feed ingredients used in the composition of feed mixtures.

**Keywords:** rabbit, compound feed, wheat bran, rye bran, corn bran, fattening, performance, digestion

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Historie chovu králíků .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Význam chovu králíka .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Produkce a kvalita králíčího masa.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Církulární ekonomika.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 Živiny a energie v krmných směsích intenzivně chovaných králíků .....</b>	<b>14</b>
3.5.1 Bílkoviny.....	14
3.5.2 Energie .....	14
3.5.3 Dietní vláknina .....	15
3.5.3.1 Celulóza.....	15
3.5.3.2 Hemicelulózy.....	16
3.5.3.3 Lignin.....	16
3.5.3.4 Pektiny .....	16
3.5.4 Škrob .....	16
3.5.5 Lipidy.....	16
<b>3.6 Trávicí trakt .....</b>	<b>17</b>
3.6.1 Vývoj trávicího traktu .....	17
3.6.2 Onemocnění trávicího traktu.....	17
3.6.3 Žaludek.....	17
3.6.4 Střevo .....	18
3.6.4.1 Tenké střevo .....	18
3.6.4.2 Slepé střevo .....	18
3.6.4.3 Tlusté střevo .....	18
3.6.5 Cékotrofie .....	18
<b>3.7 Forma krmiva .....</b>	<b>19</b>
<b>3.8 Specifikace živinových potřeb pro hlavní kategorie králíků .....</b>	<b>19</b>
3.8.1 Výkrm.....	19
3.8.2 Chovná zvířata .....	19
<b>3.9 Vedlejší produkty zemědělské výroby a alternativní krmné komponenty... 20</b>	
3.9.1 Vedlejší produkty.....	21
3.9.1.1 Cukrovarské řízky.....	22
3.9.1.2 Sušené obilné výpalky.....	22

3.9.1.3	Pšeničné otruby.....	22
3.9.1.4	Žitné otruby.....	23
3.9.1.5	Lupinové otruby .....	23
3.9.2	Alternativní doplňková krmiva.....	23
3.9.2.1	Byliny .....	23
3.9.2.2	Řasy .....	24
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Použité otruby a krmné směsi .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Užitkovost zvířat.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Stravitelnost živin, hydrolytická aktivita pankreatických enzymů, koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva, parametry slepého střeva.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Analýzy .....</b>	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Statistické zpracování .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Chemické složení použitých pšeničných, kukuřičných a žitných otrub .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Užitkovost králíků.....</b>	<b>32</b>
5.2.1	Stravitelnost diet.....	35
5.2.2	Vliv diet na parametry slepého střeva .....	36
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>39</b>
<b>6.1</b>	<b>Chemické složení kukuřičných otrub .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2</b>	<b>Charakteristika slepého střeva.....</b>	<b>39</b>
<b>6.3</b>	<b>Stravitelnost živin .....</b>	<b>40</b>
<b>6.4</b>	<b>Aktivita proteolytických enzymů.....</b>	<b>40</b>
<b>6.5</b>	<b>Růst, příjem krmiva, konverze krmiva a zdravotní stav.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Nárůst plýtvání potravinami je celosvětový problém posledních desetiletí. Každoročně se vyplývá a ztratí během celého řetězce výroby potravin přibližně 931 miliónů tun potravin (World economic forum 2021). Do roku 2050 se predikuje vzrůst světové populace až k 9,8 miliardám, což může vést k daleko většímu nárůstu odpadů (United Nations 2017), při paradoxně současném zvýšení poptávky po kvalitních potravinách. Proto nalézt rovnováhu mezi plýtváním s potravinami, s využitím odpadů potravinářského průmyslu v podobě krmiv, a obecně zefektivněním celého procesu produkce potravin je jedním z nejobtížnějších úkolů této i budoucích generací (Duque-Acevedo et al. 2020). Náklady na krmivo představují 40 – 60 % z celkových nákladů chovu, někde dosahují až 70 %. Účinné využívání krmiv je tedy klíčovým kritériem pro zlepšení hospodářské i enviromentální udržitelnosti zemědělského podniku (Gidenne et al. 2017).

Výroba a složení krmiv a jejich dopad na životní prostředí je stále častějším předmětem diskusí na úrovni různých odborných platforem, a z těchto diskusí pak obvykle vycházejí podklady pro nové normy a směrnice Evropské unie. Obecně dnes platí teze, že v praxi je potřeba produkovat a používat krmné směsi, ve kterých bude minimální podíl zdrojů, které mohou být zároveň lidskou potravinou. Tedy využívat vedlejší produkty výroby potravin, které snižují využívání obdělávané půdní plochy, a tak podporovat myšlenku oběhového hospodářství (Sandström et al. 2022; Van Zanten et al. 2023).

Stejně jako u jiných hospodářských zvířat, tak také v případě faremního chovu králíků, je potřeba najít alternativní a ekonomicky udržitelné systémy produkce, které budou v souladu s nově vznikajícími normami v oblasti dobrých životních podmínek zvířat. Kromě užitekosti zvířat je tak potřeba navrhnout strategie trávení, které budou příznivě působit na zdraví trávicího traktu králíků. Zejména se jedná o období kolem odstavu králíků, ve kterém jsou náchylní k poruchám trávení (Al-Soufi et al. 2022). Králík je schopen využít řadu vedlejších produktů, které nejsou určeny jako primární potraviny, a tak je vhodný k přeměně méněcenných produktů na kvalitní maso. Tato krmiva obsahují v převážné míře neškrobové polysacharidy, pro jejichž využití je trávicí trakt králíka dokonale vybaven. Kromě vyšší míry zařazování prověřených vedlejších produktů zemědělské výroby je však potřeba zkoušet nová krmiva, která budou splňovat kritéria oběhového hospodářství, a tím rozšiřovat výběr komponent pro krmné směsi. Do krmných směsí se běžně používají pšeničné otruby, cukrovarské řízky, extrahované šroty a podobně. Nabízejí se i žitné (Volek et al. 2023) nebo kukuřičné otruby a další druhotné produkty z výroby potravin.

Vliv dietního zařazení kukuřičných otrub na zdraví, dostupnost živin a efektivnost využití krmiva u intenzivně chovaných králíků však doposud nebyl sledován. Cílem předkládané diplomové práce tak bylo získat originální výsledky týkající se možného využití kukuřičných otrub ve výkrmových dietách králíků. Kukuřičné otruby byly porovnány s pšeničnými a žitnými otrubami.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem diplomové práce bylo porovnat vliv dietního zařazení kukuřičných otrub s pšeničnými a žitnými otrubami z pohledu růstu, příjmu krmiva, konverze krmiva a stravitelnosti diet u vykrmovaných králíků.

Hypotéza: Kukuřičnými otrubami lze v kompletních výkrmových dietách králíků zcela nahradit žitné či pšeničné otruby.

### 3 Literární rešerše

Králíci mají řadu aspektů, pro které je lze považovat za ideální hospodářská zvířata pro produkci masa. Jedná se o krátký životní cyklus, krátkou dobu březosti, plodnost, dobrou konverzi krmiva s odpovídajícím přírůstkem (Lebas et al. 1997). Díky své fyziologii trávení může králík využívat krmivo bohaté na dietní vlákninu, přičemž přeměňuje asi 20 % získaných bílkovin na kvalitní maso (Dalle Zotte et al. 2014), při snížené potřebě krmiv určených primárně pro humánní výživu (Dalle Zotte & Szendrö 2011).

#### 3.1 Historie chovu králíků

Zoologický původ králíků je již v pozdním eocénu, přibližně před 45 miliony let (Cheeke & Amberg 1973). Prvně se králíci vyskytovali v mongolské oblasti, odkud se šířili do Asie, Evropy i Ameriky. Již v této době sloužil králík jako potrava pro výživu lidí (Petracci et al. 2018). Králíci se v Evropě začali ve větší míře chovat a jíst ve starověku, hlavně během doby železné v celé středomořské pánvi a na Pyrenejském poloostrově (Davis & Vilhena 2017). V době římské říše byl další rozvoj chovu králíků, kde se částečně domestikovali a chovali se v takzvaných „leporariích“, které můžeme přirovnat k oborám s divokou zvěří (Irving-Pease et al. 2018). Kolem roku 600 našeho letopočtu začala ve francouzských kláštrech pokročilejší domestikace (Verga et al. 2009). V počátečních fázích byl chov králíků omezen na oblast Středomoří (Caeneiro et al. 2014). Z těchto poznatků je možné usoudit, že domestikace králíků byla oproti domestikaci jiných hospodářských zvířat velice pozdní (Smil 2013).

Ale i přes pozdní domestikaci byla většina plemen vyšlechtěna již v 16. století. A to zejména díky tomu, že chov králíků vyžaduje minimální požadavky na zemědělskou půdu, a proto byl lehce začleněn do městského života (Petracci et al. 2018). Na začátku 19. století se tak domestikovaný králík stává hospodářským zvířetem po celé Evropě. Je chován pro produkci masa a kožešin, ale také se z něj stává častý domácí mazlíček (Dalle Zotte 2014).

Intenzivní chov králíků byl poprvé uskutečněn v roce 1920 v jižní Kalifornii, později v roce 1970 pak v Itálii, Španělsku, Francii a Německu (Lebas et al. 1997).

Ve světě je již nad 150 plemen králíků, z toho je v České republice uznáno 65 plemen. Česká republika má také plemena králíků vedena v Národním programu genetických zdrojů. Jedná se o plemena český albín, český červený, český černopesíkatý, český strakáč, moravský bílý hnědooký a moravský modrý (Zadina 2003). V intenzivních faremních chovech se využívají hybridní kombinace králíků. Západní produkci králíků dominují tři francouzské selekční společnosti (Eurolap, Hycrole a Hypharm), které ovládají většinu evropského trhu (Cullere & Dalle Zotte 2018).

### 3.2 Význam chovu králíka

Králíci se chovají pro masnou produkci (Volek 2020). Dále, zejména z historického pohledu, se králíci chovali pro produkci kvalitní kůže a vlny (Kálal 1942). Králíci se též využívají ve výzkumu lidských nemocí (Esteves et al. 2018). V posledních letech je králík chován také jako mazlíček, může se využívat v zoorehabilitaci apod. (Zita et al. 2013).

### 3.3 Produkce a kvalita králíčího masa

Produkce králíčího masa se ve světě v současné době pohybuje kolem 1,5 milionu tun (Trocino et al. 2019). Světová produkce tohoto masa se od roku 1998 do roku 2017 zvýšila o přibližně 85 %. Hlavním producentem je Asie, kde dochází naopak k největšímu zvýšení produkce oproti Evropě a Jižní Americe, kde dochází k poklesu produkce králíčího masa (Volek 2020). Evropská unie je po Číně druhým největším světovým producentem králíčího masa. Mezi největší producenty Evropské unie patří Španělsko, Francie a Itálie (Cullere & Dalle Zotte 2018).

Králíčí maso má všeobecně velmi vysoké nutriční a dietetické vlastnosti (Kumar et al. 2023), ale není tak běžné oproti jiným druhům masa (Petracci et al. 2018).

Na kvalitu masa má vliv genetika, plemenná příslušnost, pohlaví, věk při porážce, životní prostředí, ve kterém žije, systém chovu, krmivo a podmínky porážky (Kumar et al. 2023).

Králíčí maso je libové, bohaté na bílkoviny, esenciální aminokyseliny (Hernández & Dalle Zotte 2020), draslík, selen a vitamíny B, hlavně vitamin B12 (Dalle Zotte & Szendrö 2011). Nutriční profil králíčího masa má ve srovnání s hovězím, vepřovým, a dokonce i drůbežím masem vyšší podíl polynenasycených mastných kyselin řady n-3 a n-6 a nízké množství cholesterolu, intramuskulárního tuku a sodíku, proto má své výhody na vliv lidského zdraví (Kumar et al. 2023). Díky nižšímu množství soli, purinových látek a železa, které mohou způsobit závažné zdravotní problémy (Babinszky et al. 2019), je králíčí maso považováno za zdravotně nezávadné a dietní. Je doporučováno pro pacienty s hypertenzí, hyperlipidemií, kardiovaskulárními a cerebrovaskulárními onemocněními (Chen et al. 2021). Jedinou nevýhodou, je nižší trvanlivost masa, kvůli vysokému množství polynenasycených mastných kyselin, protože maso rychleji oxiduje. Oxidaci lze omezit fortifikací krmné směsi o vitamín E (Hernández & Dalle Zotte 2020).

Oproti ostatním hospodářským druhům zvířat má králík vyšší potenciál pro komerční produkci masa. Jelikož má kratší životní a reprodukční cyklus, za kratší dobu březosti produkuje velké množství potomstva, lépe toleruje změny podmínek prostředí, rychleji roste do porážkové hmotnosti, kdy během 3 - 4 měsíců dorůstá do 2 - 2,5 kilogramů, u novějších hybridů i rychleji (Kumar et al. 2023).

Míra spotřeby králíčího masa postupně oproti jiným druhům masa klesá (Cullere et al. 2018). Priorita spotřebitelů je obvykle dána vhodností masných výrobků, zejména na rychlou

úpravu (Brunner et al. 2010). Pokrmy na bázi králíčoho masa jsou spojeny s tradičními recepty, trvají dlouhou dobu přípravy a jsou potřebné specifické kulinářské dovednosti k výrobě pokrmů (Albonetti et al. 2017), což snižuje zájem spotřebitelů koupit králíčoho maso. Tento problém by mohl být překonán výrobou takových produktů, které budou připravené k rychlé úpravě či přímé spotřebě (Kumar et al. 2023).

Je potřeba podpořit a zlepšit strukturální stabilitu chovu králíků. Zajištění udržitelné budoucnosti chovu králíků by zaručilo přežití znalostí a technických odborností, které byly vyvinuty v průběhu desetiletí za pomoci velkých investic a úsilí, a lze je považovat za kulturní dědictví (Cullere & Dalle Zotte 2018). Jednou z velkých výzev, jak dát chovu králíků pro masnou produkci nový význam, je v co možná nejvyšší míře zařadit faremní chov králíků do hodnotového řetězce výroby potravin. Zajistit udržitelnost chovu prostřednictvím postupů naplňujících myšlenku cirkulární ekonomiky.

### **3.4 Cirkulární ekonomika**

Oběhové hospodářství je v současné době populární koncept prosazovaný Evropskou unií, národními vládami i podniky po celém světě (Korhonen et al. 2018).

Cirkulární ekonomika se snaží nastavit rozumné plýtvání na trhu (Kumar et al. 2019). Kvůli neustálému růstu populace i její spotřeby je zvyšována poptávka po potravinách (Toop et al. 2017). Zemědělsko-potravinářský sektor na celém světě však čelí výzvám vyčerpání zdrojů a surovin, nedostatku potravinových zdrojů a zmíněnému plýtváním potravin (Mor et al. 2021).

Moderní zemědělský systém je nevhodný, neboť Evropa vyprodukuje kolem 700 milionů tun zemědělsko-potravinářského odpadu (Toop et al. 2017). Tradiční výrobní systémy jsou založeny na lineární ekonomice, kde jsou přírodní zdroje přeměňovány na produkty a nevyužitý odpad (Murray et al. 2017).

V zemědělsko-potravinářském řetězci je cílem oběhového hospodářství snížit množství odpadu, a zároveň co nejlépe využít odpady za použití ekonomiky životaschopných procesů a postupů ke zvýšení hodnoty těchto odpadů (Toop et al. 2017). Proto účastníci tohoto sektoru a vědci hledají řešení pro udržitelnost a metody optimalizace zdrojů.

Oběhové hospodářství je jedním z kroků k udržitelnosti (Mor et al. 2021). Cirkulární ekonomika hledá řešení pro sledovatelnost potravin, transparentnost, integraci a udržitelnost. Snížení objemu odpadu aplikací cirkulárních modelů podnikání, může vést k obrovským přínosům. Ačkoli je oběhové zemědělství zatím novým konceptem, pro zemědělsko-potravinářský sektor v rozvojových a nerozvinutých ekonomikách existuje vynikající příležitost k podpoře udržitelných postupů v potravinovém řetězci. Takový přístup by pomohl dosáhnout několika udržitelných cílů na celém světě (Kumar et al. 2019).

Produkce a spotřeba potravin přímo ovlivňuje bezpečnost a kvalitu potravin a nepřímo ovlivňuje životní prostředí a celkové lidské zdraví (Gibin et al. 2022). Většina populace si



neuvědomuje, že plýtvání potravinami je celosvětově významným problémem. Přibližně jedna třetina všech potravin vyrobených na celém světě se z různých důvodů promrhá, což odpovídá 1,3 miliardám tun ročně. Vyspělé země ne hospodaří s potravinami lépe než zaostalé nebo rozvíjející se země. Odpad vznikající z potravin také vede k mrhání různými zdroji, jako je voda, půda, práce, energie a kapitál. Kromě ztráty přírodních zdrojů vedou emise skleníkových plynů ke globálnímu oteplování a změně klimatu, a tím způsobují degradaci životního prostředí a ekologie. Kromě toho je základním faktorem této koncepce potřeba snížit spotřebu zdrojů a vypouštění odpadu do životního prostředí. Základní principy oběhového hospodářství zůstávají stejné i v sektoru zemědělství (Mor et al. 2021).

V cirkulárním zemědělství lze odpad použít jako organický materiál ke zlepšení a vývoji novějších a lepších produktů, včetně potravinářských plodin, zeleniny, ovoce, krmiva, energie a hospodářských zvířat (Lezoche et al. 2020).

Oběhové hospodářství je vnímáno jako možné řešení pro zachování zdrojů a snížení nákladů způsobených výrobními systémy a tím podporuje přechod k udržitelnému rozvoji (Esposito et al. 2020). Přijetí oběhové ekonomiky na průmyslové úrovni může najít příležitost v oblasti ekologického designu produktů, inovací obchodních modelů, digitalizace a zpětné logistiky. Nové technologie a metody dodavatelského řetězce definují budoucnost zemědělsko-potravinářských systémů, které budou označeny jako Agri-Food 4.0 v souladu s Průmyslem 4.0 (Mesa et al. 2019).

Snižovat ztráty v potravinovém řetězci a zaručit udržitelnost výroby, zpracování a spotřeby potravin lze tím, že lidmi nepoživatelné produkty vyrobeny v potravinovém řetězci a velké množství odpadů z biomasy lze využít jako vedlejší produkty ke zkrmení (Rakita et al. 2021; Sandström et al. 2022). Začlenění vedlejších produktů do krmiva zvířat představuje významnou příležitost pro rozvoj oběhového hospodářství, které zlepšuje hospodářskou a environmentální udržitelnost (Murray et al. 2017, Govoni et al. 2023; Van Zanten et al. 2023). Vedlejší produkty agro-potravinářského průmyslu mají několik výhod, mezi které patří snižování nákladů na výrobu krmiv a krmných směsí, mohou zlepšovat kvalitu živočišných produktů a udržitelnost (Sandström et al. 2022; Vastolo et al. 2022). Přibližně 40 % odpadu vzniká loupáním vnějších vrstev nebo odstraňováním vnitřních semen. Plýtvání potravinami lze předejít, pokud se použijí slupky ovoce, zeleniny či slupek po vymletí obilí. Dokonce i semínka z melounu, vodního melounu nebo dýně lze sušit na slunci a pražit, aby z nich byly ořechy, které obsahují různé minerály a vitamíny (Mor et al. 2021). Pro zlepšení životního prostředí by mohly zemědělsko-průmyslové druhotné ex-potraviny představovat část krmné složky ve výživě zvířat (Pinotti et al. 2021).

V uvedeném pojetí budoucích zemědělsko-potravinářských systémů může faremní chov brojlerových králíků sehrávat zajímavou roli. Na rozdíl od dalších monogastrických hospodářských zvířat (především drůbeže, ale i určitých kategorií prasat) je výživa králíků tradičně založena na využívání oběhových krmiv, protože díky značné mikrobiální aktivitě ve fermentačních oddílech trávicího traktu králíka, koprofagii a cékotozii, jsou tyto odpady

recyklovány na kvalitní krmivo (Volek et al. 2013). Základní komponenty pro krmné směsi králíků představují pšeničné otruby, které pro svou kvalitu mohou být využívány i pro jiná hospodářská zvířata. Podstatou oběhového hospodářství je využívat co nejširší seznam oběhových krmiv a zkoušet využívat i méně známá či nevyzkoušená krmiva. V tomto ohledu lze u králíků rozšířit sortiment oběhových krmiv o další druhy otrub, například žitných či kukuřičných. V případě žitných otrub se zdá, že mohou být výborným oběhovým krmivem pro krmné směsi faremně chovaných králíků (Volek et al. 2023), v případě kukuřičných otrub však informace, týkající se využití tohoto druhu otrub v krmných směsích intenzivně chovaných brojlerových králíků, chybí. Snahou předkládané diplomové práce proto bylo tyto chybějící informace doplnit

### **3.5 Živiny a energie v krmných směsích intenzivně chovaných králíků**

Správné složení živin v krmné dávce je nedílnou součástí pro zajištění optimálního zdravotního stavu zvířat, vhodné kondice králíků, dostatečných přírůstků a tím budoucího zisku chovu.

#### **3.5.1 Bílkoviny**

Požadavky na bílkoviny a aminokyseliny (AA) jsou u mladých králíků relativně vysoké, a to nejen kvůli růstu svalové hmoty, ale také kvůli vysoké potřebě růstu střev a udržení zdravé střevní sliznice (Carabaño et al. 2008). Potřebné množství se vyjadřuje v hrubém proteinu. U kojících a březích králic se potřeba hrubého proteinu pohybuje mezi 175 do 195 g na kg, u rostoucích králíků 150 - 160 g na kg krmiva (Xiccato & Trocino 2020). Luskoviny a olejniny obsahují vyšší podíl albuminů a globulinů oproti obilninám. Bílkoviny luskovin jsou tedy bohatší na esenciální aminokyseliny, zejména pak lysin, a jsou stravitelnější oproti bílkovinám obilnin. V Evropě se z bílkovinných krmiv používají pro krmné směsi králíků zejména sójové a slunečnicové šroty v množství 80 - 90 g/kg diety (Villamide et al. 2020a), také řepkový extrahovaný šrot (do 10 %) a semena lupiny bílé (Volek et al. 2018). Nejvíce limitujícími esenciálními aminokyselinami ve výživě králíků jsou treonin, methionin, cystin a lysin. Minimální potřeba sírných aminokyselin u rostoucích králíků je 5,4 g na kg, u laktujících králic až 6,3 g, pro vyšší produkci je však zapotřebí větší množství, až kolem 7,8 g (Xiccato & Trocino 2020). Nadbytek aminokyselin má opačné následky, králíci mají nižší přírůstek a je zvýšená úmrtnost (De Blas & Mateos 2020).

#### **3.5.2 Energie**

Ve výživě králíků se stejně jako u ostatních zvířat využívá pro vyjádření energetické potřeby a nutriční hodnoty krmiva hrubá, stravitelná, metabolizovatelná a čistá energie. Na rozdíl od jiných hospodářských zvířat, u králíků není jasně stanoveno, která z energií by se měla používat. Nejčastěji se při sestavování krmných směsí, jak v případě komerčních diet, tak i ve vědeckých studiích vyjadřuje potřeba energie jako potřeba stravitelné energie (Xiccato & Trocino 2020). Jsou již snahy o nahrazení vyjádření potřeby stravitelné energie, potřebou

metabolizovatelné či netto energie (Villamide et al. 2020b). Množství energie, kterou králík potřebuje, závisí na plemeni, věku, klimatických podmínkách a kategorii (Xiccato & Trocino 2020). Dobrovolný příjem stravitelné energie u rostoucích králíků je přibližně 900 -1000 kJ na den na 1 kilogram hmotnosti králíka, u kojících až 1300 kJ (Lebas 1989). Záchovné množství stravitelné energie je mnohokrát menší, přibližně kolem 400 kJ (Partridge 1989).

### 3.5.3 Dietní vláknina

Králíci mají uzpůsobenou fyziologii trávení k vysokému příjmu buněčných stěn rostlin. Vláknina je proto podstatnou složkou krmiva (Gidenne 2003), jejíž vhodný obsah v krmné směsi příznivě ovlivňuje zejména zdraví trávicího traktu, dobrý odchov a přípravu na reprodukci (Volek 2020). Pro prevenci zažívacích potíží u králíků je nezbytný dostatečný příjem vlákniny (Gidenne 2003). Degradace vlákniny je určena mikrobiální aktivitou, dobou retence tráveniny ve slepém střevě a chemickým složením a strukturou vlákniny (Gidenne et al. 2020a). Nízký příjem vlákniny je příčinou nižšího růstu králíků během dvou týdnů po odstavu (Gidenne & Jehl 1999). Trávením vlákniny se částečně pokrývá i příjem energie (Gidenne et al. 2020a).

Vlákninu lze rozdělit do dvou skupin, a to rozpustnou a nerozpustnou ve vodě (Gidenne 2003).

Nerozpustnou vlákninu představuje, podle použité metody stanovení vlákniny na základě frakcionace buněčných stěn, neutrálně detergentní vláknina (NDF). Tato frakce buněčných stěn je složena z celulózy a ligninu (ADF – acidodetergentní vláknina) a hemicelulózy a ve vodě nerozpustného pektinu. Její množství je nejdůležitějším faktorem při regulaci rychlosti průchodu tráveniny trávicím traktem a mikrobiální aktivity (García et al. 2002).

Polysacharidy a oligosacharidy, představující rozpustnou vlákninu, jsou přítomny v buněčném obsahu. Rozpustné vlákniny by mělo být v dietách vykrmovaných králíků obsaženo cca 12 % (Trocino et al. 2013). Zahrnutí rozpustné vlákniny do diet králíků podporuje růst střevních klků a aktivitu enterocytů (Carabaño et al. 2008).

Je nutné dodržovat vhodné poměry rozpustné vlákniny, neutrálně detergentní vlákniny, acidodetergentní vlákniny a ligninu při sestavování krmných směsí pro udržení dobrého zdravotního stavu králíka (Volek 2020). Největší vliv na zdraví odstavených králíků má ADF, když se zvyšuje její množství, snižuje se úmrtnost králíků.

#### 3.5.3.1 Celulóza

Hlavním strukturálním polysacharidem buněčné stěny je celulóza, která tvoří oporu rostliny. Je rozpustná a částečně hydrolyzovaná v silných kyselinách. Obsah celulózy v sušině je různý, například ve slupkách luštěnin a olejnatých semen je 40 - 50 %, v pícech a řepných řízcích 3 - 15 %, ve většině obilovin 1 - 5 %, krom ovsu, kde je 10 % (Gidenne 2003). Denní příjem celulózy by měl být 11 - 12 gramů (Gidenne et al. 2020b).

### 3.5.3.2 Hemicelulózy

Hemicelulózy jsou skupinou několika polysacharidů s nižším stupněm polymerace než celulóza. Hemicelulózy patří do skupiny polysacharidů a oligosacharidů rozpustných i nerozpustných ve vodě. Obsah hemicelulóz v sušině píce a vedlejších zemědělských produktů, jako jsou otruby či vedlejší produkty olejnin a luskovin, je přibližně 10 - 25 %, v obilovinách pak 2 - 12 % sušiny. V krmných směsích pro králíky pochází hemicelulózy hlavně z obilovin, řepných řízků či sóji (Huisman et al. 2000). Mezi rozpustné hemicelulózy patří například arabinoxylany v pšenici, ovsu a ječmeni (o obsahu asi 2 - 4 % v sušině) a betaglуканы, jejichž obsah v uvedených obilovinách je přibližně 1 - 3 %. Oligosacharidy, jako jsou galaktosidy, jsou obsaženy v luštěninách (lupině, hrachu a sóje) přibližně v množství 5 - 8 % v sušině (Gidenne 2003).

### 3.5.3.3 Lignin

Ligniny jsou jediné nesacharidové polymery buněčné stěny, které mají rozvětvené a složité trojrozměrné sítě. Ligninové sítě mají tendenci fixovat ostatní polymery a vylučovat vodu. Zpevňují buněčnou stěnu, tím je odolnější proti různým látkám, například enzymům. Většina mladých rostlin obsahuje maximálně 5 % ligninu, starší rostliny lignifikují a obsah ligninu dosahuje 12 % (Gidenne 2003). Aby se snížilo riziko poruchy trávení po odstavu, měl by příjem ligninu být 5 – 7 gramů denně (Gidenne et al. 2020b).

### 3.5.3.4 Pektiny

Pektiny jsou skupinou různých polysacharidů složených z lineární páteře kyseliny polygalakturonové, rozvětvené neutrálními cukry. Pektiny slouží v rostlinách jako spoj mezi jednotlivými buňkami ve středních lamelách (Marry et al. 2000). Pektiny se nacházejí hlavně v ovoci, luštěninách ve 4 - 14 % v sušině a cukrovarských řízkách, kde je až 25 % pektinu v sušině (Gidenne 2003).

## 3.5.4 Škrob

Škrob je hlavním rezervním polysacharidem zelených rostlin. Trávení škrobu králíky je ovlivněno věkem, krmivem a jeho výrobou, protože při tepelném zpracování želatinuje a je tak lépe stravitelný. Stravitelnost škrobu je přibližně kolem 95 % (De Blas & Gidenne 2020).

## 3.5.5 Lipidy

Králíci nemají specifické požadavky na tuk, kromě minimálního množství, které je obsaženo v konvenčních krmivech a není tedy nutné je doplňovat (Xiccato 2020). U laktujících samic mohou lipidy doplnit potřebnou energii pro tvorbu mléka, u odstavených králíků může přídavek tuku podpořit tělesnou kondici, stimulovat rozvoj imunitního systému a zlepšit zdraví (Casado et al. 2013).

## **3.6 Trávicí trakt**

### **3.6.1 Vývoj trávicího traktu**

Jednou z kritických fází produkce králíka je období odstavu, hlavně díky změnám, kterými zvířata procházejí (Fortun-Lamothe & Boullier 2007). U odstavených králíků jsou poruchy trávení hlavní příčinou nemocnosti a úmrtí, představují tak významné ekonomické ztráty chovu (Dalle Zotte et al. 2016). Během tohoto období dochází k důležitým fyziologickým změnám v důsledku změny stravy z mléčné na pevnou. Tento přechod způsobí adaptační změny fyziologie trávicího i imunitního systému (Gidenne & Fortun-Lamothe 2002). Ph žaludku se mění z 5 na 1,6 (Combes et al. 2011).

Enzymatický systém i trávicí kapacita se zvětšuje a optimální velikosti dosahuje v přibližně 45 -50 dnech života zvířete (Gidenne & Fortun-Lamothe 2002). Střevní mikroflóra a střevní sliznice se stabilizuje po 30 – 40 dnech věku a je velmi ovlivněna stravou (Fortun-Lamothe & Boullier 2007).

Po odstavu je vhodné používat krmiva s vysokým obsahem energie, ale jen za předpokladu, že je zaručen minimální obsah nerozpustné vlákniny, ke zlepšení poměru konverze krmiva a snížení nákladů na krmení při produkci králíků (Birolo et al. 2022). V období po odstavu je vhodné krmit krmnou dávkou s nízkým obsahem škrobu, aby se snížily trávicí problémy spojené s neúplným vývojem enzymatického systému, jelikož nemohou plně strávit škrob (Xiccato et al. 2002).

### **3.6.2 Onemocnění trávicího traktu**

Infekční onemocnění trávicího systému tvoří přibližně 70 % všech onemocnění králíků. Toto procento se zvyšuje v důsledku epizootické králíčí enteropatie, která může způsobit až 60 % mortalitu, zvýšit nemocnost a oddálit dobu výkrmu až o dva týdny (Carabaño et al. 2008).

Evropský zákaz používání antibiotik k prevenci trávicích onemocnění zapříčinil hledání alternativních řešení. Mezi nimi se stal prioritou management výživy sliznice. Lze říci, že správné složení stravy může pomoci omezit úmrtnost z důvodu střevních onemocnění (Carabaño et al. 2008). Kromě úmrtnosti jsou onemocnění trávicího traktu zodpovědné za snížení růstu a špatnou konverzi krmiva, které vedou také k ekonomickým ztrátám (Gidenne et al. 2020b).

### **3.6.3 Žaludek**

Žaludek je tvořen slabou svalovou vrstvou (Carabaño et al. 2020) a je neroztažitelný (Lowe 2020). PH žaludku je vždy kyselé, pohybuje se od 1 do 5 (Carabaño et al. 2020). Králíčí žaludek je vždy naplněný, obsahuje dva typy tráveniny, právě přijaté krmivo a zároveň cékotrofní výkaly, které jsou obalené hlenem (Volek 2020). Kapacita žaludku je přibližně 15 % z celkového trávicího traktu (Lowe 2020).

### 3.6.4 Střeva

#### 3.6.4.1 Tenké střevo

U králíků probíhá trávení živin, stejně jako u jiných monogastrických býložravců, hlavně v tenkém střevě pomocí trávicích enzymů. Tyto enzymy hydrolyzují většinu složek, kromě ligninu, celulózy, hemicelulózy a pektinů (Fonty & Gouet 1998). Tráví se zde škrob, bílkoviny a tuk (Volek 2020). Nízká mikrobiální hustota a rychlý průchod tráveniny v horní části trávicího traktu zapříčiní, že vláknina je minimálně narušena. Ta vstupuje v množství cca 70 % z tráveniny do slepého střeva (Combes et al. 2013).

#### 3.6.4.2 Slepé střevo

Slepé střevo je považováno za primárního fermentora u králíků (Combes et al. 2013). Tráví se zde vláknina (Volek 2020). Obsah slepého střeva je mírně kyselý, pH se pohybuje mezi 5,4 - 6,8 (García et al. 2002). Kapacita slepého střeva je 49 % z trávicího traktu (Portsmouth 1997).

#### 3.6.4.3 Tlusté střevo

Tlusté střevo se rozděluje na dvě části, proximální a distální tračník (Carabaño et al. 2020). Tyto dvě části dělí *Fusus coli*, neboli svalnaté ztlustění, které sehrává důležitou roli při cékotrofii. Cékotrofní výkaly jsou měkké a velmi bohaté na živiny (Volek 2020).

### 3.6.5 Cékotrofie

Krmivo, které králík přijme, prochází žaludkem, tenkým střevem a slepým střevem do tračníku. *Focus coli* silnými kontrakcemi promíchává tráveninu s vodou, kterou sekretuje stěna tračníku. Z tráveniny se s pomocí kontrakcí začnou uvolňovat vodou rozpustné látky, zejména rozpustná vláknina a mikroorganismy, které se oddělí a putují k periferie stěny střeva. Zbylá trávenina zůstává uprostřed střeva a odchází řitním otvorem jako tvrdé bobky obsahující nestrávitelnou potravu. Trávenina z periferie střeva se antiperistaltickými pohyby vrací do slepého střeva. V době, kdy králík nepřijímá krmivo, a jsou vyloučeny tvrdé bobky, dochází k tvorbě cékotrofních výkalů a jejich vylučování, kdy ze slepého střeva přes tračník, kde již neprobíhají kontrakce ani vylučování vody, se dostávají až k řitnímu otvoru, odkud si králík vybírá výkaly a bez kousání je opětovně polyká. Tím dokáže lépe využít potřebné živiny, i mikroorganismy, které mohou vytvářet vitamíny a další prospěšné látky (Volek 2020). Králík přijímá potravu převážně v noci, kdy ji i tráví, během světelného dne u něj probíhá převážně cékotrofie. Během období cékotrofie, která trvá přibližně 7 – 9 hodin, nedochází k vylučování tvrdých výkalů a příjem krmiva je minimální (Carabaño et al. 2020).

Cékotrofie začíná u králíků ve věku 3 - 4 týdnů, kdy začínají konzumovat pevnou stravu (Carabaño et al. 2020). Cékotrofie je specifická fyziologická funkce tračníku (Volek 2020). Trávicí fyziologie králíka umožňuje získat bílkoviny a vitamíny prostřednictvím cékotrofie

(Carabaño et al. 2020). Měkké výkaly totiž obsahují vyšší podíl bílkovin, zejména pak sirné aminokyseliny, lysin, threonin, arginin a fenylalanin (Villamide et al. 2020a), minerálů a vitamínů oproti tvrdým výkalům, které mají více vlákniny. Jedná se o vysoce účinnou strategii pro využití bílkovin mikrobiálního původu (Carabaño et al. 2020), kdy se vstřebá 36 % celkových vyloučených bílkovin (Villamide et al. 2020a).

### **3.7 Forma krmiva**

Jediným běžně používaným systémem krmení ve velkochovech je krmení prostřednictvím kompletních granulovaných krmných směsí (Acedo-Rico et al. 2020). Je známo, že oproti kašovitě či sypké formě podávání krmiva jsou granule králíky více preferovány (Maertens 2020). Granule by měly být o průměru 3 – 5 mm a délce 6 – 13 mm. Větší granule mohou způsobit ztráty krmiva při žraní, kdy se polámou a spadnou na zem. Trvanlivost a tvrdost granulí by měla být optimalizována. Ztráty mohou vznikat příliš jemnými částicemi či tvrdými granulemi, kdy je nižší příjem krmiva a zhoršuje se tak konverze krmiva (Gidenne et al. 2020c).

### **3.8 Specifikace živinových potřeb pro hlavní kategorie králíků**

#### **3.8.1 Výkrm**

Směs pro výkrmové králíky musí respektovat jejich nutriční požadavky, které zohledňují zdraví trávicího traktu.

Dle de Blas a Mateos (2020) by měla krmná dávka obsahovat tato množství živin:

neutrálně detergentní vláknina: 330 – 350 g/kg, acido-detergentní vláknina: 180 – 200 g/kg, lignin: 50 g/kg, hrubý protein: 145 – 160 g/kg, lysin: 7,3 g/kg, sirné aminokyseliny: 5,2 g/kg, threonin: 6,2 g/kg, arginin: 8,5 g/kg, škrob: 140 – 160 g/kg, stravitelná energie: 9,5 – 10,5 MJ/kg, stravitelný protein: 100 – 110 g/kg, poměr stravitelného proteinu k stravitelné energii: 10,5 g/MJ.

Tyto hodnoty jsou vhodné pro růst, vývoj, obnovu střevní sliznice a zachování zdravého stavu střev, tak aby nedocházelo k nárůstu patogenů. Během dvou týdnů po odstavu je vhodné restringové krmení v množství 80 % z dobrovolně přijatého krmiva (Gidenne et al. 2020b).

#### **3.8.2 Chovná zvířata**

Reprodukční život králic začíná u evropských linií přibližně 19. týden věku. Klíč k úspěšnému odchovu a dlouhověkosti samice je optimální věk první inseminace a dobrá kondice. Králice nesmí být ani obézní ani vyhublá (Volek 2020).

Nejnáročnější období je od odstavu po přibližně první tři porody. Mladé samice by měly dosáhnout při první inseminaci 80 % dospělé hmotnosti. Pokud by byly krmeny stejnou

stravou jako králice v reprodukci nebo výkrmoví králíci, rychleji by dosáhly 80 % dospělé váhy a byly by v době první inseminace obézní, proto se u nich volí krmiva s nízkým množstvím energie a probíhá restringované krmení (Gidenne et al. 2020b).

Krmení králic během březosti není problematické. Březí králice není potřeba překrmovat. V první polovině březosti nepotřebuje vyšší příjem živin, později zvýší příjem živin zvýšením přijatého krmiva, před porodem opět potřeba krmiva klesá. Během březosti je králice spíše v pozitivní energetické bilanci (Volek 2020).

V období laktace nedokáže králice přijmout tolik živin, které potřebuje, a tak se dostává do negativní energetické bilance. Je proto nutné zkrmovat krmnou směs *ad libitum* (Volek 2020).

V reprodukčních směsích je důležité množství energie, hrubého proteinu, tuku, škrobu a limitujících aminokyselin (Volek 2020). U laktujících králic je vhodné přidávat větší množství tuku, přechází do mléka a králíčata lépe rostou. Větší množství vlákniny podporuje životaschopnost králíčat (Gidenne et al. 2020b).

V kompletní granulované reprodukční krmné směsi by měl být respektován tento obsah živin: neutrálně detergentní vláknina: 310 – 335 g/kg, acido-detergentní vláknina: 165 – 185 g/kg, lignin: 55 g/kg, hrubý protein: 165 – 185 g/kg (průměr 175 g/kg), lysin: 8,1 g/kg, sirné aminokyseliny: 6,3 g/kg, treonin: 6,7 g/kg, arginin: 8 – 8,5 g/kg, škrob: 160 – 180 g/kg, éterový extrakt (hrubý tuk): 40 – 50 g/kg (průměr 45 g/kg), stravitelná energie: 10,5 – 11 MJ/kg, stravitelný protein: 115 – 140 g/kg, poměr stravitelného proteinu k stravitelné energii: 11,5 – 12,5 g/MJ (De Blas a Mateos 2020).

### **3.9 Vedlejší produkty zemědělské výroby a alternativní krmné komponenty**

V tabulce 1 je pro přehlednost uveden obsah frakcí vlákniny a hrubého proteinu v běžně používaných krmných komponentech využívaných v dietách pro králíky, ale také v alternativních krmivech, jež mohou mít potenciál pro využití ve výživě králíků (Gidenne 2003).

V literatuře se nachází publikované výsledky, kde králík zužitkuje řadu vedlejších produktů zemědělské výroby, například pšeničné otruby, cukrovarské řízky, slunečnicové slupky, lihovarnické výpalky, mláto, výrobky z lupiny, různé obilné otruby a další komponenty. Některé z nich jsou popsány v další části diplomové práce.



**Tabulka 1)** Vybrané krmné komponenty a obsah živin, které mají souvislost se zdravím trávicího traktu (frakce vlákniny, polysacharidy a oligosacharidy, hrubý protein).

	NDF	ADF	ADL	WIP	iUA	DgF	CF	CP
Vojtěškové seno	418	326	73	68	55	160	261	153
Travní moučka	460	260	50	45	22	245	225	150
Pšeničné otruby	405	118	35	29	13	316	95	150
Pšeničná sláma	750	474	80	22	20	298	395	36
Cukrové řízky	428	212	18	250	190	466	180	90
Citrusová dužina	220	155	16	120	80	185	133	59
Výlisky z hroznů	560	480	300	70	45	150	280	117
Sójové slupky	588	426	21	92	60	254	355	122
Slunečnicové slupky	693	562	202	100	75	231	468	54
Kakaové slupky	390	300	140	30	20	120	183	164
Moučka z hroznových jader	730	650	550	20	15	100	441	99
Řepkové slupky	563	400	190	125	79	288	324	171
Palmový šrot	605	372	110	27	9	260	178	147
Kokosový šrot	447	235	55	40	10	252	125	202
Sójový šrot	124	65	5	66	25	125	50	468
Slunečnicová moučka	383	270	90	65	45	178	225	306
Řepkový šrot	277	189	86	100	50	188	121	361
kukříčný lepek	312	94	12	50	45	268	78	215
semena								
Sója	117	73	8	60	25	104	56	369
Hrách	120	70	4	46	18	96	57	220
lupina bílá	210	155	15	105	20	160	128	326
Faba fazole	123	89	8	21	15	55	77	257
Oves	280	135	22	11	6	156	111	106
Ječmen	175	55	9	6	3	126	46	108
Pšenice	110	31	9	5	3	84	22	108
Kukuřice	95	25	5	7	5	77	19	82

NDF=neutrálně detergentní vláknina, ADF= acidodetergentní vláknina, ADL= acidodetergentní lignin, WIP ve vodě nerozpustné pektiny, iUA= Ve vodě nerozpustné kyseliny uhličitě, DgF= stravitelná vláknina, CF= hrubá vláknina, CP= Hrubý protein (Gidenne 2003)

### 3.9.1 Vedlejší produkty

Vedlejší produkty zemědělské výroby představují velký potenciál pro krmné využití u hospodářských zvířat (Omer et al. 2019).

Vedlejší produkty se získávají různými procesy zpracování potravin, jako je výroba cereálních produktů, oleje, cukru, také například ovocných šťáv, konzervované či mražené zeleniny, ovoce a hlíz (Pinotti et al. 2021).

Investice do vývoje těchto druhotných produktů by skutečně mohly zaručit zavedení oběhového hospodářství, směrem k větší udržitelnosti a snížení množství odpadu v celém výrobním řetězci (Vastolo et al. 2022).

Králík má vysoké požadavky na vlákninu. Může v krmných dávkách zužitkovat vedlejší produkty zemědělské výroby, které nesplňují požadavky pro výživu lidskou či jiných zvířat. Mezi odpady zemědělské výroby patří různé slupky, šroty, otruby, výlisky apod. (Volek 2020).

#### 3.9.1.1 Cukrovarské řízky

Pozitivní účinek rozpustné vlákniny na zdraví střev lze zajistit přidáním cukrovarských řízků do krmné dávky. Proběhlo několik studií, ve kterých bylo prokázáno, že zlepšují zdravotní stav střev, zabraňují průjmům a zlepšují i kvalitu masa (Al-Soufi et al. 2022). Kombinace rozpustné a nerozpustné fermentovatelné vlákniny v cukrovarských řízcích má v období po odstavu určité příznivé účinky na střevní sliznici, jako je zvýšení poměru mezi výškou klků a hloubkou krypt, počtu pohárkových buněk na klkcích, aktivitu sacharázy v jejunální sliznici a stravitelnosti škrobu v ileu, a ileální tok mucinu (Delgado et al. 2019).

#### 3.9.1.2 Sušené obilné výpalky

Sušené obilné výpalky (DDGS) jsou vedlejším produktem při výrobě bioetanolu, které se často používají v krmivech pro hospodářská zvířata. Zařazení DDGS do krmné dávky králíků neovlivňuje většinu znaků jatečně upraveného těla. Sušené obilné výpalky z ječmene a kukuřice mírně zvyšuje procento tuku v jatečném těle. Kukuřičné DDGS snižují úroveň nasycení intramuskulárního tuku (Alagón et al. 2015).

Tyto produkty mají vysoký obsah stravitelné energie (11,9-15,7 MJ na Kg DM), stravitelných bílkovin (16,8 – 26,3 %), tuků (7,2 -14,4 %) a rozpustné vlákniny (20-21,7 %), z čehož vyplývá, že jsou vhodné pro zařazení do formulace a výroby krmiv pro králíky (Huallpa 2013).

Dle Alagón et al. (2015) 20% zahrnutí DDGS z ječmene, pšenice a kukuřice do krmné dávky králíků neovlivnilo většinu znaků kvality jatečně upraveného těla a masa. Použití DDGS z ječmene, kukuřice a pšenice nezměnilo profil mastných kyselin v králičím mase. U králíků krmených DDGS z kukuřice a ječmene byl lehce zvýšený obsah tuku v jatečně upraveném těle.

#### 3.9.1.3 Pšeničné otruby

Většina obilných odpadů je charakterizována nízkým obsahem hrubého proteinu, nízkou stravitelností energie, nedostatkem některých minerálů a vysokým množstvím vlákniny, tím jsou pro většinu hospodářských zvířat špatně stravitelná a živinově nedostatečná (Omer et al. 2019).

Otruby obsahují aleuronovou vrstvu endospermu a díky tomu mají vyšší podíl hrubého proteinu než celé zrno (Villamide et al. 2020a).

Pšeničné otruby jsou velmi oblíbenou a užitečnou surovinou, která je tradičně zkrmována králíkům (Lowe 2020). O pšeničné otruby je velký zájem, jak z pohledu krmení hospodářských zvířat, tak už mají i opodstatnění ve výživě lidí. Zvyšuje se jejich cena a

poptávka, proto je vhodné najít k pšeničným otrubám náhradu, třeba v podobě jiných otrub pro výživu králíků.

#### 3.9.1.4 Žitné otruby

V literatuře je velmi málo informací o zkrmování žita u králíků (Lowe 2020). Dle Chrenkové et al. (2012) zkrmování žita králíkům neovlivňuje zootechnické parametry, nemá negativní vliv na výkon růstu a zdravotní stav králíků nezhoršuje.

Dle Hozákové (2023) lze zkrmovat žitné otruby bez omezení, v množství 32 % v krmné směsi a lze s nimi zcela nahradit otruby pšeničné. Tyto informace je potřeba prověřit, aby se mohly lépe využívat v krmivech pro králíky.

#### 3.9.1.5 Lupinové otruby

Lupina je jednou z vhodných luštěnin pěstovaných v Evropě k nahrazení sóji převážně dovážené z Ameriky (Gresta et al. 2010). Lupiny jsou tolerantní k abiotickým stresům než jiné luštěniny, mají potenciál obnovit chudé a kontaminované půdy (Coba de La Pena & Pueyo 2012) a velmi dobré nutriční vlastnosti (Musco et al. 2017).

Dobrym zdrojem vlákniny mohou být i vedlejší produkty po odslupkování lupiny bílé. Lupinové otruby i slupky lze využít v krmných směsích králíků jako zdroj méně stravitelné vlákniny (Volek et al. 2013, Volek 2017, Uhlířová et al. 2018). Lupinové otruby lze zařadit do krmné směsi králíků až v 15 % (Volek 2020). Slupky lupiny lze do krmných směsích pro králíky zařadit v 5 % (Volek 2017).

### 3.9.2 Alternativní doplňková krmiva

Bezpečné a přirozené doplňkové krmivo je nezbytné pro zlepšení zdraví a dobrých životních podmínek zvířat (Rossi et al. 2020).

#### 3.9.2.1 Byliny

Bylinky, koření a rostlinné látky ve srovnání s antibiotiky jsou méně toxické a neobsahují rezidua, působí jako růstové stimulanty (Falcão-e-Cunha et al. 2007).

Antimikrobiální účinek mají zejména esenciální oleje, které obsahují thymol a karvakrol, což jsou aktivní složky, které narušují integritu buněčné membrány, tím ovlivňují pH homeostázu (Lambert et al. 2001). Z tohoto důvodu jsou esenciální oleje z tymiánu, oregana, muškátového oříšku, hřebíčku černého pepře a pelargónie účinné proti *enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Sallmonelle*, *Staphylococcus aureus* a *Yersinia enterocolitica* (Dorman & Deans 2000). Dle Miteva et al. (2020) zařazením tymiánu do krmiva vykrmovaným králíkům dochází ke zlepšení složení mastných kyselin v mase, vede ke zvýšení omega 3 a omega 6 mastných kyselin. Nejlepších výsledků dosáhli po přidání 5 % tymiánových listů do krmné dávky. Zařazením fenyklu a oregana do krmné dávky se zlepšila stravitelnost organické hmoty a hrubé

vlákniny a snížil obsah cholesterolu v mase (Omer et al. 2013). Skořice působí proti *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Vibrio parahaemolyticus* *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* a *Klebsiella pneumoniae* (Chang 2001). Olivy mají antimikrobiální účinek proti patogenům, jako jsou *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella enteritidis* a *Listeria monocytogenes* (Tassou et al. 2000).

Četné studie prokázaly také antioxidační vlastnosti bylin a koření. Zejména u oregana, rozmarýnu, tymiánu, skořice, zázvoru a hřebíčku (Hernández & Dalle Zotte 2020).

### 3.9.2.2 Řasy

Mořské i sladkovodní řasy jsou v některých částech světa tradičně využívány ve výživě zvířat (Makkar et al. 2016). Jsou velmi bohaté na minerály, vitamíny, PUFA, oligosacharidy a polysacharidy s probiotickými účinky, vlákniny (Morais et al. 2020), esenciálních aminokyselin a antioxidantů (Makkar et al. 2016). Extrakty z řas mají antioxidační, protizánětlivé, antivirové a antimikrobiální účinky, pozitivně ovlivňují stravitelnost krmiva a mikrobiální ekologii (Dalle Zotte et al. 2016). Polysacharidy s probiotickými účinky fermentují a stimulují růst komenzálních bakterií, inhibují růst patogenů a zlepšují architekturu střev. Zlepšením zdraví střev se zvyšuje vstřebávání živin a tím i růst a dobré životní podmínky zvířat (Øverland et al. 2019).

Nedávné studie ukázaly, že můžeme považovat mořské řasy za udržitelný doplněk stravy králíků (Rossi et al. 2020). Přidáním makrořas do krmné dávky tak můžeme zlepšit jejich celkový zdravotní stav (Al-Soufi et al. 2022), kvalitu masa a snížit množství cholesterolu v mase (Rossi et al. 2020). Al-Soufiho et al. (2022) pozorovali, že králíci, kterým byla do krmné dávky přidávaná řasa, vykazovali vyšší růst, lepší antioxidační schopnosti, měli kvalitnější maso, méně trpěli na průjmy.

## 4 Metodika

Po celou dobu sledování byl brán zřetel na welfare a „well-being“ zvířat. Králíci měli neomezený přístup ke krmivu a vodě. Při ochraně králíků použitých v tomto pokusu byla dodržena pravidla uvedená ve směrnici ES 86/606/EHS (EEC 1986) a pokyny zákona č. 246/1992 na ochranu zvířat proti týrání. Studie byla provedena na základě souhlasu Etické komise Ústavu živočišné výroby (projekt pokusu: kód E2/2023, Praha, Česká republika).

### 4.1 Použité otruby a krmné směsi

Principem zkoumání bylo porovnání a využití kompletních granulovaných směsí s použitím pšeničných, žitných nebo kukuřičných otrub ve výživě vykrmovaných králíků.

Základní nutriční složení, stejně jako obsah vitamínu E,  $\beta$ -karotenu, luteinu a zeaxantinu, či distribuce velikosti částic v pšeničných otrubách, kukuřičných otrubách a žitných otrubách je uvedeno v tabulkách 2, 3 a 4.

**Tabulka 2** Základní chemické složení pšeničných otrub, kukuřičných otrub nebo žitných otrub (g/kg původní hmoty)

	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
Sušina	887	893	894
Hrubý protein	156	154	154
Hrubý tuk	29	35	24
Hrubá vláknina	150	140	144
NDF	398	385	394
ADF	194	185	189
ADL	61	52	56
Hemicelulózy (NDF-ADF)	204	200	205
Celulóza (ADF-ADL)	133	133	133
Škrob	159	163	165
Popeloviny	76	74	78
Hrubá energie	16,4	16,5	16,3
Stravitelná energie (SE, MJ/kg)	9,9	9,8	9,6
Stravitelný protein (SP)	114	109	113
Poměr SE/SP (MJ /g)	11,5	11,1	11,8

NDF = Neutrálně detergentní vláknina; ADF = Acido-detergentní vláknina; ADL = Acido-detergentní lignin

**Tabulka 3** Obsah vitamínu E,  $\beta$ -karotenu, luteinu a zeaxantinu (mg/kg) v pšeničných otrubách, kukuřičných otrubách a žitných otrubách

	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
$\alpha$ -tokoferol	16,3	17,6	3,36
$\gamma$ -tokoferol	3,89	63,4	0,0
$\delta$ -tokoferol	0,0	5,21	0,0
$\beta$ -karoten	0,05	0,71	0,09
Lutein	0,81	2,02	0,59
Zeaxantin	0,41	1,53	0,13

**Tabulka 4** Distribuce (%) velikosti částic v pšeničných otrubách, kukuřičných otrubách a žitných otrubách: suché síťování

Krmné směsi	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
> 1,25 mm	12,5	91,0	0,0
> 0,630 mm	31,0	7,0	2,0
> 0,315 mm	37,5	1,0	29,5
< 0,315 mm	19,0	1,0	68,5

Receptury kompletních krmných směsí jsou uvedeny v tabulce 5. Každá směs obsahovala stejné krmné komponenty, ve stejném nebo podobném množství. V každé z diet byly použity jiné otruby. V první dietě byly použity pšeničné otruby (32 %), které se využívají standardně, a proto se tato dieta považovala za kontrolní. V dalších dietách byly použity kukuřičné (32 %) a žitné otruby (32 %).

V tabulce 6 je uvedené chemické složení jednotlivých krmných směsí. Ve směsi s kukuřičnými otrubami byla vyšší hodnota tuku oproti směsi s žitnými či pšeničnými otrubami (35 vs. v průměru 27 g/kg), což je dáno vyšším obsahem tuku v kukuřičných otrubách. Naopak ve směsi s kukuřičnými otrubami bylo nejméně hrubé vlákniny (140 vs. v průměru 147 g/kg). Obsah ligninu byl nejnižší ve směsi s kukuřičnými otrubami oproti ostatním dietám (52 vs. v průměru 59 g/kg). Obsah sušiny, hrubého proteinu, NDF, ADF, hemicelulózy, celulózy či škrobu se v rámci jednotlivých diet nelišil. Nejvýznamnější nutriční parametr, tedy poměr stravitelného proteinu ke stravitelné energii se též výrazně nelišil. Obecně byly krmné směsi

sestaveny podle norem potreb živin, definovaných nejen základním chemickým rozbořem, ale též obsahem neškrobových polysacharidů a ligninu (de Blas & Mateos 2020).

**Tabulka 5** Receptury (%) krmných směsí obsahující pšeničné otruby, kukuřičné otruby nebo žitné otruby

Krmné směsi	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
<i>Komponenty</i>			
Vojtěškové úsušky	30	32	35
Sójový extr. Šrot	7	10	6,5
Cukrovarské řízky	7,5	7,5	7,5
Pšeničné otruby	32	0	0
Kukuřičné otruby	0	32	0
Žitné otruby	0	0	32
Oves	15,5	12	12,5
Ječmen	5	3,5	3,5
Aminovitan	1	1	1
Di-kalcium fosfát	0,5	0,5	0,5
Vápenec	1	1	1
Sůl	0,5	0,5	0,5

**Tabulka 6** Základní chemické složení krmných směsí obsahující pšeničné otruby, kukuřičné otruby nebo žitné otruby (g/kg původní hmoty)

	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
Sušina	887	893	894
Hrubý protein	156	154	154
Hrubý tuk	29	35	24
Hrubá vláknina	150	140	144
NDF	398	385	394
ADF	194	185	189
ADL	61	52	56
Hemicelulózy (NDF-ADF)	204	200	205
Celulóza (ADF-ADL)	133	133	133
Škrob	159	163	165
Popeloviny	76	74	78
Hrubá energie	16,4	16,5	16,3
Stravitelná energie (SE, MJ/kg)	9,9	9,8	9,6
Stravitelný protein (SP)	114	109	113
Poměr SE/SP (MJ /g)	11,5	11,1	11,8

NDF = Neutrálně detergentní vláknina; ADF = Acido-detergentní vláknina; ADL = Acido-detergentní lignin

Krmné směsi byly tvarovány granulací a navrženy tak, aby měly průměr 3,5 mm a délku 5–10 mm. Pro přípravu komponent pro granulaci byl použit vertikální kladivový mlýn a síto o průměru 3,5 mm. Do krmných směsí nebyla přidávána antibiotika či jiné chemické látky, které by byly prevencí před entero-patogenními mikroorganismy. Krmné směsi byly uskladněny v papírových pytlích, v uzavíratelných skladech.

V tabulce 7 je uvedena fyzikální struktura diet, charakterizována distribucí velikosti částic vlákniny (mokrý sítování). Pokud by ve směsi bylo méně jak 21 % částic větších jak 0,315 mm docházelo by k zhoršenému průchodu tráveniny trávicím traktem, bylo by zhoršené trávení a docházelo by k zdravotním problémům. Ani u jedné směsi nebyl ve velikosti částic problém. Nejvyšší zastoupení částic o velikosti nad 1,25 mm měly kukuřičné otruby na rozdíl



od ostatních (17,1 vs. v průměru 10,9 %). Části o velikosti 0,315 a menší byly v největší míře zastoupeny u směsi s žitnými otrubami (77,5 vs. v průměru 68,5 %).

**Tabulka 7** Distribuce (%) velikosti částic v krmných směsích obsahující pšeničné otruby, kukuřičné otruby nebo žitné otruby: mokré síťování

Krmné směsi	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby
> 1,25 mm	12,1	17,1	9,6
> 0,630 mm	8,5	9,1	5,4
> 0,315 mm	8,9	7,3	7,5
< 0,315 mm	70,5	66,5	77,5

## 4.2 Užítkovost zvířat

Užítkovost zvířat se sledovala ve Výzkumném ústavu živočišné výroby, v.v.i., v akreditované stáji podle standardů a pravidel vyžadovaných Evropskou unií. Tato stáj je vybavena jednotkou určenou pro testace spojené s výkrmem králíků, porodnou, stejně jako metabolickou jednotkou, pro sledování trávení živin. Mikroklima uvnitř jednotek je udržováno nucenou ventilací a kontrolou vlhkosti a vnitřní teploty. Nastavený dvanácti hodinový světelný režim zaručuje dostatečný interval pro čas aktivity a čas odpočinku.

V rámci předkládané diplomové práce bylo do sledování zařazeno 150 Hyplus králíků (PS 19 x PS 40), odstavených ve 32 dnech věku. Králíci byli rozděleni do 3 skupin (50 králíků / skupina) a dostávali jednu z experimentálních diet (kontrolní dieta s pšeničnými otrubami, a krmné směsi, které obsahovaly žitné či kukuřičné otruby) po celou dobu výkrmu (49 dní, 32. – 81. den věku). Po přemístění králíků z reprodukční jednotky do výkrmové jednotky stáje, byli králíci ustájeni v drátěných klecích (80 x 60 x 45 cm), 5 králíků / klec. Krmné směsi byly podávány neomezeně. Během výkrmu se sledoval růst králíků (v týdenních intervalech), denně příjem krmiva a zdravotní stav (sanitární index, Fernández-Carmona et al. 2005). Zdravotní stav se posuzoval nejen jako úhyn zvířat, ale též se sledovala nemocnost zvířat. Podle mezinárodně přijaté metodiky (Fernández-Carmona et al. 2005) je morbidita králíků definována jako přechodný či trvalý průjem, přítomností hlenu ve výkalech, abnormálně nízkým koprofágním chováním, nižším růstem (průměr skupiny – 2x směrodatná odchylka) apod. Z dosažených záznamů se vyhodnocuje tzv. sanitární index.

### **4.3 Stravitelnost živin, hydrolytická aktivita pankreatických enzymů, koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva, parametry slepého střeva**

Kromě výše uvedeného se též zjišťovaly koeficienty zjevné stravitelnosti diet. Zjišťovala se stravitelnost organické hmoty, hrubého proteinu, škrobu, NDF, ADF a energie. Zjišťování stravitelnosti diet probíhalo podle mezinárodní metodiky, jež je definována v práci Pérez et al. (1995). Bylo použito 30 Hyplus králíků (PS 19xPS40), odstavených ve 32 dnech věku. Králíci byli ustájeni individuálně a náhodně v metabolických klecích (50 x 50 x 45 cm), rozdělení do 3 skupin (10 králíků / skupina), přičemž dostávali neomezeně jednu ze tří experimentálních diet (kontrolní dieta s pšeničnými otrubami, a krmné směsi, které obsahovaly žitné či kukuřičné otruby). Adaptační perioda trvala 25 dnů, tedy denní produkce výkalů a spotřeba krmiva se zaznamenávala mezi 57. až 61. dnem věku. Během tohoto období se veškerá produkce výkalů shromažďovala v mikroténových sáčcích a uchovávala při -18°C. Na konci bilance (61. den věku králíků) byli králíci poraženi na akreditovaných jatkách Výzkumného ústavu živočišné výroby, v.v.i, které jsou vzdáleny od stáje cca 1 km. Po laparotomii se zvažil obsah a stěna slepého střeva, a v obsahu slepého střeva byla zjištěna hodnota pH. Zároveň se odebraly vzorky obsahu tenkého střeva pro analýzy hydrolytických pankreatických enzymů a koncentrace kyseliny sialové. Vzorky obsahu tenkého střeva byly do analýz uchovány v -80°C.

### **4.4 Analýzy**

Pro stanovení základního chemického rozboru v použitých otrubách, dietách a též ve výkalech byly zvoleny metody popsané v AOAC International (2005): sušina (metoda 934.01), hrubý protein (metoda 954.01), hrubý tuk (metoda 920.39), ADF (metoda 973.18) a škrob (metoda 920.40). Obsah hrubého proteinu byl přepočten koeficientem 6,25, vycházející ze známé teze, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku. Kjeltec Auto 1030 Analyser (FOSS Tecator AB) byl použit pro stanovení dusíku, pro stanovení hrubého tuku pak přístroj Soxtec 1043 (FOSS Tecator AB). Metody podle Mertens (2002) a Robertson & VanSoest (1981) byly použity pro stanovení neutrálně detergentní vlákniny (s využitím termostabilní amylasy) a obsahů ligninu (solubilizací celulosy s kyselinou sírovou). Brutto energie ve vzorcích krmiv a výkalů byla stanovena kalorimetricky (C5000 control). Obsah minerálních látek byl stanoven metodou atomové absorpční spektrofotometrie.

Obsah vitaminů ve vzorcích jednotlivých otrub byl stanoven dle evropských norem EN 12823-1 (2000) a EN 12822-1 (2000). Stanovení bylo uskutečněno pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC, VP series, Shimadzu, Kyoto, Japan), opatřené detektorem diodového pole.

Podobně jako vitaminy, také přírodní karotenoidy lutein a zeaxantin byly stanoveny pomocí HPLC podle metody Froescheis et al. (2000).

Celkové aktivity amylázy, proteázy a lipázy byly analyzovány podle Taubner et al. (2023) s použitím rozpustného škrobu, azokaseinu a tributyrinu jako substrátů. Po odštěpení polysacharidového řetězce amylázou byly výsledné redukující cukry analyzovány spektrofotometricky při 520 nm. Proteolytická aktivita byla měřena po enzymatické reakci na spektrofotometru při 440 nm. Lipázová aktivita byla založena na GC analýze použitého butyrátu z tributyrinu po enzymatickém působení. Všechny enzymatické aktivity byly vyjádřeny jako mg cukru/h na g vzorku DM (amylázová aktivita), mg hydrolyzovaného azokaseinu/h na g vzorku DM (proteolytická aktivita) nebo mmol butyrátu uvolněného z tributyrinu na g vzorku DM (lipázová aktivita). 105 °C po dobu 24 hodin.

Analýza kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva byla provedena podle metody uvedené v práci Salcedo et al. (2011). Pro stanovení pH v obsahu slepého střeva byl použit běžný pH metr.

Distribuce velikosti částic (suchá cesta v případě otrub, mokré prosévání v případě krmných směsí) byla stanovena podle práce García et al. (1999). K samotnému stanovení se použil přístroj Retsch AS200 Control (Retsh GmbH, Rheinische Straße 36, Germany) se sadou sít o velikosti ok >1,25 mm, 0,630 mm a 0,315 mm.

#### **4.5 Statistické zpracování**

Pro analýzu užitečnosti králíků, stravitelnosti živin, parametrů slepého střeva, aktivity hydrolytických pankreatických enzymů a koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva byl použit program SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Byla použita metoda ANOVA. Za hlavní efekt byl považován typ krmné směsi. Pro vyhodnocení růstu, příjmu krmiva a konverze krmiva byla experimentální jednotkou klec, individuální králík představoval experimentální jednotku pro analýzu stravitelnosti živin, enzymatické aktivity a koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva, stejně jako pro pH a parametry slepého střeva. Za statisticky průkazné byly považovány rozdíly mezi průměry s  $P < 0,05$ .

## 5 Výsledky

### 5.1 Chemické složení použitých pšeničných, kukuřičných a žitných otrub

V tabulce 2 je uvedeno základní chemické složení jednotlivých otrub. Lze říci, že významný rozdíl byl zaznamenán v obsahu hrubého proteinu, kdy kukuřičné otruby měly nejnižší množství oproti ostatním druhům otrub (92 vs. v průměru 141 g/kg původní hmoty). Hrubého tuku bylo nejméně u otrub žitných (31 vs. v průměru 50 g/kg původní hmoty). Hrubá vláknina byla nejvíce obsažena v pšeničných otrubách (98 vs. v průměru 77 g/kg původní hmoty), obsah NDF a ADF byl také nejvyšší u pšeničných otrub (446 vs. v průměru 390 a 121 vs. v průměru 91 g/kg původní hmoty, respektive). Hladiny ligninu byly u kukuřičných otrub velmi nízké (13 vs. v průměru 42 g/kg původní hmoty). U kukuřičných otrub byl zaznamenán výrazně vyšší obsah škrobu oproti pšeničným či žitným otrubám (392 vs. v průměru 200 g/kg původní hmoty). Hladiny minerálních látek byly u všech typů otrub téměř totožné.

Obsah bioaktivních látek v jednotlivých druzích otrub je uveden v tabulce 3. Kukuřičné otruby měly zřetelně vyšší hladiny bioaktivních látek, jako jsou  $\alpha$ -tokoferol,  $\gamma$ -tokoferol,  $\delta$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten, lutein a zeaxantin.  $\alpha$ -tokoferol je v kukuřičných otrubách, použitých v této diplomové práci, obsažen v množství 17,6 mg/kg původní hmoty, v pšeničných otrubách v množství 16,3 mg/kg původní hmoty a v žitných otrubách pouze 3,36 mg/kg původní hmoty.  $\gamma$ -tokoferol je v kukuřičných otrubách, ve srovnání s dalšími druhy otrub, zastoupen ve velké míře (63,4 vs. v průměru 1,9 mg/kg původní hmoty), ale i  $\delta$ -tokoferol (5,21 vs. v průměru 0 mg/kg původní hmoty),  $\beta$ -karoten (0,71 vs. v průměru 0,06 mg/kg původní hmoty), lutein (2,02 vs. v průměru 0,70 mg/kg původní hmoty) či zeaxantin (1,53 vs. v průměru 0,21 mg/kg původní hmoty) jsou obsaženy v kukuřičných otrubách ve větší míře ve srovnání s dalším druhem otrub. Je tak zřejmé, že kukuřičné otruby jsou vynikajícím zdrojem bioaktivních látek, a tedy vhodnou komponentou do krmných směsí pro králíky.

V tabulce 4 je uvedena distribuce velikosti částic vlákniny v kukuřičných, žitných a pšeničných otrubách při použití suchého síťování. Kukuřičné otruby měly největší zastoupení částic o velikosti 1,25 mm a větších (91 vs. v průměru 6 %). Žitné otruby měly nejvíce nejmenších částic pod 0,315 mm (68,5 vs. v průměru 10 %).

### 5.2 Užítkovost králíků

Sledovanými ukazateli po celou dobu výkrmu byly: průměrný přírůstek živé hmotnosti, spotřeba krmiva, konverze krmiva a sanitární index, který byl vypočítán. Sanitární index nezaznamenal negativní výsledek. Zdravotní stav králíků nevykazoval negativní účinky diet. U žádného z testovaných zvířat nebyl evidován dlouhotrvající průjem, abnormální produkce cékotrofních výkalů, či nízká spotřeba krmiva, pomalý růst a nedošlo k úhynu žádného zvířete.

Užitkovost králíků v prvních třech týdnech výkrmu je uvedena v tabulce 8. Mezi jednotlivými směsmi nebyl v prvních třech týdnech výkrmu významný statistický rozdíl. Průměrný denní přírůstek králíků za období mezi 32. – 53. dnem věku byl u diet z pšeničných, kukuřičných a žitných otrub 51,3, 49,6, a 50,8 g/den. Spotřeba krmiva také nebyla statisticky odlišná (v průměru 125 g/den). Konverze krmiva byla u všech výkrmových diet stejná, na úrovni 2,48.

**Tabulka 8** Užitkovost králíků<sup>1</sup> v prvních třech týdnech výkrmu (32. – 53. den věku)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
<b>Živá hmotnost (kg)</b>					
32. den věku (odstav)	806	787	789	54	0,705
53. den věku	1882	1828	1855	101	0,480
<b>Přírůstek živé hmotnosti (g/den)</b>					
32. – 53. den věku	51,3	49,6	50,8	2,7	0,423
<b>Spotřeba krmiva (g/den)</b>					
32. – 53. den věku	127	123	126	7,0	0,409
<b>Konverze krmiva</b>					
32. – 53. den věku	2,48	2,48	2,48	0,08	0,998
<b>Sanitární index (%)<sup>3</sup></b>					
32. – 53. den věku	0	0	0	-	-

<sup>1</sup>150 Hyplus králíků (PS19 x PS40), 50 králíků / skupina, 5 králíků / klec; <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba; <sup>3</sup>Sanitární index (suma mortality a morbidity, podle Fernández-Carmona et al., 2005).

V tabulce 9 je uvedena užitkovost králíků v období mezi 53. – 81. dnem věku. Za sledované období nebyl zaznamenán průkazný rozdíl v průměrném denním přírůstku králíků. Denní spotřeba krmiva však byla statisticky odlišná. U králíků krmených směsí s kukuřičnými otrubami byla zaznamenána významně nižší spotřeba krmiva než u králíků ostatních skupin (140 g/den vs. v průměru 148 g/den; P=0,020). U této skupiny zvířat byla též pozorována lepší konverze krmiva než u králíků, kterým byly podávány diety s pšeničnými či žitnými otrubami (3,80 vs. v průměru 4,20).

**Tabulka 9** Užítkovost králíků<sup>1</sup> ve druhém období výkrmu (53. – 81. den věku)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
Přírůstek živé hmotnosti (g/den)					
53. – 81. den věku	35,1	36,7	35,3	2,5	0,357
Spotřeba krmiva (g/den)					
53. – 81. den věku	145	139	150	8,0	0,020
Konverze krmiva					
53. – 81. den věku	4,15a	3,80b	4,25a	0,26	0,001
Sanitární index (%) <sup>3</sup>					
53. – 81. den věku	0	0	0	-	-

<sup>1</sup>150 Hyplus králíků (PS19 x PS40), 50 králíků / skupina, 5 králíků / klec; <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba; <sup>3</sup>Sanitární index (suma mortality a morbidity, podle Fernández-Carmona et al. 2005). <sup>a,b</sup>Hodnoty označené rozdílnými písmeny se navzájem významně liší na hladině  $P < 0,05$ .

Užítkovost králíků během celého období výkrmu je shrnuta v tabulce 10. Porážková hmotnost v 81. dni věku byla v průměru 2 855 gramů. Na konci výkrmu se váhově mezi sebou králíci na testovaných dietách nelišili. Průměrný denní přírůstek za celou dobu výkrmu činil 42 g/den. Spotřeba krmiva byla výrazně nižší u směsi z kukuřičných otrub oproti ostatním dietám (131 vs. v průměru 139 g/den;  $P=0,014$ ). Taktéž konverze krmiva byla lepší u této skupiny králíků (3,13 vs. v průměru 3,30;  $P=0,002$ ).

**Tabulka 10** Užítkovost králíků<sup>1</sup> během celého období výkrmu (32. – 81. den věku)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
Živá hmotnost (kg)					
81. den věku (porážková hmotnost)	2864	2857	2844	117	0,928
Přírůstek živé hmotnosti (g/den)					
32. – 81. den věku	42,0	42,2	41,9	1,7	0,899
Spotřeba krmiva (g/den)					
32. – 81. den věku	137	132	140	6,3	0,014
Konverze krmiva					
32. – 81. den věku	3,27a	3,13b	3,33a	0,11	0,002
Sanitární index (%) <sup>3</sup>					
32. – 81. den věku	0	0	0	-	-

<sup>1</sup>150 Hyplus králíků (PS19 x PS40), 50 králíků / skupina, 5 králíků / klec; <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba; <sup>3</sup>Sanitární index (suma mortality a morbidity, podle Fernández-Carmona et al. 2005). a,b Hodnoty označené rozdílnými písmeny se navzájem významně liší na hladině P < 0,05.

V užítkovosti králíků krmených dietou obsahující pšeničné a žitné otruby ve sledovaném období nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly. Mezi zmíněnými směsmi a směsí s kukuřičnými otrubami byly statisticky významné rozdíly v spotřebě a konverzi krmiva. Všechny tři směsi jsou tedy vhodné ke krmení králíků.

### 5.2.1 Stravitelnost diet

Bylo vybráno 10 králíků z každé skupiny, u kterých byla mezi 57. a 61. dnem výkrmu stanovována experimentální stravitelnost diet. Byla stanovena stravitelnost organické hmoty, hrubého proteinu, škrobu, NDF, ADF a energie. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 11.

V průběhu bilance byl průměrný denní příjem krmiva 174 gramů. V rámci sledovaných diet, nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl ve stravitelnosti organické hmoty, škrobu, NDF a energie. U králíků krmených dietou s kukuřičnými otrubami byl zaznamenán signifikantní rozdíl ve stravitelnosti hrubého proteinu oproti ostatním dietám, kdy u této diety byla stravitelnost snížena (0,707 vs. v průměru 0,734; P=0,006). Žitné otruby vykazovaly statisticky nižší stravitelnost ADF oproti ostatním dietám (0,153 vs. v průměru 0,212; P=0,017).

**Tabulka 11** Zjevná stravitelnost<sup>1</sup> experimentálních diet (57. – 61. den věku králíků)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
Průměrný denní příjem krmiva <sup>3</sup> (g)	175	179	167		
Organická hmota	0,609	0,594	0,599	0,028	0,485
Hrubý protein	0,733 <sup>a</sup>	0,707 <sup>b</sup>	0,735 <sup>a</sup>	0,200	0,006
Škrob	0,949	0,947	0,952	0,009	0,417
NDF <sup>4</sup>	0,361	0,314	0,339	0,047	0,105
ADF <sup>5</sup>	0,228 <sup>a</sup>	0,197 <sup>a</sup>	0,153 <sup>b</sup>	0,055	0,017
Energie	0,601	0,592	0,590	0,030	0,656

<sup>1</sup>10 králíků / skupina, odstavených ve 32 dnech věku (Perez et al. 1995); <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba; <sup>3</sup>Příjem krmiva mezi 57. – 61. dnem věku; <sup>4</sup>NDF = Neutrálně detergentní vláknina; <sup>5</sup>ADF = Acido-detergentní vláknina. <sup>a,b</sup> Hodnoty označené rozdílnými písmeny se navzájem významně liší na hladině P < 0,05.

### 5.2.2 Vliv diet na parametry slepého střeva

Charakteristika slepého střeva je uvedena v tabulce 12. Průměrná živá hmotnost v 61. dnech věku byla 2459 gramů. Rozdíly mezi střevy králíků z jednotlivých skupin nebyly patrné. Hmotnost celého slepého střeva byla v průměru 62 g/kg, hmotnost obsahu střeva byla v průměru 43 g/kg a hmotnost prázdného střeva 18 g/kg. Hodnota pH obsahu slepých střev králíků byla v průměru 5,89. Průměrný obsah sušiny v obsahu slepého střeva byl 23 %.



**Tabulka 12** Charakteristika slepého střeva králíků<sup>1</sup> (61. den věku králíků)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
Živá hmotnost (g)	2439	2477	2461	88	0,635
Slepé střevo					
Hmotnost celého střeva (g /kg živé hmotnosti)	62	60	64	7	0,622
Hmotnost obsahu střeva (g / kg živé hmotnosti)	44	40	45	7	0,251
Hmotnost prázdného střeva (g/kg živé hmotnosti)	19	18	17	2	0,367
pH	5,88	5,86	5,95	0,22	0,542
Sušina (%)	23,1	23,2	22,9	1,5	0,912

<sup>1</sup>10 králíků / skupina; <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba. <sup>a,b</sup>. Hodnoty označené rozdílnými písmeny se navzájem významně liší na hladině P < 0,05.

Hydrolytická aktivita pankreatických enzymů a koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva je uvedena v tabulce 13. Amylázová aktivita se v rámci jednotlivých skupin králíků nelišila. U králíků krmených dietou s žitnými otrubami byla zaznamenána vyšší proteolytická aktivita (190 vs. v průměru 157 mg azokaseinu / g sušiny / h; P=0,040), lipolytická aktivita (7 vs. v průměru 6 mmol butyrátu / g sušiny / h; P=0,078) a též koncentrace kyseliny sialové (1,8 vs. v průměru 1,2 µg / g sušiny vzorku; P=0,021).

**Tabulka 13** Aktivity pankreatických enzymů a koncentrace kyseliny sialové v obsahu tenkého střeva králíků<sup>1</sup> (61. den věku králíků)

	Krmné směsi			RMSE <sup>2</sup>	P
	Pšeničné otruby	Kukuřičné otruby	Žitné otruby		
Amylázová aktivita <sup>3</sup>	9,02	8,99	9,18	2,92	0,988
Proteolytická aktivita <sup>4</sup>	150,78b	163,32ab	190,31a	33,45	<b>0,040</b>
Lipolytická aktivita <sup>5</sup>	5,71b	6,34ab	7,35a	1,56	<b>0,078</b>
Kyselina sialová <sup>6</sup>	1,29b	1,18b	1,78a	33,58	<b>0,021</b>

<sup>1</sup>10 králíků / skupina; <sup>2</sup>RMSE: střední kvadratická chyba; <sup>3</sup>mg cukru / g sušiny tráveniny / h; <sup>4</sup>mg azokaseinu / g sušiny / h; <sup>5</sup>mmol butyrátu / g sušiny / h.; <sup>6</sup>μg / g sušiny vzorku). <sup>a,b</sup> Hodnoty označené rozdílnými písmeny se navzájem významně liší na hladině P < 0,05.

## 6 Diskuze

### 6.1 Chemické složení kukuřičných otrub

Chemické složení kukuřičných otrub, pokud se týká obsahu hrubého proteinu, hrubého tuku, hrubé vlákniny, neutrálně detergentní vlákniny, acido-detergentní vlákniny, acido-detergentního ligninu, škrobu či obsahu energie, se shoduje s mezinárodní databází zdrojů krmiv pro zvířata a dalšími autory (Heuzé et al. 2016; Lebas et al. 2012). Z chemického složení kukuřičných otrub je zřejmé, že se jedná o velmi kvalitní krmivo, které kromě příznivého obsahu základních živin, může být též zajímavé z pohledu vitaminů a přírodních karotenoidů, přičemž splňuje teze oběhových krmiv. Spolu s žitnými a pšeničnými otrubami, tak mohou představovat hlavní komponenty budoucích diet určených pro chov králíků.

### 6.2 Charakteristika slepého střeva

Jedním z problémů, které mohou v období kolem odstavu nastat, jsou poruchy trávení (Gidenne 1997; Gidenne & Fortun-Lamothe 2002; de Blas et al. 2012; Gidenne et al. 2020b). Po zákazu používání krmných antibiotik bylo nutné hledat možnosti, jak těmto problémům předcházet. Bylo nutné lépe poznat nutriční potřeby odstavených králíků, zejména pokud se týká mikrobiální aktivity v kaudálních oddílech trávicího traktu králíka. Dnes je známo, že pro snižování zdravotních rizik, spojených s trávicím procesem, je nutné zajistit optimální prostředí pro činnost mikrobioty slepého střeva, která prostřednictvím fermentace vhodné skladby neškrobových polysacharidů přítomných v krmné dávce, zaručí adekvátní produkci těkavých mastných kyselin a pH obsahu slepého střeva (Gidenne 2015; Gidenne et al. 2020b). Vhodné pH obsahu slepého střeva potlačuje nárůst patogenních mikroorganismů (například enteropatogenní *E. coli*), jejichž proliferace na úrovni slepého střeva, v případě pH nad 7, způsobuje průjmy, jež jsou často fatální (Gidenne 1997; Gidenne & Licois 2005). V tomto ohledu lze říci, že výsledky předkládané diplomové práce ukazují, že zařazení pšeničných, žitných či kukuřičných otrub do krmné směsi, coby zdroje neškrobových polysacharidů, mělo příznivý dopad na pH obsahu slepého střeva, a tedy na fermentační aktivitu. Ve všech sledovaných skupinách králíků byla dosažena průměrná hodnota pH obsahu slepého střeva na úrovni 5,9 – 6,0, což je ve shodě s hodnotami, které se uvádějí u zdravých králíků. García et al. (2002) uvádějí průměrné hodnoty pH v obsahu slepého střeva rostoucích – vykrmovaných králíků mezi 5,43 – 6,83. V rámci předkládané diplomové práce byl dále zhodnocen vliv použitých diet, lišících se druhem obilných otrub, na retenční čas tráveniny v trávicím traktu. Je známo, že zdržení tráveniny ve slepém střevě představuje 60 % z celkového zdržení tráveniny v gastrointestinální traktu, přičemž je prokázána negativní korelace mezi rychlostí průchodu tráveniny trávicím traktem a hmotností obsahu slepého střeva (Gidenne 1994; García et al. 1997). V rámci jednotlivých skupin králíků nebyl zaznamenán vliv použitých otrub na hmotnost obsahu slepého střeva, a tedy na dobu zdržení tráveniny v trávicím traktu. Tato skutečnost je dána velikostí částic vlákniny a obsahem ligninu v krmných směsích. Je známo, že hmotnost obsahu slepého střeva roste tehdy, jestliže podíl částic menších než 0,315 je vyšší

než 78 % (Nicodemus et al. 1997) či hladina ligninu v krmné směsi klesá pod 4,1 % (Nicodemus et al. 1998). V krmných směsích, testovaných v rámci předkládané diplomové práce, nepřesáhl podíl nejmenších částic 78 % a obsah ligninu v dietách byl v průměru 5,6 %.

### 6.3 Stravitelnost živin

Sledování efektivnosti využití živin, prostřednictvím vhodné metodologie pro zjišťování stravitelnosti živin, je jedním z hlavních faktorů posuzování kvality krmiva. V současné době již nelze hodnotit kvalitu krmiva jen z pohledu užítkovosti zvířat, ale též hlediska ekologické stopy. V tomto ohledu je důležitým parametrem stravitelnost hrubého proteinu. Obecně lze říct, že stravitelnost proteinu byla v rámci všech experimentálních diet, použitých v této diplomové práci, na standardní úrovni (například Volek et al., 2018). V rámci sledovaných diet byla zaznamenána významně nižší stravitelnost hrubého proteinu u králíků, kterým byla podávána směs s kukuřičnými otrubami. Tato skutečnost může souviset s fyzikální strukturou diety obsahující kukuřičné otruby, kdy v této směsi byl nejvyšší obsah hrubých částic. Podobně jiní autoři popisují nižší stravitelnost hrubého proteinu u králíků, kterým byla podávána dieta s vyšším obsahem hrubých částic, než u králíků přijímajících krmnou směs s vyšším podílem jemných částic (Tufarelli et al. 2010). Pokud se týká stravitelnosti škrobu, nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v rámci sledovaných diet, přičemž dosažené koeficienty stravitelnosti škrobu jsou ve shodě s dalšími autory (de Blas a Gidenne 2020). Obecně lze také říct, že dosažené hodnoty koeficientů stravitelnosti frakcí vlákniny (neutrálně detergentní vláknina a lignocelulóza), v rámci této diplomové práce, byly též ve shodě s běžně uváděnými hodnotami (Gidenne et al. 2020a). U králíků, kterým byla podávána kompletní krmná směs s žitnými otrubami, byla zaznamenána nižší stravitelnost acidodetergentní vlákniny. Tento rozdíl lze do určité míry vysvětlit rozdílnou distribucí velikosti částic v použitých dietách. Nutno však poznamenat, že v literatuře jsou protichůdné výsledky. Na jedné straně jsou autoři, kteří podobně jako v případě této diplomové práce, popisují vliv velikosti částic na stravitelnost vlákniny (např. Lebas 1977; Tufarelli et al. 2010), zatímco jiní autoři vliv velikosti částic na stravitelnost vlákniny nepozorovali (například Gidenne 1992). Obecně se vliv velikosti částic na stravitelnost vlákniny dává do souvislosti s vyšším podílem hrubých částic. Nižší stravitelnost vlákniny se pak vysvětluje tím, že u diet s vyšším obsahem jemných částic se zvyšuje podíl ve vodě rozpustných složek a bakterií, které se antiperistaltickými pohyby vrací do slepého střeva, což může zlepšit stravitelnost vlákniny, zatímco v případě vyššího podílu hrubých částic v dietě se tento zpětný pohyb tráveniny snižuje (Bouyssou et al. 1988). Protichůdnost výsledků, kdy se nepotvrzuje vliv velikosti částic na stravitelnost vlákniny, se dává do souvislosti s vysokou schopností trávicího traktu králíka se adaptovat k různé velikosti částic v dietě (Gidenne, 1992; Lambertini et al. 2000).

### 6.4 Aktivita proteolytických enzymů

V rámci diplomové práce byl pozorován vliv diety na hydrolytickou aktivitu proteolytických a lipolytických pankreatických enzymů. Vyšší aktivita byla pozorována u

králíků, kterým byla podávána dieta obsahující žitné otruby. V této dietě byl nejvyšší podíl jemných částic, což lze zřejmě dávat do souvislosti s ovlivněním architektury sliznice tenkého střeva. Tufarelli et al. (2010) pozorovali, u králíků, kterým byla podávána jemně mletá dieta (namísto hrubě mleté diety), významně vyšší délku klků a poměr mezi délkou klků a hloubkou krypt. Zmínění autoři vyvozují, že tato skutečnost může zvětšit absorpční plochu a v důsledku toho i adekvátní akci trávicích enzymů

## 6.5 Růst, příjem krmiva, konverze krmiva a zdravotní stav

Ekonomický úspěch farmy je spojen s globální konverzí krmiva. Do celkové konverze krmiva se započítávají údaje od chovných zvířat (králice s potomstvem, mladé králice v rodičovském stádu, samci) a též vykrmovaných zvířat. Z hlediska výkrmu pak na konverzi krmiva má vliv růst zvířat, příjem krmiva a samozřejmě sanitární index, protože globální konverze krmiva se počítá jako kg zkonzumovaného (nakoupeného) krmiva / kg vyprodukovaných (prodaných) králíků za určité období (rok). Z výsledků předložené diplomové práce lze vidět, že v rámci sledovaných diet nebyl zaznamenán rozdíl ve finální živé hmotnosti králíků, což je dáno dosaženým průměrným přírůstkem, který se mezi jednotlivými skupinami králíků též významně nelišil. Podobně další autoři uvádějí, že velikost částic diety neměla vliv na růst králíků (Romero et al. 2011). Obecně lze dosažené ukazatele růstu hodnotit jako velmi dobré, přičemž odpovídají dosahovaným hodnotám, které pro vykrmované králíky uvádějí také jiní autoři (například Volek et al. 2018). U králíků krmených dietou s kukuřičnými otrubami byla zaznamenána významně lepší konverze krmiva z pohledu celého výkrmu než u ostatních skupin zvířat. Tento nálezu souvisí se signifikantně nižším příjmem krmiva u těchto zvířat a s nesignifikantně vyšším přírůstkem živé hmotnosti králíků během druhého období výkrmu (36,7 g/den vs. 35,2 g/d) než u ostatních skupin zvířat. Obecně je rozdíl v příjmu krmiva připisován retenčnímu času tráveniny v trávicím traktu (de Blas et al. 1999). V případě králíků krmených dietou s kukuřičnými otrubami, jak bylo vysvětleno výše, se však retenční čas tráveniny v porovnání s dalšími skupinami králíků nelišil. Na příjem krmiva má také obvykle vliv poměr stravitelného proteinu ke stravitelné energii (de Blas et al. 1981), ale protože se tento poměr v rámci sledovaných diet též nelišil, neměl na nižší příjem krmiva u králíků krmených dietou s kukuřičnými otrubami vliv. Výsledky diplomové práce tak potvrzují obecnou skutečnost, pozorovanou u králíků, kdy vyšší obsah tuku v krmné směsi, v daném případě obsahující kukuřičné otruby, zvyšuje příjem stravitelné energie, což je obvykle doprovázeno příznivým dopadem na růst a zejména redukcí v příjmu krmiva. Tato skutečnost pak zlepšuje konverzi krmiva (Xiccato 1999). Tyto výsledky diplomové práce potvrzují některé nálezy z tropických oblastí (Adejinmi et al. 2013), kde na malém počtu zvířat ve skupině, za použití lokálních plemen králíků, autoři zjistili, že podávání diety obsahující kukuřičné otruby v množství 35 %, zlepšilo průměrný denní přírůstek a konverzi živin, přičemž se nezměnila nutriční i sensorická kvalita masa. Ve zmíněné práci byly použity kukuřičné otruby, které obsahovaly přibližně 92,3 % sušiny, 11,10 % hrubého proteinu, 8,24 % hrubé vlákniny, 11,75 % popelovin a 58,51 % bezdusíkatých látek výtažkových.

## 7 Závěr

Moderní lidská výživa sleduje kvalitu, chutnost masa a jeho vliv na zdravotní stav. Králíčí maso je jedním z nejzdravějších, doporučuje se proto například lidem trpícím dnou, hypertenzí či dětem, a je tedy velmi vhodnou potravinou. Chov králíků je však velmi náročný a je potřeba jej zefektivnit. Krmiva pro hospodářská zvířata mnohdy konkurují potravinám. Proto se v současné době hledají nové možnosti krmiv, které lze využívat pro krmení zvířat. U králíků se nabízejí například kukuřičné otruby, které však v případě krmení faremně chovaných králíků dosud zkoušeny nebyly. Hledání možností zařazení jiných otrub, než běžně používaných pšeničných otrub vychází z dotazů praxe, kdy se odpovídá na otázku, zda lze nalézt náhradu za někdy nedostatkové, jindy nekvalitní pšeničné otruby.

Cílem diplomové práce tedy bylo ověřit hypotézu, zda se dají zkrmovat kukuřičné otruby stejně jako žitné a pšeničné otruby ve výživě výkrmových králíků. Protože se sledované ukazatele užitekosti vykrmovaných králíků v jednotlivých skupinách, stejně jako zdravotní stav či další parametry, nelišily, je možné říci, že navržená hypotéza byla potvrzena. Ve srovnání s dietami obsahujícími pšeničné či žitné otruby byla navíc u králíků s kukuřičnými otrubami dosažena lepší konverze krmiva

Výsledky této diplomové práce přináší možnost využití zcela nového krmiva ve výživě králíků, přičemž se jedná o originální výsledky, protože zařazení kukuřičných otrub do diet intenzivně chovaných králíků doposud nebylo u moderních genotypů králíků zkoumáno. Tato práce také potvrzuje předešlé výzkumy o zařazení žitných otrub do směsí pro králíky. Rozšířila se tak surovinová základna pro výrobu krmných směsí pro králíky.

Jeden z hlavních cílů pro další výzkumy by mělo být zkoumat možnost zařazení dalších druhotných produktů výroby potravin či krmiv, ať už z potřeby rozšířit sortiment krmných surovin, a tak snížit dovoz mnohdy drahých krmiv či závislost v případě jejich nedostatku, či z pohledu snižování ekologické stopy.

## 8 Literatura

- Acedo-Rico J, Méndez J, Santomá G. 2020. Feed Manufacturing. Pages 275 - 305 in de Blas C, Wiseman J, editors. Nutrition of the rabbits 3rd editions. CAB International, UK.
- Act No. 246/1992 Coll. Act of the Czech National Council for the Protection of Animals against Cruelty. Version 01.10.2022 - 31.12.2026.
- Adejinmi OO, Odetola OM, Omole JA. 2013. Performance and Carcass Characteristics of Growing Rabbits Fed Diets Containing Different Fibrous Ingredients. *Journal of Agricultural Science* **5**:198-203.
- Alagón G, Arce O, Serrano P, Ródenas L, Martínez-Paredes E, Cervera C, Pascual JJ, Pascual M. 2015. Effect of feeding diets containing barley, wheat and corn distillers dried grains with solubles on carcass traits and meat quality in growing rabbits. *Meat Science* **101**:56-62.
- Albonetti S, Minardi P, Trombetti F, Savigni F, Mordenti AL, Baranzoni GM, Trivisano C, Greco FP, Badiani, A. 2017. In vivo and in vitro effects of selected antioxidants on rabbit meat microbiota. *Meat Science* **123**:88-96.
- Al-Soufi S, García J, Muínos A, López-Alonso M. 2022. Marine Macroalgae in Rabbit Nutrition – A Valuable Feed in Sustainable Farming. *Animals* (e2346) DOI:doi.org/10.3390/ani12182346.
- AOAC International. 2005. Official methods of analysis. Official Methods of Analysis of AOAC, 18th ed. Gaithersburg, USA.
- Babinszky L, Verstegen MWA, Hendriks WH. 2019. Challenges in the 21st century in pig and poultry nutrition and the future of animal nutrition. Pages 17 -37 in Hendriks WH, Verstegen MWA, Babinszky L editors. Poultry and pig nutrition. Academic Publishers, Wageningen.
- Birolo M, Xiccato G, Bordignon F, Dabbou S, Zuffellato A, Trocino A. 2022. Growth performance, digestive efficiency, and meat quality of two commercial crossbred rabbits fed diets differing in energy and protein levels. *Animals* (e2427) DOI: 10.3390/ani12182427.
- Bouyssou T, Candau M, Ruckebusch Y. 1988. Réponses motrices du côlon aux constituants pariétaux et à la finesse de mouture des aliments chez le lapin. *Reproduction Nutrition Développement* **28**:181-182.
- Brunner TA, Van der Horst K, Siegrist M. 2010. Convenience food products. Drivers for consumption. *Appetite* **55**:498-506.
- Caeneiro M et al. 2014. Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science* **345**: 1074-1079.

Casado C, Moya VJ, Pascual JJ, Blas E, Cervera C. 2013. Dietary fatty acid profile: effects on ceecal fermentation and performance of young and fattening rabbits. *World Rabbit Science* **21**:235-242.

Carabaño R, Piquer J, Menoyo D, Badiola I. 2020. The digestive system of the rabbit. Pages 9-32 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Carabaño R, Badiola I, Chamorro S, García J, García-Ruiz AI, García-Rebollar P, Gómez-Conde MS, Gutiérrez I, Nicodemus N, Villamide MJ, de Blas JC. 2008. Review. New trends in rabbit feeding: influence of nutrition on intestinal health. *Spanish Journal of Agricultural Research* **6**:15-25.

Chang ST, Chen PF, Chang SC. 2001. Antibacterial activity of leaf essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum*. *Journal of ethnopharmacology* **77**:123-127.

Cheeke PR, Amberg JW. 1973. Comparative calcium excretion by rats and rabbits. *Journal of Animal Science* **37**:450-454.

Coba de la Pena T, Pueyo, JJ. 2012. Legumes in the reclamation of marginal soils, from cultivar and inoculant selection to transgenic approaches. *Agronomy for Sustainable Development* **32**:65-91.

Combes S, Fortun-Lamothe L, Cauquil L, Gidenne T. 2013. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal* **7**:1429-1439.

Combes S, Michelland RJ, Monteils V, Cauquil L, Soulié V, Tran NU, Gidenne T, Fortun-Lamothe, L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS microbiology ecology*, **77**:680-689.

Cullere M, Dalle Zotte A. 2018. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science* **143**: 137-146.

Cullere M, Dalle Zotte A, Tasoniero G, Giaccone V, Szendrő Z, Szín M, Odermatt M, Gerencsér Z, Dal Bosco A, Matics Z. 2018. Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage. *Meat Science* **141**:36-43.

Dabbou S et al. 2017. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass Characteristics and meat quality. *Meat Science* **124**:77-83.

Dalle Zotte, A. 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers* **4**:62-67.

Dalle Zotte A, Celia C, Szendrő Z. 2016. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science* **189**:82-90.



- Dalle Zotte A, Cullere M, Sartori A, Dal Bosco A, Geremcsér Z, Kovacs M, Szendrő Z. 2014. Effect of dietary supplementation of spirulina (*Spirulina platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on carcass composition, meat physical traits, and vitamin B12. *World Rabbit Science* **22**: 11-19.
- Dalle Zotte A, Szendrő Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science* **88**: 319-331.
- Davis S, Vilhena J. 2017. Animal remains from Iron Age and Roman Odemira. *International Journal of Archaeozoology* **26**:199-217.
- De Blas JC, Chamorro S, García-Alonso J, García-Rebollar P, García-Ruiz AI, Gómez-Conde MS, Carabaño R. 2012. Nutritional digestive disturbances in weaner rabbits. *Animal Feed Science and Technology* **173**:102-110.
- De Blas C, García J, Carabaño R. 1999. Role of fibre in rabbit diets. A review. *Annales de Zootechnie* **48**:3-13.
- De Blas E, Gidenne T. 2020. Digestion of Sugars and Starch. Pages 33 - 56 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.
- De Blas C, Mateos GG. 2020. Feed formulation. Pages 306 - 319 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.
- De Blas JC, Pérez E, Fraga MJ, Rodríguez JM, Gálvez JF. 1981. Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. *Journal of Animal Science* **52**:1225-1232.
- Delgado R, Menoyo D, Abad-Guamán R, Nicodemus N, Carabaño R, García J. 2019. Effect of dietary soluble fibre level and n-6/n-3 fatty acid ratio on digestion and health in growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology* (e114222) DOI:10.1016/j.anifeedsci.2019.114222.
- Dorman HD, Deans SG. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology* **88**:308-316.
- Duque-Acevedo M, Belmonte-Urena LJ, Cortes-García FJ, Camacho-Ferre F. 2020. Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Global Ecology and Conservation* (e00902) DOI: 0.1016/j.gecco.2020.e00902.
- EEC. 1986. Council Directive 86/609/EEC of 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes. *Off. J. Eur. Commun.* **358**:1-29.

El-Maghawry HA, Bassiony SS. 2023. Nutritional value, productive performance, and economic efficiency response to the degree of steam-flaked yellow corn in growing rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **107**:970-979.

EN 12823-1. 2000. Foodstuffs – Determination of Vitamin A by High Performance Liquid Chromatography–Part 1: Measurement of All-trans-Retinol and 13-cis-Retinol. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 12822-1. 2000. Foodstuffs – Determination of Vitamin E by High Performance Liquid Chromatography – Measurement of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherols. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Esposito B, Sessa MR, Sica D, Malandrino O. 2020. Towards Circular Economy in the Agri-Food sector. A Systematic Literature Review. *Sustainability* (e7401). DOI: 10.3390/su12187401.

Esteves PJ et al. 2018. The wide utility of rabbits as models of human diseases. *Experimental & Molecular Medicine* volume **50**:1-10.

Falcão-e-Cunha L, Castro-Solla L, Maertens L, Marounek M, Pinheiro V, Freire J, & Mourão JL. 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Science* **15**:127-140.

Fernández-Carmona J, Blas E, Pascual JJ, Maertens L, Gidenne T, Xiccato G, García J. 2005. Recommendations and guide-lines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Science* **13**:209-228.

Fonty G, Gouet PH. 1998. Fibre-degrading microorganisms in the monogastric digestive tract. *Animal feed Science and technology* **23**:91-107.

Fortun-Lamothe L, Boullier S. 2007. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livestock Science* **107**:1-18.

Franz R, Soliva CR, Kreuzer M, Hummel J, Clauss M. 2011. Methane output of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed a hay-only diet: Implications for the scaling of methane production with body mass in non-ruminant mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **158**:177-181.

Froescheis O, Moalli S, Liechti H, Bausch J. 2000. Determination of lycopene in tissues and plasma of rats by normal-phase high-performance liquid chromatography with photometric detection. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* **739**:291-299.

- García J, Gidenne T, Falcao-e-Cunha L, de Blas C. 2002. Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. *Animal Research* **51**:165-173.
- García J, Carabaño R, De Blas JC. 1999. Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journal of animal Science* **77**:898-905.
- García J, Villamide MJ, De Blas JC. 1997. Energy, protein and fibre digestibility of soya bean hulls for rabbits. *World Rabbit Science* **5**:111-113.
- Gibin D, Simonetto A, Zanini B, Gilioni G. 2022. A framework assessing the footprints of food consumption. An application on water footprint in Europe. *Environmental Impact Assessment Review* (e106735) DOI: 10.1016/j.eiar.2022.106735
- Gidenne T. 1994. Effect of a reduction in fibre content on the rate of passage through the digestive tract of the rabbit. Comparison of models for the fecal kinetics of 2 markers. *Reproduction, Nutrition, Development* **34**:295-306.
- Gidenne T. 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal* **9**:227-242.
- Gidenne, T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* **81**:105-117.
- Gidenne T. 1997. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livestock Production Science* **51**:73-88.
- Gidenne T. 1992. Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit. *British Journal of Nutrition* **67**:133-146.
- Gidenne T, Fortun-Lamothe L. 2002. Feeding strategy for young rabbits around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs. *Animal Science* **75**:169-184.
- Gidenne, T, Licois D. 2005. Effect of a high fibre intake on the resistance of the growing rabbit to an experimental inoculation with an enteropathogenic strain of *Escherichia coli*. *Animal Science* **80**:281-288.
- Gidenne T, Garreau H, Drouilhet L, Aubert C, Maertens L. 2017. Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology* **225**:109-122.
- Gidenne T, Jehl N. 1999. Réponse zootechnique du lapin en croissance face à une réduction de l'apport de fibres, dans des régimes riches en fibres digestibles. *Journal Rech. Cunicoles* **8**:109-113.

Gidenne T, Licois D. 2005. Effect of a high fibre intake on the resistance of the growing rabbit to an experimental inoculation with an enteropathogenic strain of Escherichia coli. *Animal Science* **80**:281-288.

Gidenne T, Carabaño R, Abad-Guamán R, García J, de Blas C. 2020A. Fibre Digestion. Pages 90-113 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Gidenne T, Lebas F, Licois D, García J. 2020B. Nutrition and Feeding Strategy: Impacts on Health Status. Pages 238- 275 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Gidenne T, Lebas F, Fortun-Lamothe L. 2020C. Feeding behaviour of rabbits. Pages 320-346 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Govoni C, D'Odorico P, Pinotti L, Rulli MC. 2023. Preserving global land and water resources through the replacement of livestock feed crops with agricultural by-products. *Nature Food* **4**:1047-1057.

Gresta F, Abbate V, Avola G, Magazzù G, Chiofalo B. 2010. Lupin seed for the crop-livestock food chain. *Italian Journal of Agronomy* **5**:333-340.

Hernández P, Dalle Zotte A. 2020. Influence of Diet on Rabbit Meat Quality. Pages 213 - 237 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Heuzé V, Tran G, Sauvant D, Lebas F. 2016. Maize bran and hominy feed. *Feedipedia*, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Available from <https://www.feedipedia.org/node/712> (accessed december 2016)

Hozáková M. 2023. Vliv zařazení žitných otrub do krmné směsi vykrmovaných králíků na růst, příjem krmiva, konverzi živin a kvalitu jatečného těla [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Huallpa AG. 2013. Use of barely, wheat and corn distiller's dried grain with solubles in diets for growing rabbits: nutritive value, growth performance and meat quality. Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València, València.

Huisman MMH, Weel KGC, Schols HA, Voragen AGJ. 2000. Xyloglucan from soybean (*Glycine max*) meal is composed of XXXG-type building units. *Carbohydrate Polymers* **42**:185-191.

Chen J, Yu X, Huang W, Wang C, He Q. 2021. A novel angiotensin-converting enzyme inhibitory peptide from rabbit meat protein hydrolysate: identification, molecular mechanism, and antihypertensive effect in vivo. *Food & Function* **23**: 12077-12086.

- Chrenková M, Chrastinová L, Lauková A, Ondruška L, Poláčiková M, Formelová Z, Szabóová R, Rafay J. 2012. The use of selected triticale and rye varieties in rabbit diets: effect on growth performance, digestibility and balance of nutrients. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science* **1**:923-929.
- Irving-Pease EK, Frantz LAF, Sykes N, Callou C, Larson G. 2018. Rabbits and the Specious Origins of Domestication. *Trends in Ecology & Evolution* **33**: 149-152.
- Kálal V. 1942. Králíkářství. Novina, Praha.
- Korhonen J, Honkasalo A, Seppälä J. 2018. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics* **143**:37-46.
- Kumar SA, Kim H, Jayasena DD, Jo C. 2023. On-Farm and Processing Factors Affecting Rabbit Carcass and Meat Quality Attributes. *Food Science of Animal Resources* **43**:197-219.
- Kumar V, Sezersan I, Garza-Reyes JA, Gonzalez EDRS, Al-Shboul MA. 2019. Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management decision* **57**:1067-1086.
- Lambert RJW, Skandamis PN, Coote PJ, Nychas GJ. 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology* **91**:453-462.
- Lambertini L, Cavani C, Zucchi P, Vignola G. 2000. Effect of different feed grinding fineness on the performances and digestive efficiency of growing rabbits. *Annales de zootechnie* **49**:141-150.
- Lebas F, Coudert P, Rouvier R, De Rochambeau H. 1997. The Rabbit: husbandry, health, and production. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome.
- Lebas F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins. *Revue bibliographique et perspectives. Cuni-Sciences* **5**:1-28.
- Lebas F, Bannelier C, Adoukonou J, Djago AY. 2012. Composition chimique de quelques matières premières disponibles pour l'alimentation du lapin au Bénin. *WRSA world Rabbit congress* **10**:581 – 584.
- Lee J, Wrolstad RE. 2004. Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry processing waste. *Journal of food Science* **69**:564-573.
- Lezoche M, Hernández JE, Díaz MDMEA, Panetto H, Kacprzyk J. 2020. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in industry* **117**: (e103187) DOI: 10.1016/j.compind.2020.103187.

Lowe JA. 2020. Pet Rabbit Feeding and Nutrition. Pages 399 - 423 in de Blas C, Wiseman J, editors. Nutrition of the rabbits 3rd editions. CAB International, UK.

Maertens L. 2020. Feeding Systems for intensive Production. Pages 347 - 364 in de Blas C, Wiseman J, editors. Nutrition of the rabbits 3rd editions. CAB International, UK.

Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Giger-Reverdin S, Lessire M, Lebas F, Ankers P. 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology* **212**:1-17.

Marry M, McCann MC, Kolpak F, White AR, Stacey NJ, Roberts K. 2000. Extraction of pectic polysaccharides from sugar-beet cell walls. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **80**:17-28.

Mertens DR. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC international* **85**: 1217-1240.

Mesa JA, Esparragoza I, Maury H. 2019. Trends and perspectives of sustainable product design for open architecture products: Facing the circular economy model. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology* **6**:377-391.

Miteva D, Velikov K, Ivanova S, Dimov K. 2020. Production of rabbit meat with functional properties. *AgroLife Scientific Journal* **9**:221-228.

Mor RS, Panghal A, Kumar V. 2021. Challenges and opportunities of circular economy in Agri-food sector. Springer, Singapore.

Morais T, Inácio A, Coutinho T, Ministro M, Cotas J, Pereira L, Bahcevandziev K. 2020. Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering* (e559) DOI: 10.3390/jmse8080559

Murray A, Skene K, Haynes K. 2017. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics* **140**:369-380.

Musco N, Cutrignelli MI, Calabrò S, Tudisco R, Infascelli F, Grazioli R, Lo Presti V, Gresta F, Chiofalo, B. 2017. Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. *Journal of animal physiology and animal nutrition* **101**:1227-1241.

Nicodemus N, Garcia J, Carabaño R, Méndez J, De Blas C. 1997. Efecto del tamaño de partícula sobre la productividad en conejos. *ITEA* **18**:181-183.

Nicodemus N, Garcia J, Carabaño R, De Blas C. 1998. Effect of the inclusion of soybean hulls in commercial feeds on rabbit digestion and performance at varying dietary lignin concentration. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

- Omer HA, Ahmed SM, El-Kady RI, El-Shahat AA, El-Ayek MY, El-Nattat WS, Morad AA. 2019. Nutritional impact of partial or complete replacement of clover hay by untreated or biologically treated rice straw and corn stalks on: 1. growth performance and economic evaluation of growing New Zealand (NZW) White rabbits. *Bulletin of the National Research Centre* **43**:1-11.
- Omer HAA, EL-Nomeary YAA, EL-Kady RI, Badr MM, Ali FAF, Ahmed SM, EL-Allawy HMM, brahim SAM. 2013. Improving the Utilization of Rabbit Diets Containing Vegetable Oil by Using Fennel (*Foeniculum vulgare*) And Oregano (*Origanum vulgare* L) as Feed Additives. *Life Science Journal* **10**:2625-2636.
- Øverland M, Mydland LT, Skrede A. 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**:13-24.
- Partridge GG, Garthwaite PH, Findlay M. 1989. Protein and Energy retention by growing rabbits offered diets increasing proportions of fibre, *Journal Agricultural Science* **66**: 491-499.
- Perez JM, Lebas F, Gidenne T, Maertens L, Xiccato G, Parigi-Bini R, Dalle Zotte A, Cossu ME, Carazzolo A, Villamide MJ, Caraban˜ o R, Fraga MJ, Ramos MA, Cervera C, Blas E, Fernandez J, Falcao E, Cunha L, Bengala Freire J. 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science* **3**:41-43.
- Petracci M, Soglia F, Leroy F. 2018. Rabbit meat in need of a hat-trick: from tradition to innovation (and back). *Meat Science* **146**:93-100.
- Pinotti L, Luciano A, Ottoboni M, Manoni M, Ferrari L, Marchis D, Tretola M. 2021. Recycling food leftovers in feed as opportunity to increase the sustainability of livestock production. *Journal of Cleaner Production* (e126290) DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126290
- Portsmouth JI. 1997. The nutrition of the rabbits. Pages 93 – 111 in Haresign W, Swan h, Lewis D editors. *Nutrition and the Climatic Environment*. Butterworths London, UK.
- Rakita S, Banjac V, Djurahić O, Cheli F, Pinotti L. 2021. Soybean molasses in Animal Nutrition. *Animals* (e514) DOI: 10.3390/ani11020514
- Robertson JB, Van Soest PJ. 1981. The detergent system of analysis. Pages 123 – 158 in James, WPT, Theander O. editors. *The Analysis of Dietary Fibre in Food*. Marcel Dekker, NY, USA.
- Romero C, Nicodemus N, Rodríguez JD, García AI, De Blas C. 2011. Effect of type of grinding of barley and dehydrated alfalfa on performance, digestion, and crude mucin ileal concentration in growing rabbits. *Journal of animal science* **89**:2472-2484.

Rossi R, Vizzaarri F, Ratti S, Palazzo M, Casamassima D, Corino C. 2020. Effects of long-Term Supplementation with Brown Seaweeds and Polyphenols in Rabbit on Meat Quality Parameters. *Animals* (e2443) DOI: 10.3390/ani10122443

Salcedo J, Lacomba R, Alegría A, Barbera R, Matencio E, Jesús Lagarda M. 2011. Comparison of spectrophotometric and HPLC methods for determining sialic acid in infant formulas. *Food Chemistry* **127**:1905-1910.

Sandström V, Chrysafi A, Lamminen M, Troell M, Jalava M, Piipponen J, Siebert S, van Hal O, Virkki V, Kumm M. 2022. Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. *Nature food* **3**:729-740.

Smil V. 2013. *Should We Eat Meat?: Evolution and Consequences of Modern Carnivory*. John Wiley & Sons, UK.

Statistical Analysis System. 2006. *SAS/STAT User's Guide (Release 9.1)*. SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.

Tassou C, Koutsoumanis K, Nychas GJ. 2000. Inhibition of *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in nutrient broth by mint essential oil. *Food research international*, **33**:273-280.

Taubner T, Skřivan M, Englmaierová M, Malá L. 2023. Effects of hemp seed and flaxseed on enzyme activity in the broiler chicken digestive tract. *Animal* **17** (e100765) DOI: 10.1016/j.animal.2023.100765.

Trocino A, Cotozzolo E, Zomeño C, Petracci, M, Xiccato, G, Castellini C. 2019. Rabbit production and science: the world and Italian scenarios from 1998 to 2018. *Italian Journal of Animal Science* **18**:1361-1371.

Trocino A, Majolinni D, Tazzoli M, Filiou E, Xiccato G. 2013. Housing of growing rabbits in individual, bicellular and collective cages: faer level and behavioural patterns, *Animal* **7**:633-639.

Toop TA, Ward S, Oldfield t, Hull M, Kirby me, Theodorou MK. 2017. AgroCycle – developing a circular economy in agriculture. *Energy Prodedia* **123**:76-80.

Tufarelli V, Desantis S, Zizza S, Laudadio V. 2010. Performance, gut morphology and carcass characteristics of fattening rabbits as affected by particle size of pelleted diets. *Archives of Animal Nutrition* **64**:373-382.

Uhlířová L, Volek Z, Marounek M. 2018. White lupin bran and its effects on the growth performance, carcass characteristic and digestibility of nutrients in fatterients in fattening rabbits. *World Rabbit Science* **26**:1-6.



United Nations. 2017. World population to hit 9.8 billion by 2050, despite nearly universal lower fertility rates – UN. Available from <https://news.un.org/en/story/2017/06/560022> (Accessed June 2017).

Van Zanten HHE, Simon W, Van Selm B, Wacker J, Maindl TI, Frehner A, Herrero M. 2023. Circularity in Europe strengthens the sustainability of the global food system. *Nature Food* **4**:320-330.

Vastolo A, Calabrò S, Cutrignelli MI. 2022. A review on the use of agro-industrial co-products in animal's diets *Italian Journal of Animal* **21**:577-594.

Verga M, Luzi F, Petracci M, Cavani C. 2009. Welfare aspect in rabbit rearing and transport. *Italian Journal of Animal Science* **8**:191-204.

Villamide MJ, Nicodemus N, Fraga MJ, Carabaño R. 2020A. Protein Digestion. Pages 57 - 76 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Villamide MJ, Maertens L, de Blas C. 2020B. Feed Evaluation. Pages 201 – 212 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB International, UK.

Volek Z. 2017. *Základy výživy a krmení brojlerových králíků*. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha, Uhřetěves.

Volek Z. 2020. *Krmiva, krmné směsi a technika krmení králíků v intenzivních chovech a drobnochovech*. Agrární komora České republiky, Praha.

Volek Z, Hozáková M, Taubner T. 2023. Využití žitných otrub ve výkrmových dietách králíků. *Náš chov* **5**:40-42.

Volek Z, Ebeid TA, Uhlířová L. 2018. The impact of substituting soybean meal and sunflower meal with a mixture of white lupine seeds and rapeseed meal on rabbit doe milk yield and composition, and growth performance and carcass traits of their litters. *Animal Feed Science and Technology* **236**: 187-195

Volek Z, Volková L, Marounek M. 2013. Effect of a diet containing white lupin hulls (*Lupinus albus* cv. Amiga) on total tract apparent digestibility of nutrients and growth performance of rabbits. *World Rabbit Science* **21**:17-21.

World economic forum. 2021. The world's food waste problem is bigger than we thought - here's what we can do about it. World economic forum. Available from <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/global-food-waste-solutions/> (Accessed March 2021).

Xiccato G. 1999. Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Science* **7**:75-86.

Xiccato G, Trocino A, Sartori A, Queaque PI. 2002. Effect of dietary starch level and source on performance, caecal fermentation and meat quality in growing rabbits. *World Rabbit Science* **10**:147-157.

Xiccato G. 2020. Fat Digestion. Pages 77 - 89 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB Interantional, UK.

Xiccato G, Trocino A. 2020. Energy and Protein metabolism and Requirements. Pages 114 – 161 in de Blas C, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbits 3rd editions*. CAB Interantional, UK.

Zadina J. 2003. *Vzorník plemen králíků*. Český svaz chovatelů, Brno.

Zita L, Folbrechtová K, Volek Z, Ledvinka Z. 2013. Využití králíka v zoorehabilitaci. *Nové směry v intenzivních a zájmových chovech králíků* **7**:25-27.

## 9 Samostatné přílohy



Obrázek 1: kontrola přírůstku živé hmotnosti



Obrázek 2: trávicí trakt králíka