

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra speciální zootechniky**

**Vliv restrikce na vývoj svalového vlákna brojlerového  
králíka**

.....  
doktorská disertační práce

**Autor:            Ing. Darina Chodová**

**Školitel:        prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.**

**Praha 2014**

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma: **Vliv restrikce na vývoj svalového vlákna brojlerového králíka** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne .....

.....

podpis doktoranda

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí disertační práce prof. Ing. Evě Tůmové, CSc. za cenné rady a trpělivost při vyhotovení této práce. Moje poděkování patří i kolektivu pracovníků Výzkumného ústavu živočišné výroby v Praze – Uhřetěvsi za pomoc při realizaci experimentů. V neposlední řadě bych chtěla také poděkovat své rodině za podporu a poskytnuté zázemí.

Disertační práce byla zpracována na Katedře speciální zootechniky, Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze v rámci projektu „S“ Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

# OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>5</b>
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Význam restrikce u králíků .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Vliv restrikce na růst, kompenzace růstu .....	8
2.1.2. Vliv restrikce krmiva na složení jatečného trupu.....	11
<b>2.2. Vliv restrikce na fyzikální parametry kvality masa .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Barva masa .....	15
2.2.2. Hodnota pH .....	16
2.2.3. Textura masa .....	18
2.2.4. Vaznost masa .....	19
<b>2.3. Chemické složení masa.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. Svaly a svalová vlákna.....</b>	<b>22</b>
2.4.1. Vliv restrikce na charakteristiky svalových vláken .....	26
<b>3. HYPOTÉZA .....</b>	<b>30</b>
<b>4. CÍL .....</b>	<b>30</b>
<b>5. MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1. Podmínky pokusů .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2. Sledování výkrmnosti a jatečné hodnoty.....</b>	<b>32</b>
<b>5.3. Analýzy masa .....</b>	<b>32</b>
<b>5.4. Statistické vyhodnocení.....</b>	<b>35</b>
<b>6. VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>36</b>
<b>6.1. Pokus 1 (restrikce 35. – 42. den).....</b>	<b>36</b>
6.1.1. Výsledky výkrmnosti .....	36
6.1.2. Jatečný rozbor .....	38
6.1.3. Fyzikální parametry masa .....	41
6.1.4. Svalová vlákna .....	43
6.1.5. Shrnutí výsledků pokusu 1 .....	47
<b>6.2. Pokus 2 (restrikce 42. – 49. den).....</b>	<b>54</b>
6.2.1. Výsledky výkrmnosti .....	54
6.2.2. Jatečný rozbor .....	56
6.2.3. Fyzikální parametry masa .....	59

6.2.4. Svalová vlákna .....	61
6.2.5. Shrnutí výsledků pokusu 2 .....	64
<b>6.3. Pokus 3 (odstav ve 25 dnech a restrikce 32. – 39. den).....</b>	<b>71</b>
6.3.1. Výsledky výkrmnosti .....	71
6.3.2. Jatečný rozbor .....	72
6.3.3. Fyzikální parametry masa .....	75
6.3.4. Svalová vlákna .....	76
6.3.5. Shrnutí výsledků pokusu 3 .....	79
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>87</b>
<b>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>91</b>
<b>9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>100</b>

## 1. ÚVOD

V České republice má chov králíků dlouholetou tradici, první zmínky o chovu králíků pocházejí ze 13. století, velký rozvoj nastal až v 19. století. Králíci jsou chováni především pro velmi kvalitní a dietní maso, dále jsou ceněny kožky a srst angorských králíků.

Králíčí maso odpovídá požadavkům spotřebitelů, kteří mají zájem o zdravou výživu, neboť je velice kvalitní pro velmi vysokou nutriční hodnotu a lehkou stravitelnost. Zatímco obsah tuku v králíčím mase je nízký stejně jako obsah cholesterolu a podíl n-3 a n-6 polynenasycených masných kyselin, vyznačuje se významným obsahem kvalitních, vysoce stravitelných bílkovin. Králíčí maso je řazeno mezi bílá masa.

Produkce králíčího masa je v současnosti zajištěna z části výkrmem brojlerových králíků, kteří vyhovují náročným podmínkám intenzivního chovu. Brojleroví králíci se vyznačují vysokou plodností, intenzitou růstu a jatečnou hodnotou, na něž byli prošlechtěni. Tyto vlastnosti jsou důležité také pro ekonomiku výkrmu, do které jsou samozřejmě započítány také náklady na veterinární úkony a výživu. Výživa a krmení je jedním z vnějších faktorů, který má vliv na růst, užitkovost králíků a kvalitu masa. U vykrmovaných králíků se restrikce krmiva využívá především z důvodu zlepšení konverze krmiva, snížení množství tuku v jatečném trupu a také kvůli minimalizaci trávicích obtíží u odstavených králíků. Pomocí modifikace živinového složení krmné dávky či jejího množství lze ovlivnit růst. Během doby, kdy je krmná dávka snížena, klesají také růstové schopnosti králíka. Po skončení restrikce králíci opět přijímají krmivo *ad libitum* a může nastat kompenzace růstu. V tomto období se přírůstky zvyšují a králíci se mohou hmotnostně vyrovnat králíkům bez omezení krmné dávky. Spolu s růstem mohou být ovlivněny vlastnosti masa a svalových vláken. Svalová vlákna, zejména jejich zastoupení a plocha, mají úzký vztah k fyzikálním ukazatelům kvality a mohou pravděpodobně ovlivnit i senzorické vlastnosti masa. V této oblasti je poměrně málo údajů. Proto je třeba sledovat vliv délky aplikace a intenzity kvantitativní restrikce na vývoj svalových vláken, jejich jednotlivé charakteristiky a s nimi související parametry kvality masa.

## 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1. Význam restrikce u králíků

Restrikce krmiva u králíků se aplikuje především ve výživě mladých samic, samců a chovných samic mimo březost jako prevence nadměrného ukládání tuku a s ním souvisejících reprodukčních problémů (Ferreira a Carregal, 1996; Maertens a Villamide, 2003; Rommers et al., 2004). U mladých rostoucích králíků může být restrikce krmiva využívána za účelem zlepšení stravitelnosti krmiva (Tůmová et al., 2002; 2003; Boisot et al. 2003; Di Meo et al., 2007; Gidenne a Feugier, 2009; Gidenne et al., 2009) a snížení množství tuku v jatečném trupu (Perrier, 1998; Gondret et al., 2000; Tůmová et al., 2003; 2007). U vykrmovaných králíků restrikce také omezuje zdravotní problémy, jako je například epizootická králičí enteropatie, které mohou nastávat při přechodu na pevná krmiva po odstavu (Dalle Zotte, 2002; Boisot et al., 2003; Di Meo et al., 2007). Vliv restrikce na výše zmíněné parametry závisí na začátku, délce a intenzitě restrikce. U králíků je obvykle využívána restrikce v rozmezí 1 až 5-ti týdnů (Gidenne et al., 2012) s intenzitou 90 – 40 % *ad libitní* (ADL) krmné dávky (Dalle Zotte et al., 2000; Di Meo et al., 2007; Bovera et al., 2008).

U králíků lze aplikovat restrikci v několika formách. Kvalitativní restrikce je snížení množství určité živiny, či více živin v krmivu, nebo její úplná absence (Khetani et al., 2008). Při této formě aplikace ovšem může docházet k nerovnováze živin v krmné dávce. Naproti tomu kvantitativní restrikcí je omezeno množství krmiva ve vztahu ke krmení *ad libitum*.

Určitým typem kvantitativní restrikce je časová restrikce, při které je omezena doba přístupu zvířat ke krmivu, popř. k vodě. Boisot et al. (2004) a Verdelhan et al. (2004) uvádějí, že restrikce vody může být alternativou k restrikci krmiva, ovšem lze ji snáze aplikovat. Příjem krmiva byl snížen o 18 %, pokud byl přístup k vodě omezen na 2 hodiny denně (Boisot et al., 2004), o 22 % na 90 minut denně (Verdelhan et al., 2004) a o 23 % na 1 hodinu denně (Boisot et al., 2005), což mělo stejnou efektivitu jako 65 % restrikce krmiva.

#### 2.1.1. Vliv restrikce na růst, kompenzace růstu

Růst je významným faktorem úspěšné produkce masa. Po narození mají králíčata nejvyšší intenzitu růstu, která se s rostoucím věkem snižuje. Vysoká intenzita růstu na



počátku výkrmu, na níž jsou brojleroví králíci šlechtěni, může být příčinou nadměrného ukládání tuku, metabolických obtíží či dokonce vyšší mortality. Pomocí restrikce lze těmto potížím předcházet. Snížený příjem krmiva redukuje růst v době aplikace restrikce. Gidenne et al. (2009) zaznamenali lineární pokles růstu o 0,5 g za den na každé procento restrikce krmiva. Růst je ovlivněn i hormonálními změnami. Například na buněčné proliferaci se podílí fibroblastový růstový faktor (FGF), na fúzi myoblastů prostaglandin PGE1, insulin, insulinový růstový faktor IGF, který je produkován játry po stimulaci somatotropinem, na syntéze proteinů – IGF a insulin, nebo na přeměně vláken z fetálního do dospělého stádia – thyroïdní hormony. V průběhu restrikce se zvyšuje tvorba a sekrece růstového hormonu, ale počet receptorů pro tento hormon v době omezeného krmení klesá. Vyšší hladina růstového hormonu zvyšuje mobilizaci mastných kyselin, které jsou využívány pro podporu energetických požadavků. Intenzivní restrikce krmiva zvyšuje sekreci hormonů důležitých pro katabolismus a stimuluje uvolňování aminokyselin ze svalových buněk, které jsou využívány hepatocyty pro glukoneogenezi (Hornick et al., 2000). Rommers et al. (2007) uvádějí, že v průběhu realimentace byl inzulin jediným hormonem u restringovaných králíků, který se vrátil do shodného rozmezí, jako byla hodnota u skupiny krmené *ad libitum*. Po ukončení období restrikce, kdy je krmivo podáváno *ad libitum*, se zvyšuje průměrný denní přírůstek charakteristický pro kompenzaci růstu (Tůmová et al., 2002; 2003). Gidenne et al. (2012) poukazují na to, že denní přírůstek v době realimentace králíků restringovaných na 40 % ADL je o 20 – 30 % vyšší než u *ad libitní* skupiny. Rozsah kompenzace růstu je definován kompenzačním indexem, který lze vypočítat jako poměr rozdílu hmotnosti na konci restrikce (A) a na konci kompenzační periody (B) ke změně hmotnosti na konci restrikce:  $I = (A - B)/A$ . Hodnota kompenzačního indexu se většinou pohybuje mezi 50 % a 100 % (Hornick et al., 2000). Kompenzace růstu je v korelaci se zlepšením konverze krmiva (Dalle Zotte et al., 2005b). Během kompenzace růstu se zvyšuje syntéza proteinů, zatímco jejich degradace je nízká následkem restrikce krmiva. Později se degradace zvyšuje a může převýšit rozklad proteinů u zvířat krmených *ad libitum* (Andersen et al., 2005). Míra ovlivnění růstových schopností a možnost vyvolání kompenzace růstu záleží na intenzitě, délce a začátku aplikace restrikce.

Vliv restrikce na růst byl studován jak z hlediska délky tak i intenzity. Perrier (1998) zjistil, že i přes kompenzaci růstu, způsobuje časná restrikce o intenzitě 50 % respektive 70 % ADL mezi 35. a 56. dnem věku nižší průměrný denní přírůstek ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum*, která měla na konci pokusu průkazně vyšší živou hmotnost než skupiny restringované. Rovněž Gondret et al. (2000) zaznamenali nižší průměrné denní přírůstky (o 53

%) u králíků s omezeným krmením na 70 % ADL od 11. do 18. týdne věku než u králíků krměných *ad libitum*. Ve shodě s předchozími autory také Tůmová et al. (2004, 2007) uvádějí snížení průměrného denního přírůstku u králíků intenzivně restringovaných (50 + 65 g krmiva, 42. až 56. den) oproti králíkům s méně intenzivním omezením krmiva (50 + 75 g) a skupině krměné *ad libitum*.

Vliv doby začátku a délky restrikce na růst zjišťoval Ledin (1984). Shledal průkazně nižší denní přírůstky u králíků restringovaných po celou dobu výkrmu než u králíků krměných *ad libitum*, či u skupiny restringované pouze po část výkrmu. Obdobně Tůmová et al. (2002) zaznamenali během periody restrikce průkazně nižší denní přírůstek (o 60 – 70 %) u králíků s omezeným krmením mezi 35. a 42. dnem na 50 g krmiva/ks/den a 42. – 49. dnem na 65 g krmiva/ks/den. Ovšem v týdnu následujícím po restrikci byla pozorována kompenzace růstu. Tůmová et al. (2003; 2006) použili omezené krmení u tří skupin od 35., 42. a 56. dne věku vždy na jeden týden v množství 50 g, 65 g respektive 90 g, čtvrtá skupina měla kombinaci všech předchozích restrikcí. V týdnu následujícím po ukončení restrikce se u skupin s omezeným krmením projevila kompenzace růstu prostřednictvím zvýšení průměrných denních přírůstků, které přesáhly přírůstky skupiny krměné *ad libitum*. Skupina s třítýdenní restrikcí měla průkazně nejnižší průměrný denní přírůstek oproti skupinám restringovaným po dobu jednoho týdne a kontrolní skupině. Také Oliveira et al. (2012) udávají, že králíci po skončení periody restrikce vykazovali neprůkazně rychlejší růst ve srovnání s králíky krměnými *ad libitum*. Taktéž časová restrikce mezi 5. – 11. týdnem měla za následek snížení průměrných denních přírůstků (44,2 g/d) v době její aplikace, na rozdíl od skupiny, která měla neomezený přístup ke krmivu (45,6 g/d; Matics et al., 2008).

Úroveň kompenzace růstu je důležitá pro porážkovou hmotnost králíků. Dalle Zotte et al. (1996) uvádějí, že technika krmení průkazně neovlivnila porážkovou hmotnost králíků. Naproti tomu Perrier (1998), Gondret et al. (2000) a Dalle Zotte et al. (2005b) prokázali, že omezené krmení 35. – 56. den věku snížilo u králíků živou hmotnost v závislosti na intenzitě restrikce. Králíci s 90 % *ad libitní* krmné dávky měli na konci pokusu vyšší živou hmotnost než králíci s intenzitou restrikce 70 % ADL. Gidenne a Feugier (2009) uvádějí, že například snížení krmné dávky o 20 % vedlo ke snížení živé hmotnosti o 11 %. Po ukončení pokusu nedosáhli restringovaní králíci hmotnosti zvířat krměných *ad libitum*, ale skupiny s restrikcí 80 %, 70 % respektive 60 % ADL měly o 3 %, 5 % a 7 % nižší hmotnost. V další práci Gidenne et al. (2009) udávají pokles porážkové hmotnosti o 4,5 g na každé procento restrikce. I dva týdny po skončení restrikce a následném příjmu krmiva *ad libitum*, byla živá hmotnost restringovaných králíků o 5 – 10 % nižší než u kontrolní skupiny (Gidenne et al., 2011).

Rovněž hmotnost časově restringovaných králíků byla nižší než u krmených *ad libitum* (Matics et al., 2008), takže se neprojevila plná kompenzace růstu. Po déle trvající či intenzivnější restrikci králíci obtížněji dosahovali plné kompenzace růstu. Variabilita živé hmotnosti zvířat ustájených v jedné kleci nebyla ovlivněna restrikcí. Králíci s vyšší hmotností nepřevýšili zvířata s nižší hmotností v příjmu krmiva pravděpodobně kvůli četné frekvenci příjmu krmiva během dne (30 – 40 za 24 hodin; Gidenne et al., 2012).

### **2.1.2. Vliv restrikce krmiva na složení jatečného trupu**

Spolu s ovlivněním růstu a porážkové hmotnosti může restrikce krmiva vést ke změnám charakteristik jatečné užitkovosti a kvality masa. Jatečná výtěžnost je u králíků vyjádřena jako podíl zchlazeného jatečně opracovaného trupu ze živé hmotnosti (Blasco a Ouhayoun, 1996). Při krmné dávce v množství 60 % *ad libitní* dávky aplikované od živé hmotnosti 1 kg až do porážky zaznamenal Ledin (1984) nižší jatečnou výtěžnost (53,6 %) u restringovaných oproti králíkům krmeným *ad libitum* a skupině s následnou realimentací. Podobně Perrier a Ouhayoun (1996) popsali u králíků s mírnou restrikcí (90 % ADL od 56. dne) snížení jatečné výtěžnosti. U zvířat s intenzivnější restrikcí byla jatečná výtěžnost vyšší. Naproti tomu Perrier (1998) uvádí průkazné snížení jatečné výtěžnosti u králíků s restrikcí 50 % ADL, zatímco skupiny s méně intenzivní restrikcí (70 % ADL) se nelišily od kontrolní skupiny. Podobné výsledky zaznamenali také Larzul et al. (2004) a Gidenne et al. (2009) u restringovaných králíků, kteří měli průkazně nižší jatečnou výtěžnost oproti skupině krmené *ad libitum* nezávisle na intenzitě restrikce (80 %, 70 % či 60 % ADL).

Kromě intenzity restrikce může být jatečná výtěžnost ovlivněna také dobou začátku restrikce. Podle Perriera a Ouhayouna (1996) králíci restringovaní od 56. dne měli podobnou jatečnou výtěžnost jako zvířata krmená *ad libitum*, ovšem králíci s omezeným množstvím krmiva do 56. dne měli oproti kontrolní skupině vyšší jatečnou výtěžnost. Odlišně od těchto autorů zjistili Gondret et al. (2000), kteří aplikovali restrikci později – od 11. do 18. týdne věku 70 % ADL, průkazné ( $P \leq 0,001$ ) snížení jatečné výtěžnosti ve srovnání s kontrolní skupinou. Tůmová et al. (2006) zaznamenali neprůkazně nižší jatečnou výtěžnost u králíků s délkou restrikce 3 týdny (35. – 42. den na 50 g, 42. – 49. den 65 g, 56. – 63. den 90 g krmiva/ks/den) ve srovnání s králíky restringovanými pouze na 1 týden či krmenými *ad libitum*.

Vlivem časové restrikce na jatečnou výtěžnost se zabývali Tůmová et al. (2003) a Yakubu et al. (2007), kteří uvádějí, že při různé délce doby přístupu ke krmivu (6 či 8 hodin denně) nebo při krmení obden po dobu 4, respektive 5-ti týdnů, nebyla jatečná výtěžnost ovlivněna. Přesto Matics et al. (2008) pozorovali vliv časové restrikce aplikované ihned po odstavu a zjistili průkazně vyšší jatečnou výtěžnost u restringovaných králíků. Ouhayoun (2003) uvádí, že jatečná výtěžnost může klesat u králíků kvůli delšímu retenčnímu času tráveniny v trávicím traktu. Plný trávicí trakt je těžší a tím se snižuje jatečná výtěžnost při porážce. Také Ouhayoun (2003) a Gidenne et al. (2009) se domnívají, že příčinou poklesu jatečné výtěžnosti byla nižší porážková hmotnost a vyšší hmotnost trávicího traktu. Pokud restringování králíci v době realimentace neprojeví plnou kompenzaci růstu, pak se také toto negativně odrazí v nižší porážkové hmotnosti a následně v nižší jatečné výtěžnosti.

Také složení jatečného trupu může být ovlivněno restrikcí. Jatečný trup se podle metodiky Blasca a Ouhayouna (1996) dělí na přední a zadní část mezi posledním hrudním a prvním bederním obratlem řezem hrudní stěny kopírujícím 12. žebro. Zatímco Perrier a Ouhayoun (1996) nezaznamenali vliv restrikce na podíl zadní části z jatečného trupu, Perrier (1998) uvádí průkazně vyšší podíl zadní části u restringovaných králíků nezávisle na intenzitě restrikce. Rovněž Metzger et al. (2009) zjistili u králíků se sníženým množstvím energie v krmivu o 20 % průkazně ( $P \leq 0,001$ ) vyšší podíl zadní části ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum*. Naproti tomu skupina, která měla energii sniženou pouze o 10 %, se nelišila od kontrolní skupiny. Na rozdíl od těchto autorů Gidenne et al. (2009) uvádějí průkazně ( $P \leq 0,001$ ) vyšší podíl zadní části, a zvláště podíl stehen u skupiny krmené *ad libitum* v porovnání s restringovanými králíky s různou intenzitou restrikce – 80, 70 a 60 % ADL. Časová restrikce neovlivnila podíl přední části, avšak podíl zadní části a stehen byl u králíků s omezeným krmením nižší (Matics et al., 2008). Přední část obsahuje více kostí, kdežto zadní část má vyšší podíl masa – to může být důvodem proč je podíl přední části nižší u skupiny s vyšším stupněm restrikce (Metzger et al., 2009). Ferreira a Carregal (1996) pozorovali zvýšený podíl stehen u králíků s restrikcí 50 % ADL mezi 70. až 120. dnem v porovnání s kontrolní skupinou. Podobné výsledky uvádějí také Combes et al. (2003). Naproti tomu Tůmová et al. (2006) nenalezli průkazné rozdíly v podílu stehen, ani v podílu zadní části mezi skupinou krmenou *ad libitum* a králíky s rozdílnou dobou začátku restrikce a její intenzitou. Gidenne et al. (2009) uvádějí, že restrikce 70 % ADL od 35. do 55. dne věku průkazně snížila podíl stehen z jatečného trupu, zatímco králíci s restrikcí 80 % či 60 % ADL se od zvířat krmených *ad libitum* v podílu stehen nelišili. Matics et al. (2008) zaznamenali průkazně nižší

podíl zadní části a stehen u králíků s časovou restrikcí krmiva 9 hodin denně 4. – 5. týden věku, 10 hodin 5. – 6. týden, 12 hodin 6. – 7. týden a 14 hodin 7. – 8. týdnem věku.

Restrikce krmiva nemá vliv pouze na podíl zadní části či stehen, ale také na podíl hřbetu. Ferreira a Carregal (1996) ve svých výsledcích uvádějí pokles podílu hřbetu u králíků s restrikcí 50 % ADL od 70 do 120 dnů věku. Rovněž Tůmová et al. (2006) popisují průkazný ( $P \leq 0,05$ ) vliv restrikce na podíl hřbetu. Králíci s pozdní týdenní restrikcí, 56. – 63. den na 90 g krmiva/ks/den, a králíci s restrikcí po dobu 3 týdnů měli nižší podíl hřbetu než skupina krmená *ad libitum*. Rovněž časová restrikce dle Maticse et al. (2008) vedla k poklesu podílu svalu *musculus longissimus lumborum*, který je hlavním svalem hřbetu. Spolu se vzrůstající intenzitou restrikce, či pokud je aplikována v pozdějším období, se podíl hřbetu snižoval. Toto pravděpodobně souvisí s alometrií růstu, kdy hřbet roste později než stehna (Pascual et al., 2008).

Technika krmení ovlivňuje taktéž podíl masa a kostí. Perrier a Ouhayoun (1996) zjistili, že omezení krmné dávky – 70 % ADL s následným omezením 90 % ADL nebo krmením 80 % ADL po celou dobu výkrmu, je příznivější pro poměr masa a kostí u stehen než při krmení *ad libitum*. Zatímco skupina restringovaná 90 % ADL 35. – 56. den a následně 70 % ADL mezi 56. – 77. dnem měla průkazně nejnižší hmotnost svaloviny stehen. Králíci s 50 % restrikcí měli nižší podíl svalů a kostí ve stehnu oproti zvířatům krmeným *ad libitum*, avšak skupina restringovaná na 70 % se od *ad libitum* nelišila (Perrier, 1998). Nižší podíl masa a kostí uvádějí také Larzul et al. (2004) u králíků s delší dobou restrikce (od 8. do 18. týdne). Na rozdíl od předchozích autorů Gidenne et al. (2009) nezaznamenali vliv intenzity restrikce na podíl masa a kostí.

Mezi požitelné vnitřnosti králíků patří srdce, játra a ledviny. Také jejich hmotnost či podíl mohou být ovlivněny technikou krmení. Vyšší hmotnost jater u restringovaných králíků popsali Ledín (1984) a Perrier a Ouhayoun (1996). Perrier (1998) uvádí průkazně nejvyšší podíl jater u králíků s nejintenzivnější restrikcí – 50 % ADL oproti králíků krmeným *ad libitum* a skupině s mírnější restrikcí – 70 % ADL. Rovněž Gondret et al. (2000) nezaznamenali průkazné rozdíly v hmotnosti jater mezi králíky restringovanými 70 % ADL mezi 11. a 18. týdnem a kontrolní skupinou krmenou *ad libitum*. Také Tůmová et al. (2003, 2004) nebo Oliveira et al. (2012) udávají, že hmotnost jater ani hmotnost ledvin nebyla ovlivněna kvantitativní restrikcí. Podíl jater se tedy během restrikce snížil, ovšem podíl srdce a ledvin nebyl ovlivněn. Na konci pokusu, tj. v 84 dnech, byl podíl jater u restringovaných králíků vyšší ve srovnání s krmenými *ad libitum* (Tůmová et al., 2007). Yakubu et al. (2007) studovali vliv časové restrikce (8 hod denně nebo krmení obden od odstavu po dobu 5 týdnů)

a nezaznamenali průkazné rozdíly mezi jednotlivými skupinami v hmotnosti jater, ledvin a srdce. Pouze hmotnost plic byla vyšší u restringovaných skupin. Zdá se, že se během restrikce prioritně vyvíjejí vnitřní orgány, zvláště játra. Pouze pokud je nadbytek živin v první části realimentace, projevuje se kompenzace růstu i na ostatních měkkých tkáních (Ledín, 1984).

Významný je vliv restrikce na podíl ledvinového tuku v jatečném trupu. Přestože Perrier a Ouhayoun (1996) nezaznamenali vliv restrikce na podíl ledvinového tuku, restrikce s intenzitou vyšší než 85 % *ad libitního* příjmu krmiva snižuje množství tuku v jatečném trupu (Perrier, 1998; Dalle Zotte, 2002). Perrier (1998) uvádí u králíků s restrikcí 50 % a 70 % ADL o 12 – 25 % nižší procento ledvinového a mezilopatkového tuku ve srovnání s kontrolní skupinou. Obdobné výsledky popsali také Gondret et al. (2000), Larzul et al. (2004) a Tůmová et al. (2006, 2007). Také spolu se snižující se energetickou hodnotou krmné dávky klesal podíl ledvinového tuku (Metzger et al., 2009). Hmotnost ledvinového a mezilopatkového tuku byla přibližně o 0,5 % nižší u restringovaných králíků a zdá se, že je negativně vztažena k úrovni příjmu krmiva (Gidenne et al., 2012). Tůmová et al. (2003) ovšem detekovali u králíků s restrikcí mezi 42. – 49. dnem více ledvinového tuku než u skupiny krmené *ad libitum*. Časová restrikce neovlivnila podíl ledvinového tuku (Tůmová et al., 2003; Matics et al., 2008). Vyšší ukládání tuku u restringovaných králíků může souviset s kompenzací růstu.

Kompenzace se projevila v růstu pozdně se vyvíjejících tkání, zvláště tuku (Perrier a Ouhayoun, 1996). Králíci krmení *ad libitum* získanou energii z krmiva ukládají ve formě tukových zásob. Část tuku je uložena ve svalech v podobě tzv. mramorování masa, které je zdrojem jeho chuti a šťavnatosti. Mramorování může být způsobeno *de novo* lipogenezí intramuskulární tukové tkáně a nastává v důsledku vychytávání mastných kyselin pomocí aktivity lipoproteinové lipázy. Celkové omezení krmiva snižuje rychlost *de novo* lipogeneze v extramuskulárních tkáních, nicméně chybí údaje o změnách aktivit lipogenních enzymů v kosterních svalech zvířat adaptovaných na krmnou restrikci (Gondret et al., 2000). Xicatto (1999) uvádí, že pokles tuku v jatečném trupu v důsledku restrikce může mít negativní vliv na šťavnatost a chuť masa. Ovšem Hernández et al. (2000) zjistili pouze nízké korelace mezi množstvím intramuskulárního tuku zadní části trupu a senzorickými vlastnostmi jako například křehkostí a šťavnatostí masa.

## 2.2. Vliv restrikce na fyzikální parametry kvality masa

Struktura a složení masa závisí na funkci jednotlivých svalů, ale také na řadě vlivů (např. genotyp, pohlaví, věk, výživa, zdravotní stav) a rovněž na postmortálních změnách a podmínkách zpracování masa. Králičí maso je lehce stravitelné, má vysoký obsah bílkovin, nízký obsah tuku, nízký obsah cholesterolu – přibližně 59 mg/100g svaloviny (Gondret et al., 1998) a rovněž poměr n-3 a n-6 polynenasycených mastných kyselin je nízký (Hernández a Gondret, 2006). Kromě chemických vlastností masa může být jeho kvalita popisována fyzikálními a sensorickými vlastnostmi. Nejčastěji uváděnými fyzikálními parametry kvality masa králíků jsou barva, pH masa a textura, dále pak vaznost masa či ztráta masa varem.

### 2.2.1. Barva masa

Důležitou vlastností masa je barva, která je vztažena k energetickému metabolismu svalů, pH masa a také k podmínkám skladování masa (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996). Barva masa je vyjádřena dle systému CIE třemi hlavními charakteristikami – L\* (světlost, či lesk), a\* (červenost = poloha barvy mezi zelenou a červenou) a b\* (žlutost = poloha barvy mezi žlutou a modrou). Někteří autoři, kromě základních charakteristik barvy, uvádějí ještě derivované parametry Hue -  $H^\circ = \text{tg}^{-1}(b/a)$  a Chroma  $C^* = (a^2 + b^2)^{0.5}$  (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996). Odstín barvy masa závisí na obsahu pigmentů – myoglobinu a hemoglobinu a podmínkám *ante* a *post mortem*. Světlost masa se zvyšuje se smrštěním svalových myofibrilárních proteinů, které je negativně korelováno k hodnotě pH. Spolu s acidifikací svalů se zvyšuje světlost masa. Příčinou je smrštění myofibril a tím zvýšený odraz světla od jejich povrchu (Hullot a Ouhayoun, 1999). Změny v koncentraci hemových barviv jsou výsledkem poklesu oxidativního metabolismu svalů, nebo naopak zvýšené akumulace hemových barviv s věkem (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Obsah myoglobinu je u 11-ti týdenních králíků vyšší ve svalu *biceps femoris* (72 mg/100 g svalu) na rozdíl od svalu *longissimus lumborum* (57 mg/100 g svalu, Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Hodnota Hue je vyšší u mladších zvířat (Pla et al., 1998). Nejvyšší parametr a\* se vyskytuje u mladých králíků a je pravděpodobně výsledkem vyššího obsahu myoglobinu v jejich svalech. Barva masa rovněž závisí na svalu, ve kterém je měřena. Sval *biceps femoris* je více oxidativní než sval *longissimus lumborum* a proto má vyšší hodnoty a\* a C\* (Pla et al., 1995). Barva je většinou měřena na řezu napříč

svalovými vlákny, přestože Hernández et al. (1997) doporučují měřit barvu také na povrchu svalů, neboť králíci jsou většinou prodáváni ve formě celého jatečného trupu. Barva králíčího masa může být ovlivněna i dobou skladování. Dalle Zotte (2002) uvádí, že králíčí maso s dobou skladování tmavne.

Pouze málo autorů zjišťovalo vliv restriktce na barvu masa. Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nezjistili vliv restriktce energie v krmivu na světlost ( $L^*$ ) svalů *biceps femoris* a *musculus longissimus lumborum*. Rovněž Dalle Zotte et al. (2005b) a Gidenne et al. (2009) nezaznamenali vliv techniky krmení na žádný z dříve zmíněných parametrů barvy masa ve svalu *biceps femoris* a uvádějí průměrné hodnoty barvy stehenní svaloviny  $L^* - 55,5$ ,  $a^* - 2,83$  a  $b^* - 3,1$  nezávisle na technice krmení. Ve svých výsledcích Dalle Zotte et al. (2005b) u svalů *biceps femoris* a Tůmová et al. (2006) ve hřbetní svalovině neprokázali vliv délky ani doby aplikace restriktce na charakteristiky barvy masa. Naproti tomu Metzger et al. (2009) naměřili průkazně nižší hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  ve hřbetu králíků s intenzivnější restriktcí energie 80 % ADL, kdežto světlost masa nebyla technikou krmení ovlivněna. Carilho et al. (2009) zaznamenali průkazně nižší světlost svalů *musculus longissimus lumborum* u králíků s nízkým obsahem vlákniny oproti králíkům, kteří přijímali krmivo s vyšším obsahem vlákniny. Podle doposud zjištěných výsledků restriktce krmiva ovlivňuje barvu masa jenom velmi mírně.

### 2.2.2. Hodnota pH

Další fyzikální vlastností masa je pH. Hodnota pH ovlivňuje vaznost, barvu a texturu masa. Hodnota pH je nejčastěji měřena 24 hodin *post mortem* kalibrovaným pH metrem se skleněnou vpichovou sondou, která je zaváděna nejméně 1 cm hluboko do příčného řezu svalem (Petracci a Baéza, 2007). Ihned po porážce se pH pohybuje blízko neutrálních hodnot, následně během několika hodin klesá na stabilní hodnotu zvanou konečné pH označovanou  $pH_u$  (ultimate pH). Hodnoty  $pH_u$  masa jsou ovlivněny především zásobami glykogenu ve svalech v době porážky. U králíků se  $pH_u$  pohybuje mezi 5,3 a 6 (Hulot a Ouhayoun, 1999). Zásoby glykogenu jsou vztaženy ke složení svalů (podíl glykolytických a oxidativních vláken) a vlivy *ante mortem*, které vedou k jejich změnám. Dalle Zotte et al. (1995) uvádějí, že se hodnota pH snižuje od 28 do 70 dnů věku. Důvodem poklesu pH ve svalech je akumulace kyseliny mléčné, která pochází z rozkladu glykogenu. Acidita *post mortem* je



příčinou světlejší barvy masa (Hulot a Ouhayoun, 1999) a také snižuje vaznost masa, zvyšuje ztráty masa odkapem a varem (Metzger et al., 2009). Hodnota pH závisí také na obsahu jednotlivých typů svalových vláken ve svalech. Například stehenní sval *biceps femoris* má vyšší podíl oxidativních a nižší podíl glykolytických vláken než hřbetní sval *musculus longissimus lumborum*, to znamená, že má vyšší pH (Dalle Zotte et al., 1996; Pla et al., 1998; Hulot a Ouhayoun, 1999). Hernández et al. (1998; 2000) pozorovali vysokou pozitivní korelaci mezi hodnotami pH svalů *biceps femoris* a *musculus longissimus lumborum*.

pH hraje významnou roli v uchování kvality masa během skladování. Nízké pH má bakteriostatický efekt na maso. Maso s hodnotou pH vyšší než 6 je obecně považováno za nevhodné pro skladování kvůli rozvoji proteolytických mikroorganismů (Dalle Zotte, 2002).

Restringované krmení podporuje oxidativní metabolismus (Metzger et al., 2009). Spolu se změnou poměru jednotlivých typů svalových vláken může docházet i ke změnám pH. Řada autorů se zabývala vlivem restrikce na proměny hodnot pH. Dalle Zotte a Ouhayoun (1995) zaznamenali vyšší hodnoty pH u restringovaných králíků než u skupiny s krmením *ad libitum*. Na rozdíl od těchto autorů Perrier a Ouhayoun (1996) pozorovali nižší konečnou hodnotu pH<sub>u</sub> ve stehenní svalovině králíků restringovaných 70 % ADL a následně 90 % *ad libitum* krmné dávky. Naproti tomu skupina s vyrovnaným příjmem krmiva 80 % ADL po celou dobu pokusu a skupina, která měla ve druhé části výkrmu restrikci intenzivnější než v první části, se od sebe nelišily hodnotami pH. Tito autoři uvádějí zlepšení glykolytické dráhy metabolismu svalů jako důvod nižšího pH stehenní svaloviny u králíků s intenzivnější restrikcí. V rozporu s těmito autory Dalle Zotte et al. (1996) zjistili, že technika krmení neovlivnila pH svalu *biceps femoris*, ovšem králíci s nižším energetickým obsahem krmiva měli nižší pH ve svalu *musculus longissimus lumborum*. Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nepozorovali průkazný vliv techniky krmení na průměrnou hodnotu pH měřenou ve třech svalech.

Dalle Zotte et al. (2005b) nezaznamenali průkazný vliv intenzity restrikce na hodnoty pH, ale uvádějí, že hodnoty pH závisejí na délce restrikce. Pokud restrikce trvala do 11. týdne, pak tito králíci měli průkazně nižší pH než skupiny s kratší dobou restrikce. Podobně i Tůmová et al. (2006), kteří měřili pH 3 hodiny *post mortem* zjistili vyšší hodnoty u králíků restringovaných po dobu 3 týdnů a u králíků s pozdní restrikcí krmiva (56. – 63. den věku). Přesto pH naměřené 24 hodin *post mortem* nebylo technikou krmení ovlivněno. Restrikcí energie v krmné dávce se zabývali Metzger et al. (2009). Tito autoři zjistili při aplikaci restrikce od 4. do 12. týdne věku průkazně ( $P \leq 0,01$ ) vyšší pH ve svalu *longissimus lumborum* u králíků s omezeným množstvím energie v krmivu o 20 % ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum* (5,87 vs. 5,73).

Hodnoty pH jsou ovlivněny především množstvím glykogenu ve svalech v době porážky. Obsah glykogenu pak také závisí na složení svalu a podmínkách *ante mortem*. Restrikce krmiva podporuje oxidativní dráhu metabolismu svalů tím, že zvyšuje počet oxidativních svalových vláken (Metzger et al., 2009). Vyšší hodnota pH měřená ve svalu *biceps femoris* ve srovnání s *musculus longissimus lumborum* odpovídá většímu množství svaloviny s oxidativními vlákny ve stehenním svalu. Pokles pH masa uváděný některými autory, může být zapříčiněn stimulací glykolytické dráhy metabolismu ve svalech (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1995; Perrier a Ouhayoun, 1996; Ouhayoun, 2003). Dalle Zotte a Ouhayoun (1995) zaznamenali negativní korelaci mezi glykolytickým metabolismem a  $pH_u$ . I přes výkyvy hodnot pH nebyly doposud u králíků zaznamenány extrémní hodnoty, které u jiných hospodářských zvířat indikují vady masa – PSE a DFD (Hulot a Ouhayoun, 1999).

### 2.2.3. Textura masa

Textura masa, či křehkost masa, je jednou z nejdůležitějších vlastností jakosti masa pro konzumenty. Textura závisí na množství a kvalitě pojivové tkáně a u mladých zvířat zejména na struktuře myofibrilární sítě ve svalech, která udává podmínky nástupu *rigoru mortis* a následných postmortálních biochemických změn, které jsou charakteristické pro zrání masa (Pla et al., 1998; Hulot a Ouhayoun, 1999; Ariño et al., 2006). Textura je nejčastěji zjišťována pomocí Warner-Bratzlerova testu nebo analýzou profilu textury (TPA – texture profile analysis, Honikel, 1998). Veličinami, které nejlépe popisují texturu masa, jsou počáteční síla (initial yield force – IYF) představující myofibrilární složku textury a maximální síla ve stříhu (maximum shear force – MSF), jež hodnotí zbytkovou sílu nebo složku pojivové tkáně. Síla ve stříhu je udávána v N či v  $\text{kg/cm}^2$ . Pevnost stříhu (shear firmness) představuje sklon linie od počátku křivky až po její vrchol a je uváděna v kg/s (Pla et al., 1998). Textura masa může být ovlivněna složením svalu (množstvím a rozpustností kolagenu, množstvím intramuskulárního tuku) strukturou svalu (typy svalových vláken, délkou sarkomer) a také postmortálními biochemickými změnami (hodnotou pH, aktivitou enzymů; Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996; Pla et al., 1998).

Vlivem techniky krmení na texturu masa králíků se zabývalo pouze velmi málo autorů. Larzul et al. (2004) našli průkazně nižší křehkost masa u restringovaných králíků (8. – 16. týden, 130 g krmiva/ks/den a 16. – 18. týden, 110 g krmiva/ks/den) ve srovnání se skupinou

krmenou *ad libitum*. Carilho et al. (2009) zjišťovali vliv kvalitativní restriktce na texturu masa králíků měřenou Warner-Bratzlerovým testem. Tito autoři nezaznamenali průkazné rozdíly mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky. Šťavnatost masa je v pozitivní korelaci k intramuskulárnímu tuku. Žvýkatelnost a pevnost jsou v negativní korelaci ke šťavnatosti masa (Hernández et al., 2000).

#### 2.2.4. Vaznost masa

Vaznost masa (WHC) je schopnost udržet vlastní vodu nebo vodu přidanou pokud je vystaveno zvláštním podmínkám při skladování, zpracování a tepelných úpravách (Hulot a Ouhayoun, 1999; Petracci a Baéza, 2007). Voda ve svalech je obsažena ve dvou formách – přibližně 8 % je vázáno na proteiny, zbytek (92 %) je ve volné formě imobilizován v tkáních (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996; Hulot a Ouhayoun, 1999). Vaznost masa ovlivňuje vzhled syrového masa a texturu vařeného masa (Hulot a Ouhayoun, 1999) a může být zjišťována několika metodami - pomocí ztráty odkapem, gravimetrickým stanovením nebo ztrátou masa varem. Vaznost masa a ztráta masa varem jsou navzájem v negativní korelaci. Pla et al. (1998) uvádějí, že vaznost masa může být ovlivněna hmotností králíků. Maso králíků s nižší hmotností má dle těchto autorů vyšší ztráty masa varem a tudíž i méně šťavnaté maso.

Okyselení svalu *post mortem* snižuje vaznost masa. Pokud je hodnota pH svalu blízko 5,0, myofibrilární síť se smršťuje a kapacita proteinů dostupných pro navázání vody klesá. Smrštění je podporováno navázáním iontů vápníku a hořčíku na proteiny. Denaturace sarkoplasmatických a myofibrilárních proteinů, která může být výsledkem prudkého poklesu hodnoty pH při vysoké teplotě umocňuje pokles vaznosti masa (Hulot a Ouhayoun, 1999), který obvykle souvisí také se snížením křehkosti masa, ovšem Hernández et al. (2000) žádné korelace mezi těmito parametry nezaznamenali. Hulot a Ouhayoun (1999) udávají u zvířat s vyšším pH vyšší vaznost masa. U ostatních druhů hospodářských zvířat toto může vést dokonce k DFD vadě masa. Ve vztahu k restriktci je známa pouze jedna práce, ve které kvalitativní restriktce vlákniny neovlivnila vaznost masa měřenou ve svalu *biceps femoris* (Carrilho et al., 2009).

Ztráta masa varem zjišťovaná Gidennem et al. (2009) u králíků nebyla ovlivněna intenzitou restriktce (80 %, 70 % a 60 % ADL). Naproti tomu Metzger et al. (2009) zaznamenali nižší procento ztrát varem u králíků s restriktcí 80 % ADL denního energetického

příjmu. Časová restrikce, kterou testoval ve svém pokusu Osman (1991) neměla průkazný vliv na WHC ani na ztráty masa varem. Ovšem Metzger et al. (2011a) ve své studii zaměřené na časovou restrikci mezi 4. a 11. týdnem věku uvádějí průkazně vyšší ztráty masa varem ve svalu *longissimus lumborum* a ve svalovině stehen u restringovaných králíků.

### 2.3. Chemické složení masa

Další důležitou charakteristikou kvality masa je jeho chemické složení. Tato vlastnost může být ovlivněna mimo jiné také restrikcí. Volná a vázaná voda je jednou z hlavních složek obsažených ve svalech (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996). Xicatto (1999) uvádí, že obsah vody v králíčím mase stoupá s rostoucí intenzitou restrikce. Zjistil, že králíci s restrikcí 80 % ADL měli vyšší obsah vody v mase (66,2 %) než králíci krmení *ad libitum* (62,3 %). Obdobné výsledky zaznamenali také Larzul et al. (2004). Rovněž Metzger et al. (2009) detekovali vyšší podíl vody (76,9 %) v mase králíků s restrikcí energie v krmivu oproti skupině krmené *ad libitum* (75,8 %). Obsah vody je v negativní korelaci k obsahu lipidů v mase (Bernardini et al., 1994). Obsah lipidů se zvolna zvyšuje od 5. do 14. týdne věku a poté od 14. do 20. týdne silně stoupá kvůli zvýšenému množství triglyceridů (Gondret et al., 1998). Pla et al. (1998) uvádějí, že procentuální podíl tuku roste spolu s hmotností a obsah vody se s hmotností snižuje u všech partií jatečného trupu. Králíci s omezeným množstvím energie v krmivu mají pouze malé zásoby tuku a zvýšený obsah vody ve svalové tkáni. Toto tvrzení koresponduje s výsledky Ledina (1984). Maertens et al. (1997) ve svém experimentu zaměřeném na poměr stravitelného proteinu (DP) k energii (DE) zjistili, že králíci s vysokým poměrem proteinů k energii (DP/DE, 12,3 g/MJ) měli vysoký podíl vody a nízký obsah lipidů oproti skupině s nízkým poměrem DP/DE (8,5 g/MJ). Rovněž Xicatto (1999) uvádí nižší obsah tuku u restringovaných králíků (9,4 %) ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum* (13,8 %). Obdobné výsledky, tzn. vyšší obsah vody a nižší obsah tuku v mase, zaznamenali i Gondret et al. (2000) a Larzul et al. (2004). Nicméně Dalle Zotte et al. (1996) a Metzger et al. (2009) nezaregistrovali průkazné rozdíly mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky v celkovém množství lipidů ve svalovině stehna. Obsah lipidů, skladba a obsah mastných kyselin určuje nutriční hodnotu a organoleptické vlastnosti masa (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1996; Dalle Zotte, 2002). Koncentrace lipidů ovšem závisí také na tom, ve kterém svalu je zjišťována. *Musculus longissimus lumborum* je svalem s nejnižším obsahem lipidů – od 1 do

2 %, zatímco svaly stehna obsahují 3 až 4 % lipidů. Nižší obsah lipidů u restringovaných králíků by mohl být způsoben poklesem aktivity enzymů podílejících se na biosyntéze mastných kyselin (např. glukózo-6-fosfát dehydrogenáza, Gondret et al., 1997).

Tuky králíčího masa obsahují přibližně 36,9 % nasycených mastných kyselin (SFA, Hernández, 2008), 57 – 59 % nenasycených mastných kyselin (Dalle Zotte, 2000). Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) tvoří 34,6 % celkových mastných kyselin ve stehenní svalovině (Hernández, 2008). Podíl mastných kyselin může být ovlivněn technikou krmení. Metzger et al. (2009) zaznamenali průkazné rozdíly mezi králíky restringovanými a krmenými *ad libitum*, kteří dostávali krmení bohaté na polynenasycené mastné kyseliny. Tito autoři našli u restringovaných králíků vyšší obsah kyseliny linolové a jejích derivátů. Restringovaní králíci měli o 3,7 % nižší obsah nasycených mastných kyselin a o 7,6 % nižší množství mononenasycených mastných kyselin, zatímco obsah polynenasycených mastných kyselin byl u restringované skupiny vyšší. Toto se odrazilo ve vyšším obsahu n-6 polynenasycených mastných kyselin a také vyšším poměru polynenasycených mastných kyselin k nasyceným mastným kyselinám byl u restringované skupiny vyšší. Králíci jsou schopni zabudovat mastné kyseliny obsažené v krmivu do lipidů tukové a svalové tkáně, což umožňuje upravit profil mastných kyselin v králíčím maso prostřednictvím strategického využití nenasycených mastných kyselin dodávaných do krmné dávky (Dalle Zotte, 2002; Hernández a Gondret, 2006). I přesto nebyl žádnými autory sledován vliv restrikce na obsah a složení mastných kyselin.

Králíčí maso má vysoký obsah bílkovin se značnou nutriční hodnotou, neboť zahrnují veškeré esenciální aminokyseliny. Králíčí maso má rovněž vysoký poměr proteinů k energii (24 g/MJ pro celý jatečný trup a 32 g/MJ pro zadní část trupu; Dalle Zotte a Ouhayoun, 1995). Obsah bílkovin se mezi jednotlivými partiemi příliš neliší. Hernández a Gondret (2006) uvádějí koncentraci proteinů ve hřbetě a stehně 22,1 a 21,2 g/100 g masa. Koncentrace bílkovin v maso je ovlivněna zejména obsahem proteinů v krmivu. Ouhayoun a Delmas (1983) pozorovali, že vysoký poměr stravitelného proteinu ke stravitelné energii zvyšuje obsah dusíku v tkáních a také ve frakci sarkoplasmatických bílkovin, které jsou zapojeny do procesu glykolýzy. Lebas a Ouhayoun (1987) shledali pokles koncentrace bílkovin v intenzivně rostoucích svalech králíků s nízkým poměrem proteinů v krmivu. Avšak pokud byli králíci opět krmeni *ad libitum*, obsah proteinů v maso vzrostl. Ovšem Ledin (1984) nezaznamenal rozdíly v koncentraci proteinů mezi *ad libitum* krmenými a restringovanými králíky s následnou realimentací. Králíci restringovaní po celou dobu výkrmu měli průkazně vyšší obsah proteinů v měkkých tkáních. Obdobně i Xiccato (1999) uvádí u kvantitativně

restringovaných králíků nepatrně vyšší obsah proteinů v mase (21 %) oproti skupině bez omezení krmiva (20,8 %). Jestliže se v krmivu nachází vyšší poměr proteinů vůči energii, může se retence dusíku mírně zlepšit přidáváním energie do doby než se poměr energie a proteinu přiblíží určité hodnotě, při jejímž překročení další přidání energie bude mít za následek pokles dusíku v těle (Fraga et al., 1983).

## 2.4. Svaly a svalová vlákna

Svalová tkáň tvoří dvě třetiny hmotnosti jatečného trupu králíků poražených v době, kdy jejich hmotnost dosahuje 55 % hmotnosti v dospělosti (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Přeměna svalů na maso je spojená s kvantitativními změnami metabolitů (glykogen, kyselina mléčná, ATP, fosfát) a fyzikálními vlastnostmi (pH, kontraktilita; Dalle Zotte, 2002). Svaly jsou tvořeny z kontraktilních jednotek zvaných svalová vlákna a 0,5 – 5 % pojivové tkáně. Hlavní složkou pojivové tkáně je kolagen (70 – 80 % sušiny) a elastin. Pojivová tkáň zahrnuje vazivový obal svalů – epimysium, perimysium, které obklopuje svazky svalových vláken a endomysium, které pokrývá jednotlivá svalová vlákna (Hulot a Ouhayoun, 1999).

Svalová vlákna mají rozmanité spektrum mechanických funkcí. Pohyb svalů a metabolismus jsou spojeny také s dalšími funkcemi jako například termoregulací a pohybem krve a lymfy. Zřetelné pruhování se u svalových vláken vyskytuje v důsledku přítomnosti specializovaných organel zvaných myofibrily, z nichž je každé svalové vlákno tvořeno (Lonergan et al., 2010). Na myofibrilách se rozlišují jednolomné (isotropní – I) a dvojlomné (anizotropní – A) úseky, které se střídají. Pás tvořený jedním anizotropním a dvěma polovinami isotropního úseku je označován jako sarkomera, která je ohraničena tzv. Z liniemi. Z linie jsou tmavší úseky, které se vyskytují mezi jednolomnými úseky. Isotropní úsek je tvořen hlavně z tenkých filament, zatímco anizotropní úsek především silnými filamenti a některými překrývajícími se tenkými vlákny. Tenká vlákna jsou tvořena zejména bílkovinou aktinem. Aktin je druhý nejvýznamnější protein v myofibrilách a je primárním proteinem tenkých filament. Nejvýznamnější složkou silných vláken je protein myosin. Myosin je tvořen ocasem ze silných vláken a globulární hlavičkou, která vystupuje z těžkých řetězců, váže se na aktin a je vybavena vazebnými místy pro adenosintrifosfát (ATP). Kontrahované svaly tvoří vazebné můstky mezi aktinem a myosinem – tzv. aktomyosinový komplex, který může být přerušen po navázání ATP na myosinovou hlavičku (Lonergan et

al., 2010). ATP je získáváno při glykolýze, cyklu trikarboxylových kyselin a elektronovém transportním řetězci v mitochondriích, popřípadě také přeměnou z adenosindifosfátu (ADP) a kreatinfosfátu (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993).

Vývoj svalového vlákna se dělí na fázi buněčné proliferace, po které následuje morfologická, funkční a metabolická diferenciací. Během časných etap vývoje se premyoblasty dělí, poté ovšem ztrácejí schopnost vstupu do mitózy, avšak získávají schopnost fúzovat. Splynutím myoblastů vznikají myotubuly, tj. prodloužené vícejaderné buňky, jejichž jádra jsou pomocí specifických proteinů přemístěna na periferii. Tato morfologická diferenciací je po narození následována funkčním rozlišením. Během prenatálního období jsou svalová vlákna mírně oxidativní a vysoce glykolytická (Ouhayoun, 2003). Při narození jsou všechna vlákna oxidativního typu ( $\alpha$ R a  $\beta$ R). Dalle Zotte et al. (2005a) uvádějí, že u novorozenech mláďat králíků jsou všechna svalová vlákna svalu *longissimus lumborum* typu  $\alpha$ R. Tento typ vláken je adaptabilní a může se stávat více aerobním nebo anaerobním v závislosti na jeho funkci (Vigneron et al., 1976), a díky této schopnosti se po narození vlákna typu  $\alpha$ R mohou měnit na  $\alpha$ W, ovšem tato přeměna je vratná. Například pohyb zvyšuje počet mitochondrií v  $\alpha$ W vláknech a ta se mění na  $\alpha$ R vlákna. U červených svalů oxidativní aktivita stoupá po narození a maxima dosahuje ve 30 dnech věku a poté klesá, zatímco u bílých vláken oxidativní aktivita po narození klesá (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Metabolické rozdělení vláken králíků je hotové již před 12. týdnem věku u svalu *longissimus lumborum* a před 9. týdnem u ostatních svalů (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1995). Ovšem Gondret et al. (1996) a Picard et al. (2002) uvádějí, že rozdělení svalových vláken na jednotlivé typy lze u králíků rozpoznat již po 21. dni věku.

Svalová vlákna na jednotlivé typy lze rozlišovat dle několika hledisek. Brooke a Kaiser (1970) rozlišují vlákna dle citlivosti aktomyosinové ATPázy k odlišnému pH při preinkubaci.

Vlákna typu I mají vysoký podíl oxidativních enzymů (kromě alfa-glycerolfosfat dehydrogenázy vázané na vitamín K3) a nízký obsah fosforylázy a ATP-ázy a jsou alkalilabilní. Vlákna typu II mají nízký podíl oxidativních enzymů a vysoký obsah fosforylázy a ATP-ázy. Vlákna typu II se rozlišují na základě pH lability na typy IIA, IIB a IIC, což je méně často se vyskytující typ svalových vláken. Svalová vlákna IIC mají podobné histologické vlastnosti jako typ IIA, proto jsou často zahrnována pod tento typ. U králíků jsou dle těchto autorů rozlišovány typy I, IIA a IIB, ovšem IIB svalová vlákna zahrnují dva druhy vláken s různou intenzitou při barvení. Tato vlákna obsahují stejnou myosinovou ATPázu, ale možná v různém množství, neboť pH lability těchto dvou subtypů je stejná, ale liší se ve zbarvení. Podle Petera et al. (1972) se svalová vlákna dělí se zřetelem k jejich metabolismu na

pomalu stažitelná a oxidativní vlákna (SO – slow twitch, oxidative), rychlá oxido-glykolytická vlákna (FOG – fast twitch, oxido-glycolytic) a rychlá glykolytická vlákna (FG – fast twitch, glycolytic). SO vlákna mají acidostabilní ATPázovou, střední až vysokou SDH (sukcinát dehydrogenázovou) a nízkou glykogen-fosforylázovou aktivitu. FG vlákna vykazují střední až vysokou alkalickou ATPázovou aktivitu, slabou SDH a vysokou glykogen-fosforylázovou aktivitu. Vlákna FOG mají SDH a glykogen-fosforylázovou aktivitu na střední až vysoké úrovni. FO vlákna mají vysokou hladinu alkalistabilní ATPázy a SDH a nízkou glykogen-fosforylázovou aktivitu (Fuentes et al., 1998). U králíků mají FG vlákna vysokou alkalickou ATPázovou aktivitu a vlákna, která vykazují vysokou SDH aktivitu a střední glykogen-fosforylázovou aktivitu jsou označována jako FOG.

U králíků je ovšem nejčastěji využíváno rozdělení svalových vláken dle metodiky Ashmore a Doerr (1971) kombinací kontraktlních a metabolických charakteristik na  $\alpha$ R - rychle stažitelná s aerobním metabolismem,  $\alpha$ W - rychle stažitelná s anaerobním metabolismem a  $\beta$ R - pomalu stažitelná s aerobním metabolismem. Odlišení vláken pomocí metabolických charakteristik na oxidativní typ (R = red = červená) a glykolytický typ (W = white = bílá) zahrnuje dvě různé dráhy získávání energie. Mitochondriální oxidativní dráha využívá kyselinu octovou z několika substrátů, např. glykogenu, glukózy, mastných kyselin a aminokyselin a jejím rozkladným produktem je voda a oxid uhličitý. Tato cesta je pomalá, ale bohatá na energii (34 molekul ATP na 1 molekulu glukózy). Glykolytická dráha mění glukózu na kyselinu mléčnou a je rychlá, ovšem chudá na energetický zisk (3 molekuly ATP na 1 molekulu glukózy; Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993).

Rozdělení vláken dle kontraktlnosti ( $\alpha$  = rychle stažitelná,  $\beta$  = pomalu stažitelná) je umožněno izoformitou těžkých řetězců myosinu. U  $\alpha$  vláken je ATPázová aktivita S1 hlaviček myosinu inhibována v alkalickém pH a u  $\beta$  v kyselém prostředí (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Díky této vlastnosti lze také jednotlivé typy vláken histoenzymaticky určit. Červená svalová vlákna jsou bohatá na mitochondrie a myoglobin, bílá vlákna mají málo mitochondrií a vysoký obsah glykogenu (Hulot a Ouhayoun, 1999). Podle předchozích autorů lze tedy vlákna rozlišit na svalová vlákna typu I (SO,  $\beta$ R), typu IIA (FOG,  $\alpha$ R) a typu IIB (FG,  $\alpha$ W).

Podle převládajícího typu svalových vláken se rovněž označují i jednotlivé svaly. Červené svaly obsahují vysoké množství mitochondrií, mají oxidativní metabolismus, vyšší obsah pigmentu přenášejícího kyslík – myoglobinu a energetickým substrátem jsou intracelulární lipidy. Červené svaly obsahují vlákna s menším průměrem než bílé svaly a také obsahují vyšší množství fosfolipidů. U králíků jsou červené svaly zastoupeny zejména



v přední části trupu a vřetenovitých svalech vnitřní části stehen (*semimembranosus proprius*) a svalu *soleus* (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Dle Dalle Zotte a Ouhayouna (1998) obsahuje sval *longissimus lumborum* 98 % rychlých svalových vláken, z nichž je převaha  $\alpha$ W glykolytických vláken a 2 % pomalých oxidativních  $\beta$ R vláken. *Musculus longissimus lumborum* je rychlejší a více glykolytický, má více myofibrilárního, sarkoplasmatického a nebílkovinného dusíku než sval *biceps femoris* (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993).

Typologii svalových vláken ovlivňují vnitřní a vnější faktory. Vigneron et al. (1976) a Hulot a Ouhayoun (1999) uvádějí změnu procenta  $\beta$ R vláken v závislosti na výskytu ve svalů *musculus longissimus lumborum* od 10 % v přední čtvrtině na 3 % v zadní čtvrtině, zatímco procento  $\alpha$ R vláken se zvyšuje z 34 % na 41 %. Podíl pomalých a rychlých oxidativních vláken se zvyšuje u hlubokých partií svalu, které jsou v blízkosti kostí, zatímco podíl rychle stažitelných glykolytických vláken se zvyšuje směrem k povrchu svalů (Fuentes et al., 1998).

Obecně je hlavním zdrojem energie pro svaly glykogen. Jeho obsah se pohybuje okolo 4,41  $\mu$ mol na 1 g tkáně po vykrvení. Postmortální přeměna svalů na maso je proces vyžadující energii ve formě ATP. Potřebná energie je *post mortem* produkována anaerobním metabolismem a částečně fosforylací ADP pomocí kreatin-fosfátu (Andersen et al., 2005). Acidifikace červených svalů je pomalejší a není tak dokonalá jako u svalů bílých. Toto je způsobeno jejich nižší glykolytickou kapacitou – červené svaly mají méně glykogenu a menší množství enzymů anaerobní glykolytické dráhy (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Zvýšení glykolytické dráhy po narození vychází z přeměny  $\alpha$ R vláken na vlákna typu  $\alpha$ W (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1995). Koncentrace enzymu reprezentujícího oxidativní metabolismus - NADP-isocitrát dehydrogenázy ve svalů *longissimus lumborum* klesala mezi 28. a 84. dnem věku, zatímco aktivita enzymu fruktózy 1-6-difosfát aldolázy, jež představuje glykolytický metabolismus průkazně stoupala mezi 28. a 56. dnem (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1995).

Jak již bylo zmíněno výše, svalová vlákna se formují během embryonálního a fetálního vývoje. Jejich počet je u většiny savců ustálen v době narození. Postnatální růst je pak vztažen k růstu plochy (hypertrofii) a délky svalových vláken přidáváním sarkomer. Hypertrofie svalů je spojena s proliferační aktivitou satelitních buněk, které jsou zdrojem nových jader začleněných do svalových vláken (Rehfeldt et al., 2004). U králíků se ale počet svalových vláken zvyšuje i po narození a stabilizuje se přibližně okolo 17. dne věku (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993). Tyto procesy trvají déle (nad 17. den) u svalů, jejichž relativní růst je pomalý (Ouhayoun, 2003). Růst je tvořen rozdílem mezi dvěma procesy – syntézou a degradací proteinů. Během postnatálního růstu převažuje syntéza nad degradací proteinů (Andersen et al., 2005).

Typy svalových vláken, plocha a hustota kapilární sítě ve svalech jsou důležité faktory, které ovlivňují biochemické procesy *ante* a *post mortem*, a tím také další charakteristiky kvality masa (pH, barvu, texturu a vaznost masa, Dalle Zotte et al., 1998; Gondret et al., 1998). Hlavními dvěma svaly, ve kterých je nejčastěji zjišťována kvalita masa jsou *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris* (Blasco a Ouhayoun, 1996). Nejčastěji popisovanými charakteristikami jednotlivých typů svalových vláken jsou: počet, procentuální podíl jednotlivých typů vláken, plocha svalového vlákna, diametr (průměr kružnice o ploše svalového vlákna), perimetr (obvod), index kompaktnosti (perimetr<sup>2</sup>/plocha), a kulovitost (nejmenší diametr/největší diametr, Dalle Zotte et al., 2005a).

Počet svalových vláken na 1 mm<sup>2</sup> je úzce spjat s plochou vláken. Dalle Zotte et al. (1996) uvádějí, že vlákna αR a βR mají menší plochu než vlákna αW. Tito autoři zaznamenali u králíků ve svalu *longissimus lumborum* průměrnou plochu svalových vláken αR 1366 μm<sup>2</sup>, βR 1380 μm<sup>2</sup> a αW 1977 μm<sup>2</sup>. Podle zjištění Dalle Zotte et al. (2005b) se plocha svalových vláken nezávisle na typu od odstavu do 11 týdnů věku zdvojnásobí. Ovšem zatímco zvětšování typu βR a αW pokračovalo až do 11. týdne věku, vývoj αR vláken se zastavil již v 8. týdnu. Na rozdíl od těchto autorů Gondret et al. (2000) uvádějí, že vývoj svalových vláken je korelován spíše s hmotností nežli s věkem. Rozdíly v indexu kompaktnosti svalových vláken jsou obecně svázané s abnormalitami intracelulárního tvaru svalových vláken, které mohou být známkou patologických procesů (Rab et al., 2000; Dalle Zotte et al., 2005b). Dalle Zotte et al. (2001) popsali přítomnost tzv. obřích vláken (giant fibres) ve svalech. Průřez obřích vláken je oválný nebo kruhový. U králíků se obvykle vyskytují jednotlivě na periférii svazků a jsou klasifikována převážně jako typ I nebo také IIB. Výskyt obřích vláken je indikátorem přerušného metabolismu a abnormálních kontrakcí vláken během *rigoru mortis*. Tito autoři také uvádějí, že každé standardní svalové vlákno může být přeměněno na obří. Náchylnost na vznik přítomnosti obřích svalových vláken vychází z vyšší křehkosti buněčných membrán a hyperkontrakce svalových vláken. Přítomnost obřích vláken průkazně zvyšuje podíl a plochu βR vláken (Dalle Zotte et al., 2001).

#### **2.4.1. Vliv restrikce na charakteristiky svalových vláken**

Morfologické, fyziologické a biochemické vlastnosti svalů a tím i kvalita masa mohou být ovlivněny kromě podmínek *post mortem* také podmínkami *ante mortem*, mezi něž je

možné zařadit rovněž restrikcí krmiva (Gondret et al., 2000; Metzger et al., 2009). Rehfeldt et al. (2004) uvádějí, že pouze intenzivní restrikce může mít vliv na charakteristiky svalových vláken.

Vliv restrikce na plochu svalových vláken zjišťovali Dalle Zotte a Ouhayoun (1998). Nezaznamenali průkazné rozdíly plochy jednotlivých typů svalových vláken mezi králíky Hyplus s rozdílnou technikou krmení. Průkazné nebyly ani výsledky Dalle Zotte a Ouhayouna (1998), kteří uvádějí redukcí plochy všech typů svalových vláken svalu *longissimus lumborum*. Gondret et al. (2000) nezaznamenali průkazné rozdíly v ploše svalových vláken svalů *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris* mezi restringovanými králíky (70 % ADL mezi 11. a 18. týdnem) a kontrolní skupinou poraženými ve stejné hmotnosti. Toto zjištění odpovídá tvrzení, že vývoj svalových vláken je korelován spíše s hmotností než s věkem. Ovšem co se týče plochy svalových vláken jednotlivých svalů, uvádějí, že nejmenší velikost měla svalová vlákna svalu *biceps femoris*, následoval sval *longissimus lumborum* a největší plochu zaznamenali u svalových vláken svalu *semimembranosus proprius*. Podobně jako předchozí autoři, Dalle Zotte et al. (2005a) uvádějí, že restrikce krmiva březích samic neovlivnila plochu svalových vláken svalu *longissimus lumborum* u odstavených králíčat. Větší plocha všech typů svalových vláken byla objevena u králíků s restrikcí krmiva ve svalu *biceps femoris*. Čím byla restrikce intenzivnější a delší, tím byla větší i plocha svalových vláken. Gondret et al. (2000) konstatovali, že zvětšení plochy svalových vláken je v korelaci spíše s hmotností než s věkem. Toto je však v rozporu s Dalle Zotte et al. (2005b), kteří uvádějí, že plocha svalových vláken typu  $\beta R$  a  $\alpha W$  se od odstavení v 5-ti týdnech do 11-ti týdnů věku zdvojnásobila, zatímco plocha  $\alpha R$  vláken se přestala zvětšovat již v 8. týdnu věku. Restrikce krmiva se také pravděpodobně podílí na omezení růstu, který je spjat s poklesem plochy svalových vláken.

U některých druhů hospodářských zvířat bylo zjištěno, že restrikce krmiva zvyšuje procento oxidativních svalových vláken a upřednostňuje oxidativní metabolickou dráhu (Seideman a Crouse, 1986; Solomon a Lynch, 1988; Solomon et al., 1988). Naproti tomu Dalle Zotte et al. (2004) uvádějí, že časná restrikce následovaná neomezeným krmením vyvolává u králíků snížení podílu oxidativních vláken. Rovněž Dalle Zotte et al. (2005b) zjistili, že kompenzace růstu mezi 8. a 11. týdnem věku přináší intenzivní zvýšení glykolytického metabolismu, což koreluje s rychlým poklesem oxidativního metabolismu ve svalech.

Králíci genotypu Hyplus s odlišnou technikou krmení se průkazně nelišili v procentuálním rozdělení jednotlivých typů svalových vláken (Dalle Zotte a Ouhayoun,

1998). Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) rovněž nezaznamenali vliv restrikce energie (9,67 MJ DE/kg u restringovaných králíků, 11,99 MJ DE/kg u skupiny krmené *ad libitum* krmené skupiny) na podíl jednotlivých typů svalových vláken. Gondret et al. (2000) nenalezli průkazný rozdíl mezi jednotlivými typy svalových vláken svalů *biceps femoris* a *semimembranosus proprius* mezi králíky s kvantitativní restrikcí a skupinou krmenou *ad libitum*. Ovšem ve svalu *musculus longissimus lumborum* zaznamenali průkazně nižší podíl oxidativních svalových vláken (11,8 %) u restringovaných králíků ve srovnání s *ad libitně* krmenými (16,9 %). Na rozdíl od výsledků těchto autorů Dalle Zotte et al. (2001) uvádějí, že kompenzace růstu časně restringovaných králíků vedla ke zvýšení podílu  $\alpha$ W vláken na úkor  $\beta$ R vláken. Opačný trend byl pozorován při pozdní restrikci. Rovněž Dalle Zotte et al. (2005b) zjistili průkazně ( $P \leq 0,05$ ) nižší podíl vláken  $\beta$ R a o 60 % vyšší podíl vláken  $\alpha$ W ve svalu *biceps femoris* králíků restringovaných (70 % ADL ve věku 5 až 8 týdnů a poté do 11. týdne 90 % ADL) ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum* a skupinami s restrikcí pouze do 8-mi týdnů věku. Tito autoři ovšem nenalezli rozdíly mezi králíky s rozdílnou intenzitou restrikce. Dalle Zotte et al. (2005a) zaznamenali průkazně nižší podíl  $\alpha$ R vláken a vyšší podíl  $\alpha$ W u odstavených mláďat samic restringovaných od 109 dnů do první poloviny březosti 80 % ADL oproti mláďatům samic krmených *ad libitum*. U králíček v 81 dnech věku nebyly mezi jednotlivými skupinami rozdíly v podílu jednotlivých typů svalových vláken. Podíl  $\alpha$ W vláken se věkem zvýšil ze 71,8 % při odstavu na 86,3 % v 81 dnech věku, zatímco podíl  $\beta$ R vláken se snížil z 10,2 % na 1,7 %.

Rozdíly ve výsledcích podílu svalových vláken mezi skupinami s odlišnou technikou krmení odpovídají údajům, že rozrušení svalových vláken na základě kontraktility je ukončeno ve 2 měsících věku králíků (Gondret et al., 1996, 2000). Gondret et al. (2000) uvádějí, že pomalu i rychle stažitelná svalová vlákna restringovaných králíků vykazují oproti kontrolní skupině nižší aktivní hladinu glukózo-6-fosfát dehydrogenázy (G6PDH) a malát dehydrogenázy, tj. enzymů, které vytvářejí NADPH pro syntézu mastných kyselin v extra- a intramuskulární tukové tkáni. Kompenzace růstu může zahrnovat zintenzivnění glykolytického metabolismu a rychlý pokles oxidativního metabolismu ve svalech. Jak již bylo zmíněno výše, zvětšování plochy svalových vláken typu  $\beta$ R a  $\alpha$ W pokračuje nepřetržitě do 11. týdne věku, zatímco u vláken  $\alpha$ R je ukončeno již v 8 týdnech (Dalle Zotte et al., 2005b). Toto může být důvod, proč krmná restrikce ovlivňuje především  $\beta$ R a  $\alpha$ W svalová vlákna. Redukce podílu  $\alpha$ W svalových vláken může snížit glykolytický metabolismus svalů (Dalle Zotte et al., 2005a). Selektivní zvýšení podílu  $\beta$ R vláken během periody snížené

energie v krmivu by mělo být fyziologicky důležitou cestou, jak ušetřit energii svalů (Harrison et al., 1996).

Důležitým parametrem svalových vláken je také diametr. Hegarty a Kim (1981) aplikovali u králíků restrikcí o 45 % *ad libitum* krmné dávky po dobu 15 dnů a zaznamenali u této skupiny pokles diametru vláken svalu *biceps brachii*, ovšem beze změny počtu svalových vláken. Podobné výsledky uvádějí Rehfeldt et al. (2004) u brojlerových kuřat.

Abnormality tvaru svalových vláken jsou vyjádřeny indexem kompaktnosti vláken. Dalle Zotte et al. (2005a) uvádějí, že restrikce krmiva samic neměla průkazný vliv na index kompaktnosti jednotlivých typů svalových vláken svalu *longissimus lumborum* u mláďat. Naproti tomu v další práci Dalle Zotte et al. (2005b) zjistili u králíků s nejintenzivnější restrikcí – 70 % ADL průkazně vyšší index kompaktnosti  $\alpha R$  vláken. Podobně i  $\alpha W$  vlákna králíků restringovaných mezi 5. a 8. týdnem měla průkazně vyšší index kompaktnosti (2,12 a 2,15) ve srovnání s králíky krmnými *ad libitum* (2,02). Mezi jednotlivými skupinami nebyl zaznamenán rozdíl v indexu kompaktnosti  $\beta R$  vláken.

Dalle Zotte et al. (2001) zjišťovali vliv techniky krmení na přítomnost obřích svalových vláken. Restringovaní králíci měli průkazně nižší počet obřích svalových vláken na 1 mm<sup>2</sup>. Rozdělení obřích svalových vláken na jednotlivé typy ve svalu *biceps femoris* bylo následující: 77,1 %  $\beta R$ , 16,7 %  $\alpha W$  a 6,3 %  $\alpha R$  u *ad libitum* krmných králíků a 16,7 %  $\alpha R$ , 9,7 %  $\alpha W$  a 73,6 %  $\beta R$  vláken u králíků restringovaných na 70 % ADL. Přítomnost obřích svalových vláken neměla průkazný vliv na plochu vláken svalu *biceps femoris*, i když pokud byla obří vlákna zjištěna, pak plocha jednotlivých typů vláken byla o něco větší.

### **3. HYPOTÉZA**

Restrikce krmiva ovlivňuje intenzitu růstu brojlerových králíků. Předpokládáme, že spolu s intenzitou růstu bude technikou krmení a věkem ovlivněna jatečná hodnota, fyzikální vlastnosti masa, počet a další charakteristiky svalových vláken v jednotlivých svalech.

### **4. CÍL**

Cílem předkládané práce je zjistit vliv krátké intenzivní restrikce krmiva na jatečnou hodnotu, fyzikální vlastnosti masa a dále na vývoj, počet, plochu a zastoupení jednotlivých typů svalových vláken brojlerového králíka a porovnat základní charakteristiky svalových vláken ve stehenní svalovině a svalovině hřbetu restringovaných a *ad libitum* krmených králíků. Cílem je také zjistit interakce věku a techniky krmení u sledovaných ukazatelů.

## 5. MATERIÁL A METODIKA

V rámci disertační práce byly realizovány tři pokusy s různým začátkem a s odlišnou intenzitou restrikce krmiva, která trvala 1 týden.

### 5.1. Podmínky pokusů

Pokusy probíhaly v experimentálním chovu brojlerových králíků ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Praze – Uhřetěvesi. Ve všech pokusech byl pro ustájení králíků Hyplus (PS 19 × PS 59) využit skupinový, 2-etážový komerční klecový systém. Králíci byli po odstavu ustájeni v tomto systému po třech kusech na klec v prvním a druhém experimentu (plocha 0,16 m<sup>2</sup>/ks) a po čtyřech kusech na klec ve třetím experimentu (plocha 0,12 m<sup>2</sup>/ks) rovnoměrně v obou etážích pro eliminaci rozdílů podmínek. Podmínky mikroklimatu byly následující: teplota prostředí 18-20 °C, relativní vlhkost vzduchu 60 ± 5 %, délka světelné periody 12 hodin.

Králíci ve všech pokusech byli krmeni kompletní granulovanou krmnou směsí, která odpovídala požadavkům pro výkrm králíků a jejíž receptura a složení jsou uvedeny v Tabulce 1 a Tabulce 2. Voda byla ve všech pokusech po celou dobu podávána *ad libitum*.

Tabulka 1: Receptura krmné směsi

KOMPONENTY	%
Sójový extrahovaný šrot	3
Slunečnicový extrahovaný šrot	17
Ječmen	8
Oves	9
Vojtěškové úsušky	30
Pšeničné otruby	22,5
Cukrovarské řízky	6
Řepkový olej	1,5
Mletý vápenec	1
Krmná sůl	0,5
Aminovitan KC*	1
Dikalciumpfosfát	0,5

\*Složení Aminovitanu KC: Vitamin A 1 200 000 i.u., vitamín D<sub>3</sub> 200 000 i.u., alfa tokoferol 5 000 mg, vitamín K<sub>3</sub> 100 mg, vitamín B<sub>1</sub> 200 mg, vitamín B<sub>2</sub> 700 mg, vitamín B<sub>6</sub> 400 mg, vitamín B<sub>12</sub> 2 mg, niacin 5 000 mg, calcium panthotenát 2 000 mg, cholin 60 000 mg, biotin 20 mg, kyselina listová 50 mg, antioxidant 10 000 mg, Diclazuril 100 000 mg, DL- methionin 100 000 mg, L-lysin HCL 25 000 mg, kobalt 30 mg, měď 800 mg, železo 2 700 mg, jód 50 mg, mangan 1 900 mg, zinek 4 400 mg, selen 7 mg.

Tabulka 2: Chemické složení krmné směsi

ŽIVINA	% v původní hmotě		
	Pokus 1	Pokus 2	Pokus 3
Sušina	89,0	90,1	92,8
Dusíkaté látky	16,7	17,1	17,5
Tuk	2,8	2,7	3,0
Popeloviny	7,6	7,6	7,8
ADL	4,9	5,4	5,9
NDF	37,0	38,9	39,4
ADF	19,4	23,9	21,0
Škrob	13,1	13,6	14,3

## 5.2. Sledování výkrmnosti a jatečné hodnoty

Po celou dobu pokusů byla každý den zaznamenávána spotřeba krmiva na klec, která byla následně přepočítána na 1 králíka a jednou týdně byla sledována živá hmotnost králíků prostřednictvím individuálního vážení. Z výsledků spotřeby krmiva a živé hmotnosti byla spočítána konverze krmiva a průměrný denní přírůstek.

U králíků byla sledována jatečná hodnota. Jatečný rozbor byl realizován dle harmonizačních kritérií Blasca a Ouhayouna (1996). Jatečný trup bez krve, kůže, pohlavní soustavy, močového měchýře, trávicího ústrojí, distálních částí předních a zadních končetin, orgánů dutiny hrudní, jater, ledvin a ledvinového tuku, ovšem s hlavou byl zvážen pro zjištění hmotnosti jatečně opracovaného trupu za tepla.

Jatečná výtěžnost byla spočítána jako podíl hmotnosti jatečně opracovaného trupu za tepla a živé hmotnosti v příslušném věku. Z jatečného trupu byl vyjmut ledvinový tuk. Jatečný trup byl poté rozdělen na přední a zadní část řezem mezi posledním hrudním a prvním bederním obratlem podél 12. žebra. Následně byl příčným řezem mezi 6. a 7. bederním obratlem vedeným přes břišní stěnu oddělen hřbet od zadní části. Byly spočítány podíly jednotlivých částí jatečného trupu.

## 5.3. Analýzy masa

Z hlediska kvality masa byly zjišťovány hodnoty pH a barvy masa a následně také textura masa. Hodnoty pH byly měřeny 45 minut *post mortem* ve svalu *musculus longissimus*



*lumborum* (MLL) a ve svalu *biceps femoris* (BF). Pro měření byl využit pH metr 330i (WTW, Weilheim, Germany) se skleněnou vpichovou sondou, která byla zaváděna 1 cm hluboko do příčného řezu svalem MLL a BF.

Charakteristiky barvy masa – lesk či světlost ( $L^*$ ), poloha barvy mezi zelenou a červenou ( $a^*$ ) a poloha barvy mezi žlutou a modrou ( $b^*$ ) byly stejně jako pH měřeny 45 minut *post mortem* ve svalech *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris*. Všechny charakteristiky byly zjištěny za použití přístroje Minolta Spectra Magic<sup>TM</sup> NX (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) dle CIELAB System (1976).

Po změření pH a barvy masa byly odebrány vzorky svalu *musculus longissimus lumborum* pro stanovení ztráty masa varem a následně textury masa. Vzorky byly zmrazeny a při teplotě  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  uchovány až do analýz. Vzorky byly 24 hodin před vlastním stanovením rozmrazeny při teplotě  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a zváženy. Po rozmrazení byl sval MLL uzavřen v plastickém sáčku se zipem a při  $80^{\circ}\text{C}$  ohříván ve vodní lázni po dobu 1 hodiny. Po uvaření byly vzorky vyjmuty, lehce osušeny a opět zváženy. Z rozdílu hmotnosti před a po varu byla vypočítána ztráta masa varem dle vzorce:  $\text{Ztráta masa varem} = [(\text{hmotnost vzorku před varem} - \text{hmotnost vzorku po varu}) / \text{hmotnost vzorku před varem}] \times 100$ . Vzorky masa po uvaření byly nakrájeny na špalíčky o hraně  $1 \times 1\text{ cm}$  a pomocí přístroje Instron Model 3342 (Instron, USA) s trojúhelníkovitou čepelí byla dle metody Warner-Bratzler zjištěna textura masa.

Mezi základní charakteristiky svalových vláken se řadí typ, počet, plocha a procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken. Pro stanovení těchto parametrů svalových vláken byly po porážce odebrány vzorky svalů *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris*. Svaly byly nařezány na vzorky o velikosti  $5 \times 5 \times 15\text{ mm}$ , které byly následně zamrazeny při teplotě  $-156\text{ }^{\circ}\text{C}$  v 2-methylbutanu ponořeném do lázně z tekutého dusíku a až do samotného stanovení byly uchovány v hlubokomrazícím boxu při teplotě  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při samotné analýze svalových vláken byly vzorky nařezány při  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  za pomoci kryostatu Leica CM 1850 (Leica Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Germany) s rotačním mikrotomem na řezy o tloušťce  $12\text{ }\mu\text{m}$ . Řezy byly přeneseny na podložní sklíčko a obarveny barvením aktinomyozinové ATPázy po alkalické preinkubaci dle metodiky Brooke a Kaiser (1970) pro zjištění jednotlivých typů svalových vláken. Typy svalových vláken byly pojmenovány dle nomenklatury Ashmore a Doerr (1971) jako  $\beta\text{R}$  (červená a pomalu stažitelná),  $\alpha\text{R}$  (červená a rychle stažitelná) a  $\alpha\text{W}$  (bílá a rychle stažitelná). Základní charakteristiky svalových vláken (počet vláken jednotlivých typů na  $1\text{ mm}^2$  a plocha svalových vláken) byly zjištěny pomocí softwaru NIS Elements AR 3.1 (Nikon, Tokio, Japan). Následně bylo spočítáno procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken.

## **Pokus 1**

Cílem pokusu bylo zjistit vliv jednotýdenní restrikce s různou intenzitou aplikované ihned po odstavu v 35. dni věku na jatečnou hodnotu, fyzikální vlastnosti masa a charakteristiky svalových vláken. V prvním pokusu bylo ve 35 dnech věku odstaveno celkem 81 králíků, kteří byli následně rozděleni do třech skupin po 27 králících: ADL (králíci krmení *ad libitum*), skupina R50 byla restringovaná na 50 g krmiva/ks/den a skupina R65 s restrikcí na 65 g krmiva/ks/den. Restrikce byla aplikována ihned po odstavu mláďat, tzn. od 35. do 42. dne věku. Po skončení restrikce byli králíci krmeni *ad libitum*.

Porážky králíků z prvního pokusu byly realizovány 42., 49. a 70. den věku. Pro každou porážku bylo vybráno vždy 8 králíků z každé skupiny na základě podobné průměrné hmotnosti. Po porážce byl proveden jatečný rozbor, byla provedena analýza pH a barvy ve svalech *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris* a byly odebrány vzorky masa pro analýzy svalových vláken a textury masa.

## **Pokus 2**

Pokus byl zaměřen na vliv krátké restrikce o různé intenzitě mezi 42. a 49. dnem věku u králíků s odstavem v 35 dnech na jatečnou hodnotu, fyzikální charakteristiky masa a parametry svalových vláken.

Do pokusu bylo zařazeno 102 brojlerových králíků Hyplus. Po odstavu ve 35 dnech věku byli králíci rozděleni do třech skupin: skupina ADL byla po celou dobu krmena *ad libitum*, u skupiny R50 byla aplikována restrikce krmiva na 50 g krmiva/ks/den a skupina R65 byla restringována na 65 g krmiva/ks/den. Restrikce proběhla mezi 42. a 49. dnem věku. Před restrikcí a po jejím skončení byli králíci krmeni *ad libitum*.

Jatečný rozbor byl proveden 49., 56., 63. a 70. den věku králíků. Stejně jako u prvního pokusu bylo pro každou porážku vybráno 8 králíků z každé skupiny na základě podobné průměrné hmotnosti a po porážce byl proveden jatečný rozbor, změřeno pH a barva ve svalech *longissimus lumborum* a *biceps femoris* a byly odebrány vzorky pro následné analýzy textury masa a charakteristik svalových vláken.

### **Pokus 3**

Cílem třetího pokusu bylo stanovit vliv rozdílné intenzity restriktce aplikované od 32. do 39. dne věku u králíků s časným odstavením na jatečné parametry, fyzikální vlastnosti masa a charakteristiky svalových vláken. Králíčata pro pokus byla odstavena 25. den věku (celkem 96 ks). Rovněž u posledního pokusu byli králíci rozděleni do tří skupin. Rozdělení skupin bylo shodné s pokusem 1 a 2. Restriktce krmiva byla uskutečněna týden po odstavení, tj. od 32. do 39. dne věku.

Králíci pro stanovení jatečné hodnoty a kvality masa se poráželi 39. a 81. den věku. Podmínky pro jatečný rozbor i pro stanovení kvality masa a charakteristik svalových vláken byly shodné s pokusem 1 a 2.

### **5.4. Statistické vyhodnocení**

Všechna data byla vyhodnocena analýzou variance metodou ANOVA s interakcemi mezi technikou krmení a věkem za použití programu SAS (SAS Institute Inc., 2003). Statisticky významné rozdíly mezi skupinami byly testovány Duncanovým testem. Hodnota  $P \leq 0,05$  byla považována za průkaznou.

## 6. VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1. Pokus 1 (restrikce 35. – 42. den)

Cílem prvního pokusu bylo zjistit vliv jednotýdenní restrikce, která byla provedena ihned po odstavu na užitkovost, jatečné parametry, fyzikální vlastnosti masa a charakteristiky svalových vláken svalů *longissimus lumborum* a *biceps femoris*.

#### 6.1.1. Výsledky výkrmnosti

Výsledky živé hmotnosti jsou uvedeny v Tabulce 3. V době odstavu byla hmotnost všech skupin přibližně vyrovnaná, nicméně na konci pokusu měly restringované skupiny průkazně ( $P \leq 0,001$ ) nižší živou hmotnost než kontrolní skupina, což svědčí o nedostatečné kompenzaci růstu restringovaných skupin. Intenzita restrikce konečnou živou hmotnost králíků neovlivnila a živá hmotnost obou restringovaných skupin se významně nelišila. V absolutních hodnotách však skupina R65 s mírnější restrikcí měla vyšší živou hmotnost. Nižší živou hmotnost u králíků s restrikcí o intenzitě 50 % či 70 % ADL po dobu 3 týdnů zjistil také Perrier (1998). Tůmová et al. (2007) uvádějí průkazně nižší živou hmotnost u restringovaných skupin, pouze pokud byla restrikce prováděna po delší období mezi 42. a 56. dnem, zatímco u týdenní restrikce nezjistili průkazné rozdíly mezi králíky s omezeným krměním a skupinou krměnou *ad libitum*. Na rozdíl od našich výsledků, Dalle Zotte et al. (2005b) uvádějí, že živá hmotnost králíků závisí na intenzitě restrikce a době její aplikace. Králíci, u kterých tuto autoři aplikovali intenzivní restrikci dříve, měli vyšší živou hmotnost než králíci se silnější restrikcí prováděnou později. Gidenne a Feugier (2009) a Gidenne et al. (2011, 2012) uvádějí, že spolu se stoupající intenzitou restrikce klesá živá hmotnost králíků. Naproti tomu Gondret et al. (2000) nepozorovali průkazné rozdíly mezi skupinou s pozdní restrikcí (od 11. týdne) 70 % ADL a králíky krměnými *ad libitum*. Podle námi zjištěných výsledků a údajů z literatury delší a intenzivnější restrikce krmiva vede k nedostatečné kompenzaci růstu a tím k nižší konečné živé hmotnosti.

Detailní změny v růstu v průběhu restrikce a v realimentačním období jsou zřejmé z průměrného denního přírůstku. V týdnu, kdy byla u dvou skupin aplikována restrikce, se průměrný denní přírůstek snížil dle intenzity omezení krmění ( $P \leq 0,001$ ) na 18 % u skupiny

R50 a 35 % u skupiny R65. Přírůstek skupiny R65 byl signifikantně vyšší ve srovnání se skupinou R50. V následujícím týdnu, kdy byly všechny skupiny opět krmeny *ad libitum*, se u restringovaných skupin přírůstek průkazně zvýšil ( $P \leq 0,001$ ) na 125 % u skupiny R50 a 127 % u skupiny R65, přičemž přírůstek obou restringovaných skupin se významně nelišil. Od 49. dne nebyly rozdíly v průměrných denních přírůstcích mezi skupinami průkazné, ale restringované skupiny měly stále vyšší přírůstek o 19 % v případě skupiny R50 a o 13 % u skupiny R65 než ADL králíci. V týdnu od 56. dne věku byl u restringovaných skupin přírůstek nevýznamně nižší a v posledním týdnu se přírůstky všech skupin vyrovnaly. Pokud vezmeme v úvahu průměrný denní přírůstek za celkové období výkrmu, pak restringované skupiny měly nižší průměrný denní přírůstek (přibližně o 13 %) než skupina ADL ( $P \leq 0,002$ ), aniž by záleželo na intenzitě restrikce. Podobně i Ledin (1984), Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Tůmová et al. (2002, 2004, 2006, 2007) a Oliveira et al. (2012) zjistili u restringovaných skupin nižší průměrné denní přírůstky za celý pokus, ale také oni uvádějí, že se v době realimentace přírůstky restringovaných králíků zvýšily v souvislosti s kompenzací růstu nad úroveň králíků krmených po celou dobu *ad libitum*. V souladu s našimi výsledky Gidenne a Feugier (2009) a Gidenne et al. (2009) zaznamenali lineární pokles denního přírůstku o 0,5 g za den na každé procento restrikce krmiva. V době realimentace Gidenne et al. (2012) uvádějí u králíků restringovaných 40 % ADL denní přírůstek o 20 – 30 % vyšší než u *ad libitní* skupiny. Z výsledků je zřejmé, že obě restringované skupiny měly průkazně stejný přírůstek za celou dobu výkrmu a intenzita restrikce významně neovlivnila tento ukazatel.

Skupiny s omezeným příjmem krmiva měly průkazně ( $P \leq 0,001$ ) nižší spotřebu krmiva než králíci ze skupiny ADL, což souhlasí s výsledky, které uvádějí Gondret et al. (2000), Di Meo et al. (2007) a Gidenne et al. (2009). Nižší spotřeba krmiva u restringovaných skupin byla pravděpodobně příčinou toho, že restringovaní králíci na konci výkrmu nevyrovnali živou hmotnost ADL králíků. V době restrikce se spotřeba krmiva snížila na 40 % ADL u skupiny R50, přičemž přírůstek v tuto dobu byl snížen na 18 % ADL, naproti tomu skupina R65 s mírnější restrikcí dostávala v době její aplikace 52 % *ad libitní* dávky a přírůstek se v tuto dobu snížil na 35 %. Pokud vezmeme v úvahu spotřebu krmiva za celou dobu pokusu, tak skupina R50 měla průkazně nižší spotřebu krmiva o 14 %, přičemž se přírůstek této skupiny snížil o 12 % ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum*. Od této skupiny se nelišila ani skupina R65, která měla o 14 % nižší spotřebu krmiva než ADL a o 14 % nižší průměrný denní přírůstek za celé období výkrmu. Naproti tomu Gidenne et al. (2012) uvádějí lineární redukci růstu v závislosti na spotřebě krmiva, například pokud je spotřeba snížena o 20 % sníží se rovněž průměrný denní přírůstek o 20 %. Dle těchto autorů tyto údaje ovšem záleží na

několika faktorech, jako je například složení krmiva a zdravotní stav králíků a průměrný denní přírůstek většinou bývá redukován méně, např. na 16 %. V našem případě, kdy byla aplikována krátká intenzivní restrikce, došlo k většímu poklesu přírůstku, než bylo sníženo množství krmiva, což naznačuje, že při intenzivnějších restrikcích nad 50 % je pokles v přírůstku významně větší než intenzita restrikce. Tyto údaje tak doplňují práci Gidenna et al. (2012), kteří ve svých pokusech používali restrikcí do 50 %.

Na rozdíl od spotřeby krmiva nebyla konverze krmiva ovlivněna technikou krmení. Rovněž Tůmová et al. (2003) nezaznamenali vliv jednotýdenní restrikce na konverzi krmiva. Ovšem při delší době aplikace restrikce, i když s mírnou intenzitou, Di Meo et al. (2007) a Bovera et al. (2008) pozorovali nižší konverzi krmiva u restringovaných králíků.

### **6.1.2. Jatečný rozbor**

Výsledky jatečného rozboru jsou uvedeny v Tabulce 4. Statisticky vysoce významné interakce mezi skupinou a věkem ( $P \leq 0,001$ ) byly zjištěny u hmotnosti jatečně opracovaného trupu (JOT). Signifikantně nejvyšší hmotnost JOT byla u ADL králíků v 70 dnech věku, obě restringované skupiny měly hmotnost JOT průkazně nižší. Intenzita restrikce ale hmotnost JOT neovlivnila. Interakce věku a skupiny také ukázala, že hmotnost JOT ihned po skončení restrikce ve 42 dnech věku byla nejnižší, ale u jednotlivých skupin se průkazně nelišila. Po 1. týdnu realimentace, tj. ve 49 dnech věku byla hmotnost JOT nejnižší u skupiny R50 se silnější restrikcí, ale skupiny ADL a R65 se průkazně nelišily. Doposud nebyly interakce věku a techniky krmení zhodnoceny žádnými autory, proto není možné porovnat naše výsledky s dostupnou literaturou. Kromě interakcí byla hmotnost JOT průkazně ovlivněna skupinou ( $P \leq 0,001$ ) s vyšší hodnotou u ADL králíků, což souhlasí s výsledky Gondret et al. (2000). Naproti tomu Tůmová et al. (2003) a Oliveira et al. (2012) nenalezli průkazné rozdíly mezi králíky s restrikcí krmiva s dobou trvání 1 týden a skupinou krměnou *ad libitum* v hmotnosti JOT. V našem pokusu se hmotnost JOT s věkem zvyšovala, ve 42 dnech věku nebyly mezi skupinami průkazné rozdíly, ale od 49. dne byla u skupin s restrikcí pozorována nižší hmotnost JOT.

Na rozdíl od hmotnosti JOT byla jatečná výtěžnost ovlivněna pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ), kdy se zvyšovala z 54,95 % na 60,15 %. Skupina ADL a obě restringované skupiny měly vyrovnanou jatečnou výtěžnost. Z detailních dat je zřejmé, že ihned po skončení restrikce

měli restringovaní králíci nevýznamně vyšší jatečnou výtěžnost než ADL králíci, ve 49 dnech věku neprůkazně nižší a v 70 dnech byla jatečná výtěžnost u všech skupin vyrovnaná. Podobné výsledky uvádějí i Perrier a Ouhayoun (1996) a také Tůmová et al. (2003, 2006), kteří prováděli restrikcí o stejné intenzitě a nezaznamenali rozdíly mezi skupinami s odlišnou technikou krmení. Ani Yakubu et al. (2007), Foubert et al. (2008) a Metzger et al. (2011a) nezjistili vliv časové restrikce na jatečnou výtěžnost. Naproti tomu Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Ouhayoun (2003), Larzul et al. (2004), Bovera et al. (2008) či Gidenne et al. (2009), kteří aplikovali u králíků mírnější restrikcí, i pokud tato byla prováděna po delší období, pozorovali průkazně nižší jatečnou výtěžnost u restringovaných skupin. Důvodem nižší jatečné výtěžnosti je dle těchto autorů vyšší hmotnost trávicího traktu u restringovaných králíků (až o 10 %) a nedostatečná kompenzace růstu s následnou nižší porážkovou hmotností králíků. Rozdílné výsledky mohou být způsobeny různou intenzitou restrikce a dobou jejího trvání. V našem pokusu byla restrikce na úrovni záchovy aplikována ihned po odstavu a králíci měli delší realimentační období, než ti, kterým bylo krmení omezeno mírněji, ale po delší dobu.

Jatečný trup králíků se dělí na zadní a přední část. Podíl zadní části byl signifikantně ovlivněn pouze věkem ( $P \leq 0,020$ ) s nejvyššími hodnotami v 70 dnech věku. Ve 42 či 49 dnech věku se podíl zadní části nelišil. Vliv techniky krmení se neprojevil a také Perrier a Ouhayoun (1996) nebo Tůmová et al. (2006) nezjistili vliv techniky krmení na podíl zadní části. U podílu přední části však byla zaznamenána průkazná interakce věku a skupiny ( $P \leq 0,047$ ) s průkazně nejvyšší hodnotou u ADL králíků ve 42 dnech věku a nejnižší v 70 dnech věku u skupiny R50. Tyto interakce naznačují změny v alometrii růstu přední části v závislosti na technice krmení. Průkazně vyšší podíl přední části byl u ADL králíků ( $P \leq 0,040$ ) ve srovnání s králíky restringovanými. Intenzita restrikce neměla na podíl přední části vliv. Toto zjištění nekoresponduje s výsledky Metzgera et al. (2009), kteří uvádějí, že přední část obsahuje více kostí a méně svaloviny, a proto je v souvislosti s alometrií růstu podíl přední části nižší u skupin s vyšší intenzitou restrikce. Podíl přední části se s věkem snižoval ( $P \leq 0,001$ ) a obdobné výsledky uvádějí i Metzger et al. (2011b).

Především vliv věku se průkazně uplatnil na podílu jednotlivých partií zadní části. Podíl hřbetu se s věkem průkazně ( $P \leq 0,001$ ) zvyšoval. Zvyšování hmotnosti hřbetu se stoupajícím věkem odpovídá výsledkům Dalle Zotte a Ouhayouna (1995). Na druhou stranu vliv techniky krmení a intenzity restrikce na podíl hřbetu zaznamenán nebyl. Podobně i Tůmová et al. (2006), u králíků s restrikcí 50 g krmiva/ks/den mezi 35. a 42. dnem věku nepozorovali rozdíly v podílu hřbetu ve srovnání s králíky kmenými *ad libitum*. Tito autoři ovšem uvádějí

průkazně nižší podíl hřbetu u králíků s jednotýdenní restrikcí od 56. dne věku a u králíků s třítýdenní restrikcí. Při pozdní restrikci (od 70. dne) detekovali pokles podílu hřbetu u restringované skupiny také Ferreira a Carregal (1996). K nižšímu podílu svalu *longissimus lumborum*, který je hlavním svaem hřbetu, vedla časová restrikce (Matics et al., 2008) a kvalitativní restrikce energie (Dalle Zotte et al., 1998). Rozporné výsledky našeho pokusu a literárních údajů pravděpodobně souvisejí s rozdílnou dobou začátku restrikce, neboť pokud je restrikce realizována později, je u restringovaných skupin nižší podíl hřbetu, což souvisí s alometrií růstu, kdy se hřbet vyvíjí později než např. stehna (Pascual et al., 2008).

Z hlediska techniky krmení byl podíl stehen průkazně ( $P \leq 0,033$ ) nejvyšší u skupiny R50 s nejintenzivnější restrikcí, ale nelišil se od druhé restringované skupiny. Nejnižší podíl stehen byl u ADL králíků, ale významně se nelišil od skupiny R65 se slabší restrikcí. Výsledky jsou v souladu se studii Ferreira a Carregala (1996), kteří u králíků s pozdní restrikcí pozorovali vyšší podíl stehen ve srovnání s kontrolní skupinou. Podobné výsledky uvádějí i Combes et al. (2003). Naproti tomu Tůmová et al. (2006) nenalezli průkazné rozdíly v podílu stehen mezi skupinou krmenou *ad libitum* a králíky s rozdílnou dobou začátku restrikce a její intenzitou. Také Gidenne et al. (2009) nezjistili rozdíly mezi skupinou krmenou *ad libitum* a skupinami s restrikcí 80 % a 60 % ADL, ovšem v případě restrikce 70 % ADL se podíl stehen snížil. Také časová restrikce dle Maticse et al. (2008) snížila podíl stehen. Ve vztahu k věku se podíl stehen s věkem snižoval ( $P \leq 0,031$ ), ale průkazné rozdíly byly pouze mezi 42. a 70. dnem věku. Výsledky pokusu i literatura naznačují, že technika krmení, začátek restrikce, její délka a intenzita mají na podíl stehen menší vliv než na podíl hřbetu.

Podíl ledvinového tuku byl ovlivněn jak technikou krmení, tak i věkem. Jak vyplývá z našeho pokusu, s rostoucím věkem se podíl ledvinového tuku průkazně ( $P \leq 0,001$ ) zvyšoval, což je v souladu s prací Lebase et al. (2001) a Hernández et al. (2004). Technika krmení průkazně ( $P \leq 0,002$ ) ovlivnila podíl ledvinového tuku v jatečném trupu, kdy skupina R50 s nejvyšším stupněm restrikce měla nižší podíl ledvinového tuku ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum*, ovšem skupina s restrikcí 65 g krmiva/ks/den se nelišila od této skupiny, ale ani od králíků ADL. Po skončení restrikce ve 42 dnech věku byl obsah ledvinového tuku pouze 52 % u skupiny R50 a 81 % u skupiny R65 ve srovnání s ADL králíky. Na konci pokusu měla skupina R50 76 % a skupina R65 92 % ledvinového tuku při porovnání s ADL králíky. Výsledky odpovídají konstatování Dalle Zotte (2002) a Ouhayouna (2003), že restrikce s vyšší intenzitou než 85 % ADL příjmu krmiva snižuje množství tuku v jatečném trupu. Nižší procento tuku u restringovaných králíků popisují také Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Larzul et al. (2004) a Tůmová et al. (2006, 2007) a také Metzger et al.



(2009) u králíků s restrikcí energie. Gidenne et al. (2012) uvádějí, že hmotnost ledvinového tuku je negativně vztažena k úrovni příjmu krmiva a proto je nižší u restringovaných skupin. Naproti tomu časová restrikce neovlivnila podíl ledvinového tuku (Tůmová et al., 2003; Matics et al., 2008). Tuk je pozdně se vyvíjející tkáň a jeho množství je možné ovlivnit kvantitativní restrikcí.

### 6.1.3. Fyzikální parametry masa

Mezi fyzikální parametry kvality masa řadíme hodnotu pH, charakteristiky barvy, vaznost masa a texturu.

#### 6.1.3.1. Fyzikální vlastnosti svalu *longissimus lumborum*

Fyzikální parametry svalu *longissimus lumborum* jsou uvedeny v Tabulce 5. Hodnoty pH v tomto svalu byly statisticky významně ovlivněny pouze technikou krmení ( $P \leq 0,006$ ). Průkazné rozdíly byly ovšem zaznamenány pouze mezi restringovanými skupinami, kdy skupina R65, u které byla restrikce krmiva 65 g/ks/den měla  $pH_{45}$  nižší pH než skupina R50 s intenzivnější restrikcí. Obě tyto skupiny se ovšem nelišily od ADL králíků. Měřením pH krátce po porážce se zabývali pouze Tůmová et al. (2006), kteří zjistili neprůkazně nižší pH měřené 3 hodiny *post mortem* u restringované skupiny, v případě restrikce prováděné ihned po odstavu a s omezeným krmením 50 g krmiva/ks/den. Dvacet čtyři hodin *post mortem* se  $pH_u$  dle těchto autorů mezi skupinami nelišilo. Také Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nepozorovali průkazný vliv techniky krmení na průměrnou hodnotu  $pH_u$ . Dalle Zotte et al. (2005b) konstatovali, že hodnoty  $pH_u$  závisejí spíše na délce než na intenzitě restrikce, což je v kontrastu s našimi výsledky, kde nižší hodnota byla u mírnější restrikce. Metzger et al. (2009) naopak uvádějí zvýšení  $pH_u$  u králíků s restrikcí energie v krmivu ve srovnání s králíky kmenými *ad libitum*.

V pokusu byl pouze zaznamenán vliv věku na parametry barvy masa  $L^*$  ( $P \leq 0,021$ ),  $a^*$  ( $P \leq 0,001$ ) a  $b^*$  ( $P \leq 0,010$ ). Spolu se stoupajícím věkem měla hřbetní svalovina tmavší a červenější odstín barvy (vyšší  $L^*$  a  $a^*$ ), což souvisí s vyšším obsahem myoglobinu u starších zvířat (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Barva svaloviny hřbetu nebyla průkazně ovlivněna technikou krmení. Také Tůmová et al. (2006) ve hřbetní svalovině nezjistili vliv délky ani

doby aplikace restrikce na charakteristiky barvy masa měřené 24 hodin *post mortem*. Podobně i Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nezjistili vliv restrikce energie na parametr  $L^*$  24 hodin *post mortem*. Rovněž Metzger et al. (2009) uvádějí, že světlost hřbetní svaloviny 24 hodin *post mortem* nebyla technikou krmení ovlivněna, ovšem u parametrů  $a^*$  a  $b^*$  zjistili nižší hodnoty u králíků s restrikcí. Zdá se, že restrikce krmiva má pouze mírný vliv na barvu masa.

Ztráta masa varem byla průkazně ( $P \leq 0,023$ ) vyšší u restringovaných skupin, zejména u skupiny s restrikcí 50 g krmiva/ks/den. Ztráta masa varem závisí na dostupnosti proteinů pro navázání vody, která klesá u svalů s nižším pH, které může způsobit denaturaci proteinů, nižší vaznost masa a tím vyšší ztrátu masa varem. pH měřené 45 minut *post mortem* ovšem nebylo u restringovaných zvířat významně nižší než u ADL. Výsledky ztráty masa varem jsou podobné těm, jaké uvádějí Metzger et al. (2011a) u časové restrikce, ale nekorespondují s Gidennem et al. (2009), kteří nezaznamenali vliv intenzity restrikce na ztrátu masa varem. S věkem se procento ztrát masa varem průkazně ( $P \leq 0,001$ ) snížilo, což potvrzuje ve své studii také Lebas (1999).

Statisticky vysoce průkazné interakce techniky krmení a věku ( $P \leq 0,001$ ) byly zaznamenány u maximální síly stříhu, která charakterizuje texturu masa měřenou metodou Warner-Bratzler. Ihned po skončení restrikce byla síla stříhu u obou restringovaných skupin vyšší než u ADL, ovšem na konci pokusu byly u králíků krmených *ad libitum* zjištěny nejvyšší hodnoty. Naopak skupiny s restrikcí měly nezávisle na intenzitě restrikce výrazně nižší hodnoty síly stříhu v 70 dnech a tím vyšší křehkost masa. Naproti tomu Carilho et al. (2009) při kvalitativní restrikci nezjistili vliv na sílu stříhu u svalu *longissimus lumborum* a Larzul et al. (2004) dokonce našli průkazně nižší křehkost masa u restringovaných králíků. Příčinou rozdílných výsledků jsou pravděpodobně odlišné metody aplikace restrikce.

### **6.1.3.2. Fyzikální vlastnosti svalu *biceps femoris***

Hodnota pH svalu *biceps femoris* nebyla ovlivněna žádným ze sledovaných faktorů (Tabulka 6). Podobně jako u svalu *longissimus lumborum* byla ve svalu *biceps femoris* nižší hodnota pH u skupiny R65 s mírnější restrikcí. Podobně i Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nepozorovali průkazný vliv techniky krmení na pH stehenní svaloviny. Nebyl zaznamenán vliv intenzity restrikce na hodnoty pH měřeného 24 hodin *post mortem*, ovšem u králíků s delší restrikcí bylo pH svalu *biceps femoris* nižší než u skupin

s kratší dobou restrikce (Dalle Zotte et al., 2005b). Také Perrier a Ouhayoun (1996) při restrikci 70 % a následně 90 % ADL trvajících po celou dobu výkrmu pozorovali nižší konečnou hodnotu  $pH_u$  ve stehenní svalovině restringovaných králíků, ovšem skupina s vyrovnaným příjmem krmiva 80 % ADL po celou dobu pokusu a skupina, která měla ve druhé části výkrmu restrikci intenzivnější než v první části, se od sebe nelišily hodnotami pH.

U parametrů  $L^*$  a  $a^*$  barvy svalu *biceps femoris* byla pozorována vyšší hodnota než u svalu *longissimus lumborum*, což pravděpodobně souvisí s vyšším počtem oxidativních svalových vláken ve stehenní svalovině (Pla et al., 1995; Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Z výsledků je patrné, že žádná z charakteristik barvy stehenní svaloviny nebyla ovlivněna technikou krmení a je v souladu s prací Dalle Zotte et al. (2005b) a Gidenna et al. (2009), kteří nezaznamenali vliv techniky krmení na žádnou z charakteristik barvy masa ve svalu *biceps femoris* měřenou 24 hodin *post mortem*. Ani Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayoun (1998), kteří prováděli restrikci energie, neobjevili u parametru  $L^*$  rozdíly mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky. Na druhou stranu v našem pokusu byla u parametru  $b^*$  zaznamenána interakce mezi technikou krmení a věkem ( $P \leq 0,017$ ), kdy skupiny s restrikcí krmiva měly po skončení restrikce nižší hodnoty než skupina ADL, na konci pokusu měla vyšší hodnotu v porovnání s kontrolou pouze skupina R65. Interakce věku a techniky krmení je obtížné porovnat s literárními údaji, neboť v literatuře chybí hodnocení vztahu věku a restrikce krmiva.

#### **6.1.4. Svalová vlákna**

##### **6.1.4.1. Charakteristiky svalových vláken svalu *musculus longissimus lumborum***

Mezi nejdůležitější charakteristiky svalových vláken patří procentuální zastoupení jednotlivých typů a jejich plocha. Obě charakteristiky mají vztah k senzorickým vlastnostem masa. Statisticky významné interakce mezi technikou krmení a věkem byly zaznamenány u většiny sledovaných vlastností svalových vláken (Tabulka 7). Ve svalu byla nejvíce zastoupena vlákna  $\alpha W$ , dále pak  $\alpha R$  a nejméně bylo vláken  $\beta R$ . Průkazné interakce mezi skupinou a věkem byly u počtu svalových vláken typu  $\beta R$  ( $P \leq 0,040$ ) s nejvyšším počtem u skupiny ADL 42. den věku a nejnižším počtem u králíků R50 s restrikcí 50 g krmiva/ks/den

ve 42. a 70. dni věku. Ve vztahu k technice krmení, měli králíci s intenzivnější restrikcí signifikantně ( $P \leq 0,001$ ) nižší počet vláken typu  $\beta R$  ve srovnání s kontrolní skupinou. Informace o vlivu restrikce na počet jednotlivých typů svalových vláken v dostupné literatuře chybí. Spolu s rostoucím věkem se počet vláken  $\beta R$  ( $P \leq 0,002$ ),  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) i  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ) snižoval, což souvisí se zvětšováním plochy svalových vláken, se kterou je jejich počet v úzké korelaci (Ryu a Kim, 2005). Počet svalových vláken se u králíků zvyšuje i po narození a stabilizuje se okolo 17. dne věku (Ouhayoun a Dalle Zotte, 1993), Ouhayoun (2003) uvádí i později. Po této době se pouze zvětšuje plocha svalových vláken syntézou proteinů (Andersen et al., 2005).

Plocha svalových vláken se liší podle typu vlákna. Největší plochu mají  $\alpha W$  vlákna, která jsou ve svalu *longissimus lumborum* nejvíce zastoupena. Statisticky významné interakce mezi skupinou a věkem byly prokázány u plochy svalových vláken všech typů. Plocha nevíce zastoupených svalových vláken  $\alpha W$  byla největší ( $P \leq 0,001$ ) na konci pokusu u skupiny R65 s mírnější restrikcí. Skupina R50 se silnější restrikcí měla menší plochu svalových vláken ve srovnání s ostatními skupinami již po skončení restrikce ve 42 dnech a plocha glykolytických vláken zůstala menší i v době ukončení pokusu. Vlákna  $\alpha R$  měla největší plochu ( $P \leq 0,001$ ) u králíků krmených *ad libitum* a R65 s mírnější restrikcí na konci pokusu. Skupina R50 s nejintenzivnější restrikcí měla průkazně menší plochu svalových vláken  $\alpha R$  v porovnání s ostatními skupinami. Průkazně nejmenší plocha byla zaznamenána ve 42 dnech věku u skupiny R65. Nejmenší plocha svalových vláken  $\beta R$  ( $P \leq 0,001$ ) byla pozorována u skupiny ADL ve 42 dnech věku a u skupiny R65 restringované 65 g krmiva/ks/den ve stejné době, tzn. po skončení restrikce. Ovšem na konci pokusu byla plocha svalových vláken  $\beta R$  u skupiny R65 největší. Vliv interakce techniky krmení a věku na plochu i další charakteristiky svalových vláken nebyl doposud v literatuře popsán. Plochu rychle stažitelných svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  významně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivnila technika krmení. Králíci s intenzivní restrikcí měli plochu svalových vláken těchto typů menší než králíci s mírnější restrikcí a kontrolní skupina. Toto může souviset i s nižší porážkovou hmotností skupiny R50 s intenzivní restrikcí, protože Gondret et al. (2000) uvádějí, že plocha svalových vláken je v korelaci spíše s porážkovou hmotností než s věkem králíků. Na rozdíl od našich výsledků Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) u králíků s restrikcí energie a Gondret et al. (2000) u kvantitativně restringovaných skupin nepozorovali průkazné rozdíly v ploše svalových vláken svalu *longissimus lumborum* ve srovnání s kontrolní skupinou krmenou *ad libitum*. Plocha svalových vláken všech typů se s věkem průkazně zvětšovala ( $P \leq 0,001$ ).

Zastoupení svalových vláken typu  $\beta R$  bylo statisticky významně ovlivněno technikou krmení ( $P \leq 0,001$ ) s vyšším procentem vláken tohoto typu u králíků krmených *ad libitum*. Restringovaní králíci měli vyšší zastoupení vláken typu  $\alpha W$  ( $P \leq 0,009$ ) v porovnání s kontrolní skupinou, přičemž restringované skupiny se navzájem významně nelišily. Naproti tomu podíl vláken  $\alpha R$  nebyl technikou krmení ovlivněn. Snížení  $\beta R$  a zvýšení glykolytických vláken  $\alpha W$  může mít negativní vliv na senzorní vlastnosti masa, především na jeho šťavnatost, která je dána obsahem intramuskulárního tuku, který se vyskytuje hlavně v oblasti oxidativních vláken  $\beta R$  a  $\alpha R$  (Picard et al., 2002). Tyto údaje jsou v souladu s výsledky ztráty masa varem, která byla vyšší u restringovaných skupin. Gondret et al. (2000) uvádějí snížení podílu oxidativních svalových vláken ( $\alpha R$  a  $\beta R$ ) ve svalu *musculus longissimus lumborum* u králíků s restrikcí krmiva 70 % *ad libitum* krmné dávky od 11. do 18. týdne věku ve srovnání s kontrolní skupinou. Tito autoři ovšem na rozdíl od našich výsledků nezaznamenali průkazné rozdíly v zastoupení jednotlivých typů svalových vláken mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky. Rozdílné výsledky našeho pokusu a literatury mohou souviset s odlišným způsobem restrikce. Zastoupení svalových vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$  bylo významně ( $P \leq 0,003$  pro  $\alpha R$  a  $P \leq 0,022$  pro  $\alpha W$ ) ovlivněno věkem s klesající tendencí u vláken typu  $\alpha R$  a stoupající u typu  $\alpha W$ , což odpovídá konstatování Dalle Zotte et al. (2005a), že po narození mají králíčata ve svalu *musculus longissimus lumborum* všechna svalová vlákna typu  $\alpha R$  a s věkem se tato vlákna mohou měnit na vlákna  $\alpha W$ . Toto také souvisí se zvyšováním oxidativního metabolismu s věkem. Námi zjištěné výsledky nekorespondují s Lambertinim et al. (1996), kteří nezaznamenali průkazný vliv věku na procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, ovšem tito autoři zjišťovali vliv věku na zastoupení svalových vláken u starších králíků (75, 85 vs. 95 dní), zatímco v našem sledování to bylo do 70 dnů věku.

#### **6.1.4.2. Charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris***

Základní parametry svalových vláken svalu *biceps femoris* jsou uvedeny v Tabulce 8. Výsledky naznačují, že charakteristiky svalových vláken byly méně ovlivněny než u svalu *longissimus lumborum*. Počet svalových vláken na  $1 \text{ mm}^2$  byl technikou krmení signifikantně ovlivněn pouze u typu  $\alpha W$  ( $P \leq 0,010$ ), kdy restringované skupiny měly větší počet glykolytických svalových vláken než králíci, kteří byli krmeni *ad libitum*. Rovněž Dalle Zotte et al. (2005b) uvádějí, že restrikce zvyšuje glykolytický metabolismus, a v té souvislosti

pokles oxidativních svalových vláken ve svalech. Vliv věku ( $P \leq 0,001$ ) byl zjištěn u přechodných vláken  $\alpha R$  a glykolytických vláken  $\alpha W$  u nichž se s věkem počet snižoval, naproti tomu počet svalových vláken  $\beta R$  zůstával po celou dobu pokusu podobný. Celkový počet svalových vláken je v negativní korelaci k jejich ploše (Rehfeldt et al., 2004).

U plochy svalových vláken byly statisticky průkazné interakce mezi skupinou a věkem zaznamenány pouze u glykolytických svalových vláken  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ) s nejnižšími hodnotami ihned po skončení restrikce, tj. v 42 dnech věku u obou restringovaných skupin a s nejvyšší plochou u králíků krmených *ad libitum* v 70-ti dnech věku. Na konci pokusu měly obě restringované skupiny menší plochu svalových vláken  $\alpha W$  ve srovnání s králíky z kontrolní skupiny. Vláknata typu  $\alpha W$  měla se vzrůstající intenzitou restrikce menší plochu ( $P \leq 0,001$ ). Plocha svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  byla ovlivněna technikou krmení. Skupiny s restrikcí krmiva měly průkazně ( $P \leq 0,001$ ) menší plochu svalových vláken  $\alpha R$  ve srovnání s kontrolní skupinou, ovšem navzájem se restringovaní králíci v ploše těchto vláken nelišili. Naproti tomu Gondret et al. (2000) nepozorovali průkazné rozdíly u plochy jednotlivých typů svalových vláken svalu *biceps femoris* v závislosti na technice krmení. Rozpor našich výsledků s Gondret et al. (2000) může být způsoben rozdílným termínem restrikce, neboť tyto autoři prováděli restrikci mezi 11. a 18. týdnem věku za účelem snížení tuku v jatečném trupu. Toto naznačuje, že pozdější restrikce nemá vliv na vývoj svalových vláken na rozdíl od restrikce rané.

Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken nebylo ovlivněno technikou krmení. Ve svalu BF byl nevýznamně vyšší podíl  $\alpha W$  vláken u restringovaných skupin a došlo tak podobně jako ve svalu *longissimus lumborum* k jejich zvýšení, ale u svalu *longissimus lumborum* byl tento nárůst průkazný. Je zřejmé, že restrikce zvyšuje podíl glykolytických vláken u obou svalů, ale u svalu *longissimus lumborum* je tento vliv významný. Stejně jako v našem pokusu, Dalle Zotte et al. (2001) při časně restrikci krmení u králíků nezjistili vliv restrikce na zastoupení svalových vláken, tyto výsledky ale pouze částečně korespondují s další prací Dalle Zotte et al. (2005b), kteří zaznamenali u králíků s restrikcí po celou dobu výkrmu nižší podíl vláken  $\beta R$  a vyšší podíl vláken  $\alpha W$  ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum*. Zastoupení svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  bylo statisticky významně ovlivněno věkem. Podíl  $\alpha R$  vláken se s věkem snižoval ( $P \leq 0,004$ ), naproti tomu zastoupení vláken  $\alpha W$  se zvyšovalo ( $P \leq 0,037$ ), což souvisí s přeměnou vláken  $\alpha R$  na  $\alpha W$  (Dalle Zotte et al., 2005a).

### 6.1.5. Shrnutí výsledků pokusu 1

Restrikce krmiva ihned po odstavu snížila spotřebu krmiva, ale také konečnou živou hmotnost. U restringovaných skupin byl celkově nižší průměrný denní přírůstek i přes kompenzaci růstu po skončení restrikce, která byla nedostatečná. Z jatečných parametrů byly zjištěny signifikantní interakce skupiny a věku u hmotnosti JOT, kde se u skupiny R50 s intenzivnější restrikcí projeví rozdíly od králíků krmených *ad libitum* již 49. den věku a na konci pokusu v 70 dnech měly obě skupiny s omezeným krmivem nižší hmotnost JOT než ADL králíci. Dále byly interakce u podílu přední části, kdy po skončení restrikce měly obě skupiny s restrikcí nižší podíl přední části ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum*, avšak v 70 dnech se podíl u skupiny R50 ještě snížil, zatímco skupina R65 s mírnější restrikcí se nelišila od ADL. Kromě zmiňovaných parametrů jatečné hodnoty se vliv techniky krmení projevil také u podílu stehen, kdy vyšší zastoupení bylo u králíků R50 s intenzivnější restrikcí. Naopak u podílu ledvinového tuku v jatečném trupu bylo nejnižší zastoupení u skupiny R50.

Z fyzikálních vlastností byl ve svalu *longissimus lumborum* zjištěn vliv intenzity restrikce na pH<sub>45</sub> s vyšší hodnotou u králíků s restrikcí 50 g krmiva/ks/den oproti skupině R65 s mírnější restrikcí. Také ztráta masa varem byla průkazně ovlivněna technikou krmení, s intenzitou restrikce ztráta masa varem rostla. Interakce techniky krmení a věku u síly stříhu zvýšila křehkost masa restringovaných králíků v 70 dnech i přes vyšší ztráty masa varem. V porovnání se svalem *longissimus lumborum* nebyly fyzikální charakteristiky svalu *biceps femoris* technikou krmení ovlivněny.

Z charakteristik svalových vláken byla plocha ovlivněna interakcí skupiny a věku a u typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$  ve svalu MLL byla průkazně menší v případě skupiny R50 s intenzivnější restrikcí krmiva. Plocha vláken ve svalu MLL zmenšila u vláken  $\alpha R$  a v případě vláken  $\alpha W$  záleželo i na intenzitě restrikce, kdy se u intenzivnějšího omezení vlákna zmenšila výrazněji. Zastoupení vláken  $\alpha W$  se u restringovaných skupin v porovnání s ADL zvýšilo na úkor vláken  $\beta R$ . Naproti tomu vlastnosti svalových vláken svalu *biceps femoris* byly ovlivněny méně než u svalu *longissimus lumborum*. Zastoupení jednotlivých typů vláken ve svalu *biceps femoris* nebylo technikou krmení ovlivněno.

Tabulka 3: Vliv restrikce krmiva (35. – 42. den) na výsledky výkrmu – pokus 1

Ukazatel	Věk	ADL	R50	R65	RMSE	Průkaznost
Živá hmotnost (g)	35. den	977	980	980	132	0,995
Živá hmotnost (g)	70. den	3037 <sup>a</sup>	2545 <sup>b</sup>	2624 <sup>b</sup>	231	<0,001
Spotřeba krmiva (g/d)	35. – 70. den	185,0 <sup>a</sup>	158,3 <sup>b</sup>	160,0 <sup>b</sup>	9,5	<0,001
Konverze krmiva	35. – 70. den	3,36	3,33	3,27	0,27	0,731
Přírůstek (g)	35. – 42. den	56,1 <sup>a</sup>	9,9 <sup>c</sup>	19,4 <sup>b</sup>	6,4	<0,001
	42. – 49. den	53,8 <sup>b</sup>	67,3 <sup>a</sup>	68,4 <sup>a</sup>	9,0	<0,001
	49. – 56. den	56,1	66,7	63,3	10,7	0,076
	56. – 63. den	53,3	48,0	49,3	10,7	0,487
	63. – 70. den	48,9	48,6	46,9	9,1	0,860
	35. – 70. den	55,6 <sup>a</sup>	49,1 <sup>b</sup>	47,6 <sup>b</sup>	5,0	0,002

<sup>a,b,c</sup> P≤0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den



Tabulka 4: Vliv restrikce krmiva (35. – 42. den) na vybrané jatečné parametry – pokus 1

Skupina	Věk	Živá hmotnost (g)	Hmotnost JOT (g)	JV (%)	Zadní část z JOT (%)	Přední část z JOT (%)	Hřbet z JOT (%)	Stehna z JOT (%)	Svalovina stehén z JOT (%)	Ledvin. tuk z JOT (%)
ADL		2001,2 <sup>a</sup>	1040,0 <sup>a</sup>	57,68	51,70	48,57 <sup>a</sup>	14,82	30,72 <sup>b</sup>	11,20	1,07 <sup>a</sup>
R50		1850,9 <sup>b</sup>	944,0 <sup>b</sup>	57,04	52,48	47,41 <sup>b</sup>	14,99	31,60 <sup>a</sup>	11,04	0,74 <sup>b</sup>
R65		1829,1 <sup>b</sup>	962,4 <sup>b</sup>	57,21	52,67	47,25 <sup>b</sup>	15,43	31,47 <sup>ab</sup>	11,21	0,88 <sup>ab</sup>
RMSE		661,9	385,4	2,58	2,25	2,19	1,73	1,32	0,79	0,46
	42	1229,1 <sup>c</sup>	605,3 <sup>c</sup>	54,95 <sup>c</sup>	51,28 <sup>b</sup>	49,06 <sup>a</sup>	13,84 <sup>c</sup>	31,65 <sup>a</sup>	10,65 <sup>b</sup>	0,55 <sup>c</sup>
	49	1710,0 <sup>b</sup>	863,8 <sup>b</sup>	56,83 <sup>b</sup>	52,61 <sup>ab</sup>	47,17 <sup>b</sup>	14,95 <sup>b</sup>	31,41 <sup>ab</sup>	11,16 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>
	70	2742,1 <sup>a</sup>	1477,4 <sup>a</sup>	60,15 <sup>a</sup>	52,96 <sup>a</sup>	47,00 <sup>b</sup>	16,46 <sup>a</sup>	30,73 <sup>b</sup>	11,65 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>
	RMSE	168,8	103,8	1,38	2,16	2,07	1,37	1,32	0,68	0,33
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
	42	1254,4 <sup>d</sup>	583,6 <sup>c</sup>	54,52	50,35	50,75 <sup>a</sup>	13,20	30,94	10,63	0,70
ADL	49	1766,6 <sup>c</sup>	908,0 <sup>c</sup>	57,82	53,03	46,70 <sup>bc</sup>	14,99	31,68	11,55	1,00
	70	2982,6 <sup>a</sup>	1628,4 <sup>a</sup>	60,71	51,71	48,27 <sup>b</sup>	16,26	29,54	11,42	1,52
	42	1210,8 <sup>d</sup>	614,7 <sup>e</sup>	55,12	51,77	48,09 <sup>b</sup>	13,92	32,32	10,46	0,37
R50	49	1636,4 <sup>c</sup>	813,5 <sup>d</sup>	56,32	51,92	47,98 <sup>bc</sup>	14,64	31,18	10,94	0,68
	70	2640,3 <sup>b</sup>	1403,9 <sup>b</sup>	59,70	53,74	46,15 <sup>c</sup>	16,42	31,30	11,73	1,17
	42	1222,3 <sup>d</sup>	617,5 <sup>e</sup>	55,22	51,71	48,34 <sup>b</sup>	14,40	31,69	10,86	0,57
R65	49	1727,0 <sup>c</sup>	869,8 <sup>cd</sup>	56,35	52,88	46,84 <sup>bc</sup>	15,21	31,37	10,98	0,66
	70	2603,4 <sup>b</sup>	1399,9 <sup>b</sup>	60,06	53,42	46,58 <sup>bc</sup>	16,69	31,35	11,79	1,41
RMSE		137,2	82,5	1,34	2,14	1,92	1,39	1,22	0,67	0,31
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		<0,001	<0,001	0,237	0,257	0,040	0,295	0,033	0,638	0,002
Věk		<0,001	<0,001	<0,001	0,020	<0,001	<0,001	0,031	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,002	<0,001	0,135	0,305	0,047	0,809	0,052	0,224	0,716

<sup>a,b,c,d,e</sup>P≤0,05; RMSE – root mean square error

JOT – jatečně opracovaný trup; JV – jatečná výtečnost; ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 5: Fyzikální charakteristiky svalu *longissimus lumborum* – pokus 1

Skupina	Věk	pH	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	Ztráta varem (%)	Síla stříhu (kg/cm <sup>2</sup> )
ADL		6,70 <sup>ab</sup>	44,40	-0,72	7,37	35,57 <sup>b</sup>	42,81
R50		6,76 <sup>a</sup>	44,10	-0,40	7,74	36,75 <sup>a</sup>	44,02
R65		6,66 <sup>b</sup>	43,54	-0,26	7,74	36,19 <sup>ab</sup>	41,39
RMSE		0,11	2,59	0,98	1,44	2,50	9,39
	42	6,69	45,14 <sup>a</sup>	-0,27 <sup>a</sup>	8,09 <sup>a</sup>	38,43 <sup>a</sup>	43,00
	49	6,74	43,72 <sup>b</sup>	-0,09 <sup>a</sup>	7,86 <sup>a</sup>	36,56 <sup>b</sup>	42,20
	70	6,69	43,19 <sup>b</sup>	-1,02 <sup>b</sup>	6,90 <sup>b</sup>	33,51 <sup>c</sup>	43,02
	RMSE	0,11	2,47	0,91	1,36	1,49	9,45
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>						
ADL	42	6,64	45,19	-0,22	7,92	38,17	36,00 <sup>c</sup>
	49	6,79	43,65	-0,15	7,55	35,63	40,82 <sup>bc</sup>
	70	6,67	44,36	-1,78	6,63	32,90	51,61 <sup>a</sup>
R50	42	6,79	44,43	-0,19	7,77	38,80	48,56 <sup>ab</sup>
	49	6,73	44,86	-0,41	8,22	37,45	41,97 <sup>bc</sup>
	70	6,75	43,02	-0,60	7,23	34,00	41,52 <sup>bc</sup>
R65	42	6,65	45,81	-0,41	8,57	38,33	44,43 <sup>ab</sup>
	49	6,69	42,64	0,28	7,82	36,61	43,81 <sup>abc</sup>
	70	6,64	42,19	-0,66	6,85	33,64	35,92 <sup>c</sup>
RMSE		0,10	2,44	0,87	1,38	1,45	8,41
<b>Průkaznost</b>							
Skupina		0,006	0,470	0,189	0,564	0,023	0,558
Věk		0,204	0,021	0,001	0,010	<0,001	0,929
Skupina*věk		0,070	0,190	0,078	0,722	0,825	<0,001

<sup>a,b,c</sup> P≤0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světlost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 6: Fyzikální charakteristiky svalu *biceps femoris* – pokus 1

Skupina	Věk	pH	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)
ADL		6,55	52,98	-2,81	7,56
R50		6,57	53,67	-2,79	7,64
R65		6,48	54,26	-2,43	7,35
RMSE		0,17	3,31	0,65	1,83
	42	6,52	53,97 <sup>a</sup>	-2,70	8,26 <sup>a</sup>
	49	6,51	54,80 <sup>a</sup>	-2,83	7,81 <sup>a</sup>
	70	6,57	52,13 <sup>b</sup>	-2,50	6,48 <sup>b</sup>
	RMSE	0,17	3,16	0,66	1,67
Skupina	Věk				
ADL	42	6,56	54,48	-2,72	9,15 <sup>a</sup>
	49	6,56	54,45	-2,83	8,04 <sup>ab</sup>
	70	6,54	50,00	-2,88	5,51 <sup>d</sup>
R50	42	6,52	53,82	-2,76	8,44 <sup>ab</sup>
	49	6,47	54,72	-2,89	8,04 <sup>ab</sup>
	70	6,71	52,47	-2,72	6,44 <sup>cd</sup>
R65	42	6,48	53,61	-2,63	7,22 <sup>bc</sup>
	49	6,50	55,23	-2,76	7,35 <sup>bc</sup>
	70	6,45	53,94	-1,92	7,50 <sup>bc</sup>
RMSE		0,16	3,14	0,64	1,58
Průkaznost					
Skupina		0,122	0,373	0,080	0,813
Věk		0,404	0,015	0,217	<0,001
Skupina*věk		0,109	0,297	0,253	0,017

<sup>a,b,c,d</sup> P<0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světllost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 7: Vliv restrikce krmiva (35. – 42. den) na charakteristiky svalových vláken svalu *longissimus lumborum* – pokus 1

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (μm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		29,2 <sup>a</sup>	46,0	463,7	750,48	724,59 <sup>a</sup>	1552,98 <sup>a</sup>	5,55 <sup>a</sup>	8,69	85,76 <sup>b</sup>
R50		12,0 <sup>b</sup>	49,8	482,6	756,65	611,10 <sup>b</sup>	1356,40 <sup>b</sup>	2,21 <sup>b</sup>	8,55	89,24 <sup>a</sup>
R65		20,7 <sup>ab</sup>	53,7	464,8	740,61	715,37 <sup>a</sup>	1550,37 <sup>a</sup>	3,50 <sup>b</sup>	9,77	86,73 <sup>ab</sup>
RMSE		15,9	29,1	156,6	322,32	362,83	802,89	2,26	3,50	3,96
	42	26,8 <sup>a</sup>	76,2 <sup>a</sup>	597,4 <sup>a</sup>	589,14 <sup>c</sup>	513,35 <sup>c</sup>	1090,64 <sup>c</sup>	3,80	10,79 <sup>a</sup>	85,41 <sup>b</sup>
	49	22,7 <sup>a</sup>	40,8 <sup>b</sup>	483,0 <sup>b</sup>	809,99 <sup>b</sup>	687,81 <sup>b</sup>	1571,27 <sup>b</sup>	4,20	7,47 <sup>b</sup>	88,33 <sup>a</sup>
	70	12,3 <sup>b</sup>	32,5 <sup>b</sup>	330,7 <sup>c</sup>	1054,31 <sup>a</sup>	1072,94 <sup>a</sup>	2082,17 <sup>a</sup>	3,25	8,76 <sup>b</sup>	87,99 <sup>a</sup>
	RMSE	16,3	22,0	110,2	268,51	291,76	704,20	2,63	3,26	4,02
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
	42	36,5 <sup>a</sup>	68,0	564,5	519,23 <sup>e</sup>	524,27 <sup>de</sup>	1128,63 <sup>f</sup>	5,45	10,24	84,31
ADL	49	32,5 <sup>ab</sup>	34,0	488,5	879,99 <sup>c</sup>	647,10 <sup>c</sup>	1566,78 <sup>d</sup>	6,57	6,29	87,14
	70	18,5 <sup>bc</sup>	36,0	338,0	989,72 <sup>b</sup>	1169,68 <sup>a</sup>	2245,25 <sup>b</sup>	4,63	9,52	85,84
	42	8,5 <sup>c</sup>	80,5	598,3	709,29 <sup>d</sup>	512,00 <sup>de</sup>	1048,92 <sup>g</sup>	1,25	11,27	87,48
R50	49	19,0 <sup>bc</sup>	36,5	482,0	693,78 <sup>d</sup>	586,75 <sup>cd</sup>	1484,92 <sup>e</sup>	3,28	6,62	90,10
	70	8,5 <sup>c</sup>	32,5	367,5	1016,04 <sup>b</sup>	883,91 <sup>b</sup>	1713,80 <sup>c</sup>	2,09	7,76	90,15
	42	35,5 <sup>a</sup>	80,0	629,5	586,55 <sup>e</sup>	505,42 <sup>e</sup>	1098,30 <sup>fg</sup>	4,71	10,84	84,45
R65	49	16,5 <sup>c</sup>	52,0	478,5	808,28 <sup>cd</sup>	802,94 <sup>b</sup>	1677,71 <sup>c</sup>	2,74	9,50	87,76
	70	10,0 <sup>c</sup>	29,0	286,5	1206,33 <sup>a</sup>	1164,69 <sup>a</sup>	2362,29 <sup>a</sup>	3,03	8,99	87,98
RMSE		14,2	22,1	112,3	258,39	281,69	688,45	2,19	3,25	3,88
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		<0,001	0,489	0,808	0,115	<0,001	<0,001	<0,001	0,367	0,009
Věk		0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,331	0,003	0,022
Skupina × věk		0,040	0,453	0,549	<0,001	<0,001	<0,001	0,101	0,377	0,957

a,b,c,d,e,f, g P<0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 8: Vliv restrikce krmiva (35. – 42. den) na charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris* – pokus 1

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (μm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		37,7	57,8	334,0 <sup>b</sup>	1148,88	940,73 <sup>a</sup>	1960,93 <sup>a</sup>	8,72	13,47	77,81
R50		36,7	73,3	412,7 <sup>a</sup>	1055,93	669,92 <sup>b</sup>	1493,88 <sup>c</sup>	7,05	13,78	79,17
R65		30,3	69,2	408,2 <sup>a</sup>	1163,67	717,87 <sup>b</sup>	1592,73 <sup>b</sup>	6,15	13,34	80,52
RMSE		29,3	32,1	118,8	587,60	392,59	915,21	5,47	4,60	6,67
	42	43,0	93,2 <sup>a</sup>	468,2 <sup>a</sup>	842,80 <sup>c</sup>	633,27 <sup>c</sup>	1384,38 <sup>c</sup>	7,65	15,34 <sup>a</sup>	77,01 <sup>b</sup>
	49	36,0	68,0 <sup>b</sup>	387,2 <sup>b</sup>	1075,75 <sup>b</sup>	764,75 <sup>b</sup>	1668,91 <sup>b</sup>	7,29	14,12 <sup>ab</sup>	78,59 <sup>ab</sup>
	70	25,7	39,2 <sup>c</sup>	299,5 <sup>c</sup>	1655,12 <sup>a</sup>	1095,26 <sup>a</sup>	2102,70 <sup>a</sup>	6,97	11,14 <sup>b</sup>	81,89 <sup>a</sup>
	RMSE	28,6	23,8	102,5	494,34	372,33	891,36	5,57	4,24	6,44
Skupina	Věk									
ADL	42	46,0	70,5	392,5	839,74	781,53	1672,70 <sup>d</sup>	9,67	13,83	76,50
	49	40,0	69,0	335,5	1185,81	937,10	1936,87 <sup>bc</sup>	8,64	15,95	75,42
	70	27,0	34,0	274,0	1620,84	1278,21	2403,26 <sup>a</sup>	7,84	10,64	81,52
R50	42	39,5	107,5	509,0	856,06	546,30	1247,49 <sup>f</sup>	6,23	16,29	77,48
	49	42,0	72,5	443,0	931,41	647,99	1477,63 <sup>e</sup>	7,66	13,20	79,15
	70	28,5	40,0	286,0	1602,80	1051,41	2025,38 <sup>b</sup>	7,25	11,86	80,89
R65	42	43,5	101,5	503,0	833,69	620,95	1286,21 <sup>f</sup>	7,07	15,88	77,05
	49	26,0	62,5	383,0	1147,93	704,07	1654,09 <sup>d</sup>	5,57	13,21	81,22
	70	21,5	43,5	338,5	1744,15	973,36	1921,48 <sup>c</sup>	5,80	10,92	83,27
RMSE		29,5	22,6	96,9	490,83	355,56	870,61	5,68	4,30	6,54
Průkaznost										
Skupina		0,647	0,056	0,010	0,069	<0,001	<0,001	0,290	0,935	0,365
Věk		0,130	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,916	0,004	0,037
Skupina × věk		0,912	0,111	0,375	0,058	0,131	<0,001	0,933	0,429	0,764

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> P<0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 35. do 42. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

## 6.2. Pokus 2 (restrikce 42. – 49. den)

Cílem druhého pokusu bylo zjistit vliv týdenní restrikce krmiva prováděné od 42. do 49. dne věku, tj. týden po odstavu králíků v 35 dnech věku, na užitkovost, jatečné parametry, fyzikální vlastnosti masa a charakteristiky svalových vláken hřbetní a stehenní svaloviny.

### 6.2.1. Výsledky výkrmnosti

Výsledky užitkovosti jsou uvedeny v Tabulce 9. Živá hmotnost na konci pokusu byla u restringovaných králíků průkazně nižší ( $P \leq 0,008$ ) v porovnání s králíky krmenými *ad libitum*. Skupiny s různou intenzitou restrikce se od sebe nelišily, avšak skupina s R65 s mírnější restrikcí měla neprůkazně vyšší živou hmotnost na konci pokusu než skupina R50 se silnější restrikcí. Nižší živá hmotnost u restringovaných králíků je v souladu s naším prvním pokusem, ve kterém restrikce začínala ihned po odstavu, a v němž také nebyl pozorován vliv intenzity restrikce na konečnou živou hmotnost. Naše výsledky korespondují i s Perrierem (1998), kteří u králíků s třítydenní restrikcí pozorovali nižší živou hmotnost než u krmených *ad libitum*. Rovněž Tůmová et al. (2007) zjistili nižší živou hmotnost u králíků s delší dobou restrikce, ovšem v případě jednotýdenní restrikce nezaznamenali rozdíly mezi skupinami, což je v kontrastu s naším pozorováním. Na rozdíl od výsledků těchto dvou pokusů Dalle Zotte et al. (2005b) uvádějí vliv doby začátku restrikce a její intenzity na živou hmotnost. Králíci s dřívější silnější restrikcí měli dle těchto autorů vyšší konečnou živou hmotnost ve srovnání s králíky se silnější restrikcí prováděnou později. Se stoupající intenzitou restrikce ovšem podle Gidenna a Feugiera (2009) a Gidenna et al. (2009, 2011, 2012) klesá živá hmotnost, neboť králíci nedosahují dostatečné kompenzace růstu, což je patrné i z detailních výsledků průměrného denního přírůstku v našem pokusu.

Průměrné denní přírůstky byly před začátkem restrikce v prvním týdnu po odstavu podobné. Mezi 42. a 49. dnem, kdy byla u dvou skupin aplikována restrikce, se přírůstky u těchto skupin průkazně snížily ( $P \leq 0,001$ ) na 5 % u skupiny R50 a 10 % u skupiny R65 s mírnější restrikcí a tato skupina měla průkazně vyšší přírůstek než skupina R50 s intenzivnější restrikcí krmiva. V týdnu následujícím po skončení restrikce byla zaznamenána kompenzace růstu v podobě vyšších přírůstků u králíků s předchozí restrikcí krmiva ( $P \leq 0,001$ ) na 149 % u skupiny R50 s intenzivnější restrikcí a na 145 % u skupiny R65

s mírnější restrikcí, přičemž se restringované skupiny mezi sebou průkazně nelišily. Od 56. dne věku nebyly mezi skupinami průkazné rozdíly, ovšem restringované skupiny měly až do konce pokusu neprůkazně vyšší průměrné denní přírůstky než ADL králíci. Za celou dobu pokusu byl průměrný denní průkazně nižší u skupiny R50 se silnější restrikcí o 13,4 % a u skupiny R65 s mírnější restrikcí o 11,9 % než u králíků krmených *ad libitum* ( $P \leq 0,001$ ). Mezi králíky s rozdílnou intenzitou omezení krmení nebyl průkazný rozdíl v přírůstcích. Ve srovnání s pokusem 1, kdy byla restrikce realizována ihned po odstavu, se u králíků s pozdější restrikcí od 42. do 49. dne věku v době omezeného krmení snížil přírůstek více, než u pokusu s restrikcí ihned po odstavu. Ovšem v týdnu následujícím po restrikci byly průměrné denní přírůstky vyšší, pokud byla restrikce aplikována týden po odstavu, tj. u pokusu 2. Nicméně, v obou pokusech se průměrné denní přírůstky za celou dobu pokusu snížily na 86 – 88 % ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum*. Podobně jako v našich pokusech uvádějí Ledin (1984), Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Tůmová et al. (2002, 2004, 2006, 2007), Oliveira et al. (2012) a Gidenne et al. (2012) v době realimentace vyšší průměrné denní přírůstky u restringovaných skupin, ale za celou dobu pokusu byly u skupin s omezeným krmivem nižší než u skupiny krmené *ad libitum*. Na rozdíl od našich výsledků ale někteří autoři uvádějí vliv intenzity restrikce na průměrný denní přírůstek. Gidenne a Feugier (2009) a Gidenne et al. (2009) detekovali pokles průměrného denního přírůstku o 0,5 g na každé procento restrikce krmení. I přes vyšší přírůstky restringovaných skupin po skončení restrikce měly restringované skupiny nižší celkový průměrný denní přírůstek i konečnou živou hmotnost, což svědčí o nedostatečné kompenzaci růstu při týdenní restrikci krmení aplikované ihned či týden po odstavu.

Spotřeba krmiva byla u restringovaných králíků průkazně ( $P \leq 0,001$ ) nižší než u ADL králíků s tím, že intenzita restrikce spotřebu neovlivnila. U pokusu 1 s restrikcí aplikovanou ihned po odstavu byla v době omezeného krmiva denní dávka v případě skupiny R50 40 % ADL a v případě skupiny R65 52 % ADL dávky, v pokusu 2 s restrikcí týden po odstavu byla restrikce ještě intenzivnější, a to u skupiny R50 29 % a u skupiny R65 38 % ADL. Spotřeba krmiva v obou pokusech byla nižší u restringovaných skupin o 12-14 %. Rovněž Gondret et al. (2000), Di Meo et al. (2007) a Gidenne et al. (2009) uvádějí obdobné výsledky týkající se spotřeby krmiva. Pokud porovnáme spotřebu krmiva a průměrný denní přírůstek, pak v době omezeného krmiva, kdy skupina R50 dostávala 29 % *ad libitní* krmné dávky měla přírůstek snížen na 5 % přírůstku skupiny ADL, zatímco skupina R65 s příjmem 38 % ADL měla přírůstek 10 % skupiny krmené *ad libitum*. Spotřeba krmiva za celou dobu pokusu se snížila

v porovnání s králíky ADL na 87 % u skupiny R50 s přírůstkem nižším o 13 % a na 88 % u skupiny R65 s přírůstkem nižším o 12 %. Výsledky tak korespondují s údaji práce Gidenna et al. (2009, 2012) o lineárním poklesu průměrných denních přírůstků na základě snížení spotřeby krmiva.

Z hlediska konverze krmiva byly mezi jednotlivými skupinami minimální rozdíly. Také v prvním pokusu s restrikcí od 35. do 42. dne nebyl zaznamenán vliv restrikce na konverzi krmiva, která byla ovšem nepatrně vyšší než u pokusu 2 s restrikcí krmiva týden po odstavu. Podobně i Tůmová et al. (2003) při jednotýdenní restrikci a Romero et al. (2010) při dvoutýdenní časové restrikci nezaznamenali vliv techniky krmení na konverzi krmiva. Na rozdíl od těchto výsledků Gidenna et al. (2009) uvádějí, že se stoupající intenzitou restrikce je konverze krmiva nižší. Při mírnější restrikci, kterou Di Meo et al. (2007) a Bovera et al. (2008) aplikovali po delší dobu, byla pozorována nižší konverze krmiva u restringovaných skupin králíků. Tyto kontrastní výsledky naznačují, že délka restrikce má vliv na konverzi krmiva.

### 6.2.2. Jatečný rozbor

Tabulka 10 dokumentuje výsledky jatečného rozboru. U hmotnosti JOT byly zaznamenány statisticky významné interakce mezi skupinou a věkem ( $P \leq 0,046$ ) s nejnižšími hodnotami ve 49 dnech věku u všech skupin. Mezi skupinami nebyl statisticky významný rozdíl ani v 56 a 63 dnech věku. Průkazný rozdíl byl až v 70 dnech věku, kdy nejvyšší hmotnost JOT měli králíci krmení *ad libitum*. Hmotnost JOT v 70 dnech nebyla intenzitou restrikce ovlivněna. Také u prvního pokusu byly zjištěny interakce věku a techniky krmení s nejnižšími hodnotami ihned po skončení restrikce s průkaznými rozdíly již od 49. dne věku. V obou pokusech pak byla nižší hmotnost JOT v 70 dnech u restringovaných králíků. Interakce techniky krmení a věku není možné porovnat s literaturou, neboť dosud nebyly sledovány. Restrikce týden po odstavu hmotnost JOT neovlivnila na rozdíl od restrikce ihned po odstavu, kdy měly restringované skupiny nižší hmotnost JOT. Podobně jako v pokusu 2, Tůmová et al. (2003) a Oliveira et al. (2012) nenalezli rozdíly mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky. Naproti tomu Gondret et al. (2000) uvádějí u restringovaných králíků nižší hmotnost JOT stejně jako u našeho pokusu s restrikcí ihned po odstavu.



Hmotnost JOT pravděpodobně ovlivňuje doba začátku retrikce. Věk průkazně ( $P \leq 0,001$ ) zvyšoval hmotnost JOT podobně jako v pokusu 1.

Na rozdíl od hmotnosti JOT nebyly u jatečné výtěžnosti interakce mezi skupinou a věkem, ale byl zaznamenán vliv techniky krmení na jatečnou výtěžnost. Ve srovnání s králíky krmenými *ad libitum* měly restringované skupiny průkazně ( $P \leq 0,001$ ) nižší jatečnou výtěžnost, zejména pak skupina R65 s mírnější restrikcí. Tyto výsledky se odlišují od výsledků pokusu s restrikcí aplikovanou ihned po odstavu, kdy restrikce jatečnou výtěžnost neovlivnila. Příčinou může být kratší realimentační období při restrikci aplikované později. Shodně s tímto pokusem Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Ouhayoun (2003), Larzul et al. (2004), Bovera (2008) a Gidenne et al. (2009) uvádějí nižší jatečnou výtěžnost u králíků s restrikcí krmiva. Tito autoři prováděli mírnější restrikci po delší dobu, a tudíž v jejich experimentech bylo realimentační období také kratší. Příčinou poklesu jatečné výtěžnosti může být nedostatečná kompenzace růstu a následně pak nižší porážková hmotnost restringovaných králíků.

Podíl zadní části z JOT byl průkazně ovlivněn pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ) s nejnižší hodnotou v 56 dnech věku, ve 49, 63 a 70 dnech věku se podíl zadní části nelišil. Vliv techniky krmení se u podílu zadní části neprojevil, podobně jako v pokusu 1 s restrikcí ihned po odstavu. Také Perrier a Ouhayoun (1996) a Tůmová et al. (2006) nenalezli rozdíly v podílu zadní části mezi králíky s restrikcí a krmenými *ad libitum*. Na rozdíl od podílu zadní části nebyl podíl přední části z JOT průkazně ovlivněn žádným ze sledovaných faktorů. Tyto výsledky jsou naprosto odlišné v porovnání s pokusem 1, kdy byla restrikce aplikována o týden dříve, a ve kterém byly zjištěny interakce techniky krmení a věku a také samotný vliv techniky krmení. V případě restrikce týden po odstavu se nepotvrdily změny v alometrii růstu v závislosti na technice krmení jako u pokusu s restrikcí ihned po odstavu, nebo prací Metzgera et al. (2009), kteří uvádějí nižší podíl přední části u skupiny s vyšší intenzitou restrikce.

Žádný ze sledovaných faktorů neměl vliv na podíl jednotlivých partií zadní části. Zjištění, že podíl hřbetu nebyl ovlivněn technikou krmení, jak v tomto tak i předchozím pokusu, je v souladu s Tůmovou et al. (2006) při jednotýdenní restrikci krmiva s podobnou intenzitou jako u našeho pokusu. Pokud tito autoři prováděli restrikci později, či po delší dobu, zjistili nižší podíl hřbetu u králíků s omezeným krmením. Také Ferreira a Carregal (1996) v případě pozdní restrikce a Matics et al. (2008) při časové restrikci detekovali nižší podíl hřbetu u králíků s restrikcí. Rozdílné výsledky ve srovnání s literaturou zřejmě souvisejí s odlišnými

metodami restrikce. Pokud bylo omezení aplikováno později, byl zjištěn nižší podíl hřbetu, související pravděpodobně s alometrií růstu, kdy se dle Pascuala et al. (2008) hřbet vyvíjí později než stehna.

Na podíl stehen se také neuplatnil vliv techniky krmení ani věku. V tomto pokusu při restrikci aplikované týden po odstavu nebyl vliv techniky krmení zaznamenán, ale králíci s restrikcí ihned po odstavu měli nevýznamně vyšší podíl stehen oproti ADL. Výsledky druhého pokusu odpovídají údajům Tůmové et al. (2006), kteří také nepozorovali průkazný vliv restrikce na podíl stehen. Také Gidenne et al. (2009) nezjistili vliv restrikce 80 % a 60 % ADL na podíl stehen králíků, ovšem při intenzitě restrikce 70 % uvádějí nižší podíl stehen u králíků s omezeným krmivem. Naproti tomu Ferreira a Carregal (1996) shledali u králíků s restrikcí vyšší podíl stehen, ale s restrikcí až od 70. dne věku. Podobné údaje uvádějí i Combes et al. (2003). Podíl svaloviny stehen nebyl ovlivněn technikou krmení, ale pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ) s nejvyšším podílem v 70 dnech, což je shodné s výsledky, které uvádějí Gidenne et al. (2009).

Technika krmení i věk ovlivnily podíl ledvinového tuku. S rostoucím věkem se podíl ledvinového tuku statisticky vysoce významně zvyšoval ( $P \leq 0,001$ ) shodně jako v pokusu 1 s restrikcí ihned po odstavu i s údaji Lebase et al. (2001) a Hernández et al. (2004). Technika krmení průkazně ( $P \leq 0,005$ ) ovlivnila podíl ledvinového tuku s nižším podílem u restringovaných skupin. Neprojevilo se vliv intenzity restrikce a u obou restringovaných skupin byl 81-83 % v porovnání s ADL králíky. Také v prvním pokusu byl zaznamenán nižší podíl ledvinového tuku v jatečném trupu. Snížení množství ledvinového tuku v jatečném trupu u králíků s intenzitou restrikce vyšší než 85 % ADL uvádějí i Dalle Zotte (2002) a Ouhayoun (2003) nebo i další autoři Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Larzul et al. (2004) a Tůmová et al. (2006, 2007). Rovněž při restrikci energie zaznamenali Metzger et al. (2009) nižší podíl ledvinového tuku. Negativní vztah množství ledvinového tuku a úrovně příjmu krmiva uvádějí Gidenne et al. (2012).

## 6.2.3. Fyzikální parametry masa

### 6.2.3.1. Fyzikální vlastnosti svalu *longissimus lumborum*

Fyzikální vlastnosti svalu *longissimus lumborum* jsou uvedeny v Tabulce 11. U pH<sub>45</sub> byl zaznamenán pouze vliv věku ( $P \leq 0,001$ ) s průkazně vyšší hodnotou v 63 dnech, poté pH<sub>45</sub> opět kleslo na hodnoty podobné těm, které byly naměřeny 49. a 56. den věku. Dalle Zotte a Ouhayoun (1995) detekovali u pH<sub>u</sub> měřeného 24 hodin *post mortem* pokles s rostoucím věkem. Při restrikci ihned po odstavu bylo pH<sub>45</sub> průkazně nižší u skupiny R50, ale v tomto pokusu s restrikcí týden po odstavu nebyl zjištěn vliv techniky krmení. V souladu s tímto pokusem také Tůmová et al. (2006) neuvádějí vliv techniky krmení na pH měřené 24 hodin *post mortem* ani na pH zjišťovaného 3 hodiny *post mortem* ve hřbetu. Také Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) nezjistili vliv techniky krmení na průměrnou hodnotu pH<sub>u</sub>. Dalle Zotte et al. (2005b) uvádějí vliv délky restrikce spíše než vliv její intenzity na pH<sub>u</sub>.

Charakteristiky barvy masa byly v případě parametru a\* a b\* průkazně ovlivněny pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ). Hodnoty a\* se s věkem zvyšovaly, zatímco hodnoty b\* se s věkem snižovaly, tzn., že maso starších zvířat bylo více červené s méně intenzivním odstínem do žluté barvy. Vyšší hodnota a\* souvisí s větším obsahem hemových barviv ve svalovině starších zvířat, jak uvádějí Dalle Zotte a Ouhayoun (1998). Technika krmení neměla na barvu masa vliv, což je v souladu s výsledky pokusu 1. Také Tůmová et al. (2006) nenalezli vliv techniky krmení na barvu masa hřbetu měřenou 24 hodin *post mortem*. Z výsledků pokusů i literárních údajů je zřejmé, že restrikce krmiva ovlivňuje barvu masa pouze velmi mírně.

Na rozdíl od pH a barvy masa byla ztráta masa varem ovlivněna technikou krmení ( $P \leq 0,001$ ). Restrikce zvýšila ztrátu masa varem, kdy nejvýraznější rozdíl byl mezi králíky R50 restringovanými na 50 g krmiva/ks/den v porovnání se skupinou ADL. Tyto výsledky jsou obdobné jako u pokusu 1 a odpovídají údajům, které uvádějí Pla et al. (1998), že vaznost masa může být ovlivněna hmotností králíků. Rovněž v našem pokusu jsme detekovali u králíků s nižší hmotností vyšší ztráty masa varem. Tyto výsledky odpovídají také těm, které zjistili Metzger et al. (2011a) u králíků s časovou restrikcí. S rostoucím věkem se ztráta masa varem průkazně ( $P \leq 0,001$ ) snižovala, což je v souladu s prací Lebase (1999).

Síla stříhu, hlavní ukazatel textury masa měřené metodou Warner-Bratzler, byl ovlivněn pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ), kdy byl zaznamenán výrazný pokles až na konci pokusu v 70 dnech. Technika krmení texturu neovlivnila. Podobné výsledky uvádějí Pla et al. (1998) a Carilho et

al. (2009), kteří ovšem prováděli kvalitativní restrikcí. Rozdílne Larzul et al. (2004) našli průkazně nižší křehkost masa u restringovaných králíků v porovnání s krmnými *ad libitum*.

### 6.2.3.2. Fyzikální vlastnosti svalu *biceps femoris*

Hodnoty  $pH_{45}$  svalu *biceps femoris* byly ovlivněny stejně jako u svalu *longissimus lumborum* pouze věkem králíků ( $P \leq 0,001$ ) s vyššími hodnotami v 63 dnech věku, které se lišilo od  $pH_{45}$  naměřeného 56. a 70. den věku (Tabulka 12). Technika krmení neměla na  $pH_{45}$  stehenní svaloviny průkazný vliv. Výsledky jsou v souladu s údaji z pokusu 1 s restrikcí ihned po odstavu a s Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayouna (1998), kteří také nezjistili vliv techniky krmení na pH měřeného 24 hodin *post mortem*. Také Perrier a Ouhayoun (1996) při restrikcí o mírné intenzitě po celou dobu výkrmu zjistili nižší  $pH_u$  u králíků s intenzivnější restrikcí v první části výkrmu než u skupiny s vyrovnanou restrikcí na 80 % a s intenzivnější restrikcí ve druhé části výkrmu, které se od sebe ale nelišily. Naproti tomu Dalle Zotte et al. (2005b) nezaznamenali průkazný vliv intenzity restrikcí na hodnoty  $pH_u$  měřeného 24 hodin *post mortem* ve svalu *biceps femoris*.

Sval *biceps femoris* má vyšší počet oxidativních svalových vláken než *musculus longissimus lumborum*, a proto jsou hodnoty  $L^*$  a  $a^*$  u stehenní svaloviny vyšší než u hřbetní (Pla et al., 1995; Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Průkazné interakce techniky krmení a věku ( $P \leq 0,037$ ) byly u svalu *biceps femoris* nalezeny u světlosti masa ( $L^*$ ) s nejvyšší hodnotou u skupiny ADL ve 49 dnech, s tím že v tomto věku nebyly mezi jednotlivými skupinami rozdíly. Nejnižší hodnota pak byla u skupiny R65 v 63 dnech věku. Průkazné interakce věku a techniky krmení ( $P \leq 0,023$ ) byly i u parametru  $b^*$ . Parametr  $b^*$  byl nejnižší u skupiny R50 v 63 dnech věku a nejvyšší 49. den u ADL králíků. Pokud porovnáme oba pokusy, tak v pokusu 1 byla interakce věku a skupiny pouze u parametru  $b^*$ , zatímco v tomto pokusu kromě parametru  $b^*$  také u  $L^*$ , tzn. že pozdější restrikcí ovlivnila nejen odstín, ale i světlost masa. Výsledky interakcí techniky krmení a věku je obtížné porovnat s literaturou, neboť nebyly doposud publikovány. Vliv samotné techniky krmení na  $L^*$ ,  $a^*$  či  $b^*$  nebyl v našem pokusu pozorován, což je v souladu i s výsledky pokusu, když byla restrikcí realizována ihned po odstavu. Taktéž Dalle Zotte et al. (2005b) a Gidenne et al. (2009) neshledali vliv techniky krmení na charakteristiky barvy masa stehenní svaloviny měřené 24 hodin *post mortem*. Ani restrikcí energie neměla na světlost masa dle Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle

Zotte a Ouhayouna (1998) průkazný vliv. Vliv věku byl zaznamenán u světlosti masa a u parametru  $b^*$ , který charakterizuje polohu barvy mezi žlutou a modrou, přičemž se hodnoty těchto parametrů s věkem snižovaly ( $P \leq 0,001$ ), což je pravděpodobně zapříčiněno vyšším obsahem myoglobinu u starších zvířat (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998).

## 6.2.4. Svalová vlákna

### 6.2.4.1. Charakteristiky svalových vláken svalu *musculus longissimus lumborum*

Nejvýznamnější charakteristiky svalových vláken svalu *musculus longissimus lumborum*, jsou uvedeny v Tabulce 13. Statisticky průkazná interakce techniky krmení a věku ( $P \leq 0,022$ ) byla zaznamenána pouze u počtu svalových vláken typu  $\alpha R$  s nejvyšším počtem u skupiny krmené *ad libitum* 49. den věku. Nejnižší počet vláken  $\alpha R$  byl detekován u skupiny R50 v 70 dnech věku. U vláken  $\alpha R$  byl pozorován signifikantní vliv techniky krmení ( $P \leq 0,006$ ), kdy průkazný rozdíl byl mezi králíky R65 s mírnější restrikcí a skupinou ADL, zatímco králíci R50 s intenzivnější restrikcí se od obou těchto skupin nelišili. Počet svalových vláken různých typů průkazně ( $P \leq 0,017$  pro  $\beta R$ ;  $P \leq 0,001$  pro  $\alpha R$  a  $\alpha W$ ) klesal s věkem králíků, přičemž nejvyšší úbytek byl zjištěn u vláken  $\beta R$ , jejichž počet se snížil z 88,3 na 35,8 vláken na 1  $\text{mm}^2$ . Počet svalových vláken je v úzké korelaci s jejich plochou (Ryu a Kim, 2005).

Plocha svalových vláken závisí na typu, kdy největší je u glykolytických vláken  $\alpha W$ , která jsou ve svalu *longissimus lumborum* nejvíce zastoupena, oxidativní svalová vlákna  $\alpha R$  a  $\beta R$  mají menší, navzájem podobnou plochu. Plocha svalových vláken  $\beta R$ ,  $\alpha R$  a  $\alpha W$  nebyla technikou krmení průkazně ovlivněna. Z výsledků obou pokusů lze usoudit, že zatímco restrikce od 42. dne (pokus 2) neovlivnila plochu svalových vláken, restrikce aplikovaná ihned po odstavu (pokus 1) zmenšila plochu svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  u skupiny R50. Králíci pravděpodobně nedokázali dostatečně syntetizovat proteiny pro tvorbu a růst svalových vláken a tím nedostatečně kompenzovali růst. Výsledky tohoto pokusu jsou v souladu s Dalle Zotte a Ouhayounem (1998) a Gondret et al. (2000), kteří nepozorovali průkazné rozdíly v ploše svalových vláken mezi ADL a restringovanými králíky. Průkazný byl vliv věku na plochu svalových vláken typu všech typů ( $\beta R$  -  $P \leq 0,043$ ,  $\alpha R$  -  $P \leq 0,001$  a

$\alpha W$  -  $P \leq 0,001$ ), kdy se s rostoucím věkem zvětšovala plocha, což je v souladu s výsledky restrikce ihned po odstavu (pokus 1) a s výsledky, které uvádějí Andersen et al. (2005).

Podíl svalových vláken  $\beta R$  nebyl ovlivněn žádným ze sledovaných faktorů, podíl vláken  $\alpha R$  byl průkazně nejvyšší ( $P \leq 0,010$ ). U vláken typu  $\alpha W$  byl trend v zastoupení svalových vláken opačný, tj. králíci R65 s mírnější restrikcí měli nejvyšší podíl vláken  $\alpha W$  a skupina R50 se průkazně nelišila od ADL králíků. Z výsledků vyplývá, že se u restringovaných skupin a zejména u skupiny R65 s mírnější restrikcí zvýšil podíl  $\alpha W$  vláken na úkor vláken  $\alpha R$ , jejichž podíl byl u této skupiny nejnižší, zatímco u restrikce ihned po odstavu (pokus 1) se podíl  $\alpha W$  zvýšil nejvíce u skupiny R50 s nejintenzivnější restrikcí a to na úkor vláken  $\beta R$ . Také Gondret et al. (2000) uvádějí snížení podílu oxidativních svalových vláken  $\alpha R$  a  $\beta R$  ve svalu *musculus longissimus lumborum* u králíků s restrikcí ve srovnání s kontrolní skupinou. Tito autoři ovšem nezaznamenali rozdíly v zastoupení jednotlivých typů svalových vláken mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky.

Zastoupení svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  bylo statisticky významně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněno věkem. Ve 49 dnech byl u králíků zjištěn vyšší podíl svalových vláken  $\alpha R$  a nejnižší procento vláken  $\alpha W$  ve srovnání s následující periodou výkrmu, což odpovídá údajům, že králíčata mají po narození ve svalu *longissimus lumborum* převážně vlákna typu  $\alpha R$ , která se s věkem a zvyšujícím se oxidativním metabolismem mohou měnit na typ  $\alpha W$  (Dalle Zotte et al., 2005a). Tyto výsledky kontrastují s Lambertinim et al. (1996), kteří nenalezli průkazný vliv věku na procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, tito autoři se ale zabývali vlivem věku od 75 dní.

#### **6.2.4.2. Charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris***

Vybrané charakteristiky svalových vláken jsou uvedeny v Tabulce 14. Žádná ze sledovaných charakteristik svalových vláken stehenní svaloviny nebyla ovlivněna technikou krmení, což souhlasí s údaji Gondret et al. (2000), kteří také neshledali průkazné rozdíly mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky.

U počtu svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  na  $1 \text{ mm}^2$  byly pozorovány statisticky významné interakce mezi technikou krmení a věkem. Nejvyšší počet vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,014$ ) byl zjištěn u skupiny R50 ihned po skončení restrikce a nejnižší u ADL králíků 56. den věku. Na konci pokusu v 70 dnech věku měly obě restringované skupiny neprůkazně nižší počet vláken

typu  $\alpha R$  ve srovnání s králíky krmenými po celou dobu *ad libitum*. Ihned po skončení restrikce se počet vláken  $\alpha W$  mezi skupinami nelišil, v 56 dnech věku byl vyšší u králíků s restrikcí. Nejnižší počet vláken  $\alpha W$  byl u skupiny R65 ve 49 dnech věku. Na konci pokusu v 70 dnech věku nebyly mezi skupinami průkazné rozdíly. Porovnání s literaturou je v případě interakcí techniky krmení a věku obtížné, neboť se jimi žádní autoři doposud nezabývali. Počet vláken  $\alpha W$  byl signifikantně ( $P \leq 0,004$ ) ovlivněn věkem s vyššími hodnotami od 56. dne věku.

Plocha svalových vláken  $\beta R$  nebyla ovlivněna žádným ze sledovaných ukazatelů. U plochy svalových vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  byly zaznamenány signifikantní interakce mezi skupinou a věkem. Průkazně největší plochu svalových vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,023$ ) měli králíci krmení *ad libitum* v 56. dni věku. Vláknata typu  $\alpha W$  byla významně ( $P \leq 0,001$ ) větší u králíků R65 s mírnou restrikcí ihned po jejím skončení ve 49 dnech a nejmenší u stejné skupiny v 56 dnech věku. Pro porovnání interakcí techniky krmení a věku není dostupná literatura. Pokud srovnáme výsledky obou pokusů, tak v pokusu 1 byly zjištěny interakce pouze u plochy vláken  $\alpha W$ . Technika krmení neměla na plochu svalových vláken vliv, což nekoresponduje s Dalle Zotte et al. (2005b), kteří pozorovali větší plochu svalových vláken u králíků s restrikcí ve srovnání s kontrolní skupinou krmenou *ad libitum*, ale souhlasí s Gondret et al. (2000), kteří ve své studii neprokázali vliv restrikce na plochu svalových vláken ve svalu *biceps femoris*. Pravděpodobná příčina kontrastních výsledků s literaturou je v odlišné délce a intenzitě restrikce. Významný vliv věku byl zjištěn u plochy svalových vláken  $\alpha R$  ( $P \leq 0,024$ ) a  $\alpha W$  ( $P \leq 0,026$ ). U vláken  $\alpha R$  byly v posledních dvou týdnech pokusu, tj. 56. a 63. den věku nižší hodnoty a podobně i u vláken  $\alpha W$ .

Na rozdíl od počtu a plochy svalových vláken nebyly ve druhém pokusu zjištěny průkazné interakce techniky krmení a věku ani samotný vliv techniky krmení na procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, což souhlasí i s výsledky pokusu 1 s restrikcí ihned po odstavení. Naproti tomu Dalle Zotte et al. (2005b) uvádějí průkazně nižší podíl vláken  $\beta R$  a vyšší podíl vláken  $\alpha W$  u králíků s restrikcí krmiva v porovnání se skupinou krmenou *ad libitum* a skupinami, u nichž byla restrikce aplikována do osmi týdnů věku. Zastoupení vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$  bylo ovlivněno věkem králíků, kdy u králíků ve 49. dnech bylo vyšší zastoupení vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) a nižší zastoupení vláken typu  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ) ve srovnání s ostatními sledovanými věkovými kategoriemi králíků a pravděpodobně souvisí s přeměnou vláken  $\alpha R$  na  $\alpha W$  (Dalle Zotte et al., 2005a).

## 6.2.5. Shrnutí výsledků pokusu 2

Výsledky pokusu s restrikcí týden po odstavu (od 42. dne věku) shodně jako při restrikci ihned po odstavu byla snížena spotřeba krmiva u restringovaných skupin. Průměrné denní přírůstky byly dokonce nižší než při restrikci ihned po odstavu a byla tak snížena i konečná živá hmotnost, což je následek nedostatečné kompenzace růstu.

Z jatečných ukazatelů byly zjištěny interakce techniky krmení a věku u hmotnosti jatečně opracovaného trupu, kdy rozdíly mezi skupinami byly patrné až 70. den věku s nižšími hodnotami u skupin R50 a R65. Na rozdíl od předchozího pokusu byla technikou krmení ovlivněna jatečná výtěžnost a shodně podíl ledvinového tuku s nižšími hodnotami u králíků s restrikcí, ale bez vlivu její intenzity.

Restrikce týden po odstavu ovlivnila fyzikální vlastnosti ve svalu *longissimus lumborum* méně než restrikce ihned po odstavu. Pouze ztráta masa varem byla vyšší u restringovaných skupin, zejména u králíků R50 s intenzivnější restrikcí. Co se týká fyzikálních vlastností svalu *biceps femoris*, pak u žádného ukazatele nebyl zjištěn vliv skupiny. Na druhou stranu signifikantní interakce skupiny a věku byly zaznamenány u parametru barvy L\* a b\*, kdy králíci ze skupiny R65 měli v 63 dnech světlejší barvu masa než ostatní skupiny, ovšem později nebyly mezi skupinami rozdíly. Poloha barvy mezi žlutou a modrou (b\*) se lišila pouze po skončení restrikce ve 49 dnech, nicméně vliv techniky krmení na barvu ani další fyzikální vlastnosti masa nebyl zjištěn.

U charakteristik svalových vláken svalu *longissimus lumborum* byly, na rozdíl od fyzikálních vlastností masa, zjištěny průkazné interakce techniky krmení a věku u počtu svalových vláken  $\alpha R$  na 1 mm<sup>2</sup>, kdy po skončení restrikce měly skupiny s omezeným krmením menší počet vláken  $\alpha R$ , zatímco na konci pokusu se od skupiny ADL odlišovala pouze skupina R50 s intenzivnější restrikcí. Vliv techniky krmení byl ve svalu *longissimus lumborum* také u zastoupení vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$ , kdy se u skupin s restrikcí krmiva zvýšil podíl glykolytických svalových vláken  $\alpha W$  na úkor vláken  $\alpha R$ , zejména u skupiny R65 s mírnější restrikcí, která se signifikantně lišila od ADL. Charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris* byly ovlivněny interakcemi techniky krmení a věku více než u svalu *longissimus lumborum*. Tyto interakce byly u počtu a plochy svalových vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$ , kdy byl u obou typů vláken v 56 dnech věku zjištěn vyšší počet a menší plocha u restringovaných skupin v porovnání s králíky ADL. Technika krmení nezměnila procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu *biceps femoris*.



Tabulka 9: Vliv restrikce krmiva (42. – 49. den) na výsledky výkrmu – pokus 2

Ukazatel	Věk	ADL	R50	R65	RMSE	Průkaznost
Živá hmotnost (g)	35. den	1093	1084	1098	110	0,788
Živá hmotnost (g)	70. den	3172 <sup>a</sup>	2874 <sup>b</sup>	2921 <sup>b</sup>	248	0,008
Spotřeba krmiva (g/d)	35. – 70. den	176,7 <sup>a</sup>	153,3 <sup>b</sup>	156,1 <sup>b</sup>	3,3	<0,001
Konverze krmiva	35. – 70. den	3,01	3,03	3,04	0,28	0,972
Přírůstek (g)	35. – 42. den	54,4	51,3	53,0	8,1	0,618
	42. – 49. den	74,3 <sup>a</sup>	3,6 <sup>c</sup>	7,3 <sup>b</sup>	5,1	<0,001
	49. – 56. den	57,2 <sup>a</sup>	85,1 <sup>b</sup>	83,1 <sup>b</sup>	12,9	<0,001
	56. – 63. den	57,6	65,6	64,2	10,6	0,124
	63. – 70. den	50,7	53,5	51,8	5,5	0,446
	35. – 70. den	58,9 <sup>a</sup>	51,0 <sup>b</sup>	51,9 <sup>b</sup>	5,3	0,001

<sup>a,b,c</sup> P≤0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 10: Vliv restrikce krmiva (42. – 49. den) na vybrané jatečné parametry – pokus 2

Skupina	Věk	Živá hmotnost (g)	Hmotnost JOT (g)	JV (%)	Zadní část z JOT (%)	Přední část z JOT (%)	Hřbet z JOT (%)	Stehna z JOT (%)	Svalovina stehén z JOT (%)	Ledvin. tuk z JOT (%)
ADL		2325,3	1209,3	58,87 <sup>a</sup>	51,68	46,46	15,83	33,37	11,24	1,51 <sup>a</sup>
R50		2292,1	1162,1	58,08 <sup>b</sup>	51,91	45,98	16,19	33,61	11,26	1,22 <sup>b</sup>
R65		2318,9	1167,0	57,50 <sup>b</sup>	51,11	46,35	15,77	33,73	11,31	1,26 <sup>b</sup>
RMSE		445,2	262,2	1,81	2,70	2,08	1,60	1,54	0,55	0,63
	49	1678,3 <sup>d</sup>	817,3 <sup>d</sup>	55,96 <sup>c</sup>	52,31 <sup>a</sup>	46,30	15,71	34,11	10,91 <sup>c</sup>	0,60 <sup>d</sup>
	56	2267,5 <sup>c</sup>	1127,6 <sup>c</sup>	58,32 <sup>b</sup>	48,44 <sup>b</sup>	45,88	15,49	33,04	11,31 <sup>ab</sup>	1,18 <sup>c</sup>
	63	2512,1 <sup>b</sup>	1297,9 <sup>b</sup>	58,59 <sup>b</sup>	52,05 <sup>a</sup>	46,31	16,21	33,38	11,21 <sup>bc</sup>	1,61 <sup>b</sup>
	70	2790,4 <sup>a</sup>	1475,1 <sup>a</sup>	59,72 <sup>a</sup>	53,47 <sup>a</sup>	46,56	16,30	33,74	11,66 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>
	RMSE	158,4	92,7	1,29	1,94	2,08	1,58	1,50	0,48	0,40
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
ADL	49	1624,2	798,8 <sup>f</sup>	56,94	52,65	47,20	14,75	34,12	10,96	0,88
	56	2236,9	1124,3 <sup>e</sup>	58,42	48,87	45,77	15,85	32,82	11,42	1,47
	63	2525,5	1341,8 <sup>cd</sup>	59,49	51,98	46,12	16,19	33,08	11,11	1,61
	70	2914,5	1572,3 <sup>a</sup>	60,62	53,21	46,72	16,52	33,45	11,48	2,07
R50	49	1660,0	820,0 <sup>f</sup>	56,13	52,81	45,68	16,51	33,84	10,75	0,44
	56	2294,4	1127,2 <sup>e</sup>	58,31	48,45	45,99	15,86	32,96	11,16	1,07
	63	2500,9	1288,4 <sup>d</sup>	58,61	52,43	46,03	16,14	33,56	11,20	1,47
	70	2713,0	1413,0 <sup>bc</sup>	59,27	53,96	46,25	16,25	34,08	11,93	1,90
R65	49	1750,6	833,1 <sup>f</sup>	54,81	51,47	46,02	15,88	34,36	11,02	0,48
	56	2271,4	1131,3 <sup>e</sup>	58,23	48,00	45,89	14,76	33,35	11,35	1,00
	63	2509,0	1263,6 <sup>d</sup>	57,68	51,74	46,78	16,30	33,51	11,32	1,73
	70	2743,8	1440,0 <sup>b</sup>	59,28	53,23	46,71	16,14	33,69	11,56	1,82
RMSE		157,6	87,6	1,16	1,98	2,14	1,58	1,55	0,48	0,38
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,135	0,066	<0,001	0,258	0,654	0,514	0,640	0,831	0,005
Věk		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,747	0,228	0,106	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,151	0,046	0,220	0,963	0,890	0,363	0,976	0,321	0,366

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> P≤0,05; RMSE – root mean square error; JOT – jatečně opracovaný trup; JV – jatečná výtěžnost; ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 11: Fyzikální charakteristiky svalu *longissimus lumborum* – pokus 2

Skupina	Věk	pH	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	Ztráta varem (%)	Síla stříhu (kg/cm <sup>2</sup> )
ADL		6,65	44,04	-1,43	6,37	32,36 <sup>b</sup>	43,20
R50		6,65	44,41	-1,74	6,27	34,31 <sup>a</sup>	47,52
R65		6,59	44,06	-1,53	6,13	34,05 <sup>ab</sup>	45,91
RMSE		0,16	2,42	0,76	1,47	3,72	9,77
	49	6,61 <sup>b</sup>	44,99	-1,05 <sup>d</sup>	7,21 <sup>a</sup>	36,77 <sup>a</sup>	45,91 <sup>a</sup>
	56	6,56 <sup>b</sup>	44,26	-1,54 <sup>c</sup>	6,60 <sup>b</sup>	36,17 <sup>a</sup>	49,27 <sup>a</sup>
	63	6,75 <sup>a</sup>	43,92	-1,93 <sup>a</sup>	5,64 <sup>c</sup>	32,14 <sup>b</sup>	49,49 <sup>a</sup>
	70	6,61 <sup>b</sup>	43,49	-1,75 <sup>b</sup>	5,58 <sup>c</sup>	29,23 <sup>c</sup>	37,50 <sup>b</sup>
	RMSE	0,15	2,37	0,70	1,31	2,21	8,67
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>						
ADL	49	6,72	44,10	-0,83	6,99	36,32	4,16
	56	6,49	44,29	-1,35	6,63	35,30	5,23
	63	6,78	44,35	-1,60	6,19	29,90	4,50
	70	6,60	43,43	-1,93	5,69	27,90	3,73
R50	49	6,62	45,80	-1,50	7,11	37,76	5,14
	56	6,56	44,33	-1,83	6,31	36,72	4,89
	63	6,80	44,54	-1,99	6,04	32,83	5,24
	70	6,63	42,95	-1,65	5,63	29,94	4,12
R65	49	6,49	45,09	-0,83	7,54	36,22	4,74
	56	6,64	44,18	-1,45	6,84	36,47	4,96
	63	6,67	42,87	-2,20	4,71	33,69	5,41
	70	6,58	44,10	-1,66	5,44	29,83	3,61
RMSE		0,14	2,41	0,69	1,31	6,61	8,47
<b>Průkaznost</b>							
Skupina		0,165	0,794	0,178	0,760	<0,001	0,126
Věk		<0,001	0,180	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,259	0,574	0,270	0,307	0,249	0,244

<sup>a,b,c,d</sup> P ≤ 0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světlost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 12: Fyzikální charakteristiky svalu *biceps femoris* – pokus 2

Skupina	Věk	pH	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)
ADL		6,53	50,84	-2,85	6,54
R50		6,53	50,32	-3,04	5,83
R65		6,48	49,73	-2,93	5,85
RMSE		0,17	3,21	0,48	1,73
	49	6,54 <sup>ab</sup>	53,08 <sup>a</sup>	-2,88	7,81 <sup>a</sup>
	56	6,46 <sup>b</sup>	48,52 <sup>b</sup>	-3,01	5,04 <sup>b</sup>
	63	6,61 <sup>a</sup>	49,82 <sup>b</sup>	-3,00	5,71 <sup>b</sup>
	70	6,43 <sup>b</sup>	49,77 <sup>b</sup>	-2,87	5,74 <sup>b</sup>
	RMSE	0,15	2,77	0,49	1,42
Skupina	Věk				
ADL	49	6,58	54,44 <sup>a</sup>	-2,76	8,95 <sup>a</sup>
	56	6,47	47,95 <sup>ef</sup>	-2,91	5,19 <sup>def</sup>
	63	6,59	50,99 <sup>bcd</sup>	-2,91	6,44 <sup>bcddef</sup>
	70	6,48	49,98 <sup>bcde</sup>	-2,84	5,56 <sup>def</sup>
R50	49	6,55	52,41 <sup>ab</sup>	-3,00	7,52 <sup>b</sup>
	56	6,40	48,49 <sup>def</sup>	-3,10	4,43 <sup>f</sup>
	63	6,72	51,30 <sup>bc</sup>	-3,32	5,96 <sup>cde</sup>
	70	6,43	49,09 <sup>cdef</sup>	-2,73	5,40 <sup>def</sup>
R65	49	6,48	52,40 <sup>ab</sup>	-2,89	6,95 <sup>bc</sup>
	56	6,49	49,14 <sup>def</sup>	-3,01	5,49 <sup>def</sup>
	63	6,54	47,16 <sup>f</sup>	-2,79	4,71 <sup>ef</sup>
	70	6,40	50,23 <sup>bcde</sup>	-3,05	6,25 <sup>bcdef</sup>
RMSE		0,15	2,64	0,49	1,32
Průkaznost					
Skupina		0,288	0,253	0,316	0,057
Věk		<0,001	<0,001	0,648	<0,001
Skupina × věk		0,259	0,037	0,391	0,023

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> P ≤ 0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světlost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 13: Vliv restrikce krmiva (42. – 49. den) na charakteristiky svalových vláken svalu *longissimus lumborum* – pokus 2

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (μm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		11,5	62,6 <sup>a</sup>	314,9	1109,02	1122,92	2167,22	2,75	15,56 <sup>a</sup>	81,69 <sup>b</sup>
R50		10,3	52,5 <sup>ab</sup>	320,9	1116,80	1033,03	2151,59	2,55	13,15 <sup>ab</sup>	84,31 <sup>ab</sup>
R65		8,4	44,4 <sup>b</sup>	312,5	1260,41	1132,87	2214,04	2,37	12,18 <sup>b</sup>	85,45 <sup>a</sup>
RMSE		8,7	31,2	80,28	410,32	336,34	622,39	1,96	5,44	5,95
	49	14,8 <sup>a</sup>	88,3 <sup>a</sup>	372,8 <sup>a</sup>	956,45 <sup>b</sup>	941,37 <sup>b</sup>	1709,22 <sup>b</sup>	3,01	18,66 <sup>a</sup>	78,33 <sup>b</sup>
	56	9,4 <sup>b</sup>	46,7 <sup>b</sup>	339,7 <sup>a</sup>	1165,70 <sup>ab</sup>	960,77 <sup>b</sup>	1987,76 <sup>b</sup>	2,16	11,69 <sup>b</sup>	86,14 <sup>a</sup>
	63	8,5 <sup>b</sup>	41,8 <sup>b</sup>	276,5 <sup>b</sup>	1264,41 <sup>a</sup>	1242,57 <sup>a</sup>	2472,52 <sup>a</sup>	2,76	13,05 <sup>b</sup>	84,19 <sup>a</sup>
	70	7,3 <sup>b</sup>	35,8 <sup>b</sup>	275,3 <sup>b</sup>	1252,97 <sup>a</sup>	1240,38 <sup>a</sup>	2540,97 <sup>a</sup>	2,29	11,11 <sup>b</sup>	86,60 <sup>a</sup>
	RMSE	8,4	24,4	68,55	399,29	307,26	518,22	1,95	4,77	5,20
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
	49	18,0	114,5 <sup>a</sup>	365,0	1064,75	1022,90	1684,96	3,69	23,55	72,76
	56	9,2	42,5 <sup>def</sup>	297,5	1275,13	1077,05	2266,67	1,97	12,17	85,86
	63	10,0	45,5 <sup>def</sup>	293,0	1076,58	1235,81	2318,93	2,79	13,39	83,82
	70	8,5	48,0 <sup>cde</sup>	303,5	1057,09	1155,93	2398,32	2,55	13,14	84,31
	49	15,0	82,5 <sup>b</sup>	384,0	851,91	792,17	1683,81	2,82	17,24	79,93
	56	9,5	54,0 <sup>cd</sup>	370,5	1122,36	890,34	1821,96	2,16	12,26	85,58
	63	9,0	48,5 <sup>cde</sup>	280,0	1215,27	1128,39	2408,79	2,71	14,13	83,16
	70	7,5	25,0 <sup>f</sup>	249,0	1300,62	1321,21	2691,81	2,48	8,96	88,56
	49	11,5	68,0 <sup>bc</sup>	369,0	951,44	1009,04	1758,88	2,53	15,17	82,29
	56	9,5	43,5 <sup>def</sup>	351,0	1126,98	914,92	1874,64	2,35	10,66	86,99
	63	6,5	31,5 <sup>ef</sup>	256,4	1477,90	1363,52	2689,84	2,78	11,65	85,57
	70	6,0	34,5 <sup>def</sup>	273,5	1429,17	1244,01	2532,78	1,82	11,25	86,93
RMSE		8,6	22,2	68,18	396,42	307,10	520,85	2,01	4,47	4,87
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,353	0,006	0,879	0,264	0,363	0,883	0,775	0,010	0,009
Věk		0,017	<0,001	<0,001	0,043	<0,001	<0,001	0,421	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,971	0,022	0,203	0,332	0,426	0,348	0,946	0,103	0,104

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> P≤0,05; RMSE – root mean square error;

ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 14: Vliv restrikce krmiva (42. – 49. den) na charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris* – pokus 2

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (µm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		19,5	52,0	292,4	1846,51	1281,12	2478,22	4,63	14,45	80,92
R50		26,3	58,0	322,3	1517,32	1134,33	2148,55	6,61	14,32	79,06
R65		24,6	49,4	299,0	1629,76	1188,93	2368,56	6,69	13,45	79,86
RMSE		22,8	21,4	79,9	785,40	447,08	687,60	5,52	5,06	6,14
	49	25,9	59,9	257,4 <sup>b</sup>	1793,71	1251,00 <sup>ab</sup>	2653,88 <sup>a</sup>	6,98	17,59 <sup>a</sup>	75,43 <sup>b</sup>
	56	21,3	46,3	322,8 <sup>a</sup>	1757,43	1397,61 <sup>a</sup>	2134,39 <sup>b</sup>	5,04	12,02 <sup>b</sup>	82,94 <sup>a</sup>
	63	21,8	55,5	322,3 <sup>a</sup>	1546,36	1069,34 <sup>b</sup>	2228,67 <sup>b</sup>	5,50	13,69 <sup>b</sup>	80,82 <sup>a</sup>
	70	24,8	50,8	315,7 <sup>a</sup>	1560,61	1087,88 <sup>b</sup>	2310,18 <sup>ab</sup>	6,39	12,99 <sup>b</sup>	80,62 <sup>a</sup>
	RMSE	23,1	21,3	76,4	794,31	433,64	677,65	5,58	4,63	5,54
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
	49	30,7	61,1 <sup>ab</sup>	284,6 <sup>bc</sup>	1629,31	1171,65 <sup>bc</sup>	2527,16 <sup>abc</sup>	6,02	17,28	76,70
ADL	56	10,5	31,0 <sup>c</sup>	233,0 <sup>c</sup>	2033,50	1856,55 <sup>a</sup>	2956,63 <sup>ab</sup>	3,61	11,56	84,83
	63	20,0	59,4 <sup>ab</sup>	336,0 <sup>ab</sup>	1503,25	980,85 <sup>c</sup>	1949,25 <sup>cde</sup>	4,33	14,20	81,47
	70	17,0	56,5 <sup>ab</sup>	316,0 <sup>ab</sup>	1561,91	1115,44 <sup>bc</sup>	2479,86 <sup>abc</sup>	4,55	14,76	80,69
	49	26,0	76,0 <sup>a</sup>	274,0 <sup>bc</sup>	1726,62	1176,60 <sup>bc</sup>	2379,68 <sup>bc</sup>	7,48	19,91	72,61
R50	56	29,0	51,5 <sup>b</sup>	371,5 <sup>a</sup>	1357,92	1245,51 <sup>bc</sup>	1739,58 <sup>de</sup>	5,95	11,64	82,41
	63	27,5	54,0 <sup>b</sup>	315,5 <sup>ab</sup>	1506,07	1058,55 <sup>bc</sup>	2339,90 <sup>cd</sup>	7,02	13,31	79,67
	70	22,5	50,5 <sup>bc</sup>	238,0 <sup>ab</sup>	1478,68	1056,66 <sup>bc</sup>	2135,06 <sup>cde</sup>	6,00	12,44	81,57
	49	21,0	42,5 <sup>bc</sup>	213,5 <sup>c</sup>	2025,20	1404,75 <sup>b</sup>	3054,82 <sup>a</sup>	7,45	15,59	76,96
R65	56	24,5	56,5 <sup>ab</sup>	364,0 <sup>a</sup>	1222,81	1090,77 <sup>bc</sup>	1706,96 <sup>e</sup>	5,56	12,85	81,59
	63	18,0	53,0 <sup>b</sup>	315,5 <sup>ab</sup>	1629,76	1168,62 <sup>bc</sup>	2396,86 <sup>bc</sup>	5,14	13,56	81,30
	70	35,0	54,5 <sup>bc</sup>	303,0 <sup>ab</sup>	1641,25	1091,55 <sup>bc</sup>	2315,62 <sup>cd</sup>	8,62	11,78	79,60
RMSE		23,2	20,0	70,0	504,21	411,35	603,53	5,70	4,69	5,63
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,512	0,215	0,213	0,472	0,372	0,096	0,282	0,653	0,432
Věk		0,888	0,119	0,004	0,193	0,024	0,026	0,651	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,556	0,014	0,003	0,070	0,023	<0,001	0,961	0,564	0,721

<sup>a,b,c,d,e</sup> p ≤ 0,05; RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*; R50 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 50 g krmiva/ks/den; R65 – skupina s restrikcí od 42. do 49. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

### 6.3. Pokus 3 (odstav ve 25 dnech a restrikce 32. – 39. den)

Cílem třetího pokusu bylo zjistit vliv jednotýdenní restrikce krmiva prováděné týden po časném odstavu králíků v 25 dnech, tj. od 32. do 39. dne věku, na užitkovost, jatečné parametry, fyzikální vlastnosti masa a charakteristiky svalových vláken svalů *musculus longissimus lumborum* a *biceps femoris*.

#### 6.3.1. Výsledky výkrmnosti

V tabulce 15 jsou uvedeny výsledky užitkovosti králíků. V živé hmotnosti na konci pokusu v 81 dnech se restringované skupiny a králíci krmění *ad libitum* významně nelišili. Výsledky živé hmotnosti králíků s časným odstavením nejsou v souladu s údaji při restrikci ihned či týden po běžném odstavení králíků. V případě klasického odstavení (pokus 1 a 2) a následné restrikce krmiva byla u restringovaných králíků nezávisle na intenzitě restrikce zjištěna nižší živá hmotnost oproti ADL králíkům. Kombinace časného odstavení s restrikcí není v dostupné literatuře známa. Zjištění, že restrikce krmiva u časně odstavených králíků neměla na rozdíl od předchozích pokusů vliv na živou hmotnost, může být způsobeno také nižší intenzitou restrikce 46 % u skupiny R50 a 60 % u skupiny R65 v porovnání s předchozími pokusy, kdy restrikce v prvním pokusu měla intenzitu 40 % u skupiny R50 a 52 % u skupiny R65 a ve druhém pokusu 29 % u skupiny R50 a 38 % u skupiny R65.

Podrobné změny v růstu jsou patrné z výsledků průměrných denních přírůstků. V týdnu od odstavení do začátku restrikce, kdy byly všechny skupiny krměny *ad libitum*, byly přírůstky všech skupin podobné. Od 32. dne, kdy bylo u dvou skupin omezeno krmivo, byl průměrný denní přírůstek vysoce významně ( $P \leq 0,001$ ) nižší u králíků s restrikcí, 61 % u skupiny R50 a 67 % u skupiny R65, přičemž rozdíl mezi oběma restringovanými skupinami nebyl statisticky průkazný. V týdnu po skončení restrikce, kdy byly všechny skupiny opět krměny neomezeně, se přírůstek u restringovaných skupin průkazně zvýšil ( $P \leq 0,007$ ) na 118 % u skupiny R50 a na 110 % u skupiny R65 ve srovnání s králíky krměnými *ad libitum*. Ani týden po odstavení se přírůstek nelišil podle intenzity restrikce. Od 46. dne věku až do konce pokusu nebyly rozdíly mezi skupinami průkazné, ovšem restringované skupiny měly do konce pokusu nevýznamně vyšší přírůstky. Také průměrný denní přírůstek za celé období výkrmu nebyl průkazně ovlivněn technikou krmení. Snížené přírůstky v době restrikce a následná kompenzace růstu

v podobě vyšších denních přírůstků po skončení omezeného krmiva jsou v souladu s našimi předchozími pokusy. Také Gidenne et al. (2012) uvádějí vyšší denní přírůstek u restringovaných skupin v době realimentace. Pokud ovšem vezmeme v úvahu průměrný denní přírůstek za celou dobu pokusu, pak při restrikci aplikované u časně odstavených králíků byly výsledky kontrastní k předchozím pokusům, v nichž byl celkový přírůstek nižší u restringovaných králíků. Údaje o přírůstku restringovaných králíků po časném odstavu v literatuře chybějí. Ve srovnání s výsledky průměrného denního přírůstku za celou dobu výkrmu při časném odstavu jsou v rozporu se studiiemi s běžným odstavením, např. Ledina (1984), Perriera (1998), Gondret et al. (2000), Tůmové et al. (2002, 2004, 2006, 2007), Oliveiry et al. (2012), Gidenna a Feugiera (2009) a Gidenna et al. (2009), kteří uvádějí nižší průměrné denní přírůstky u králíků s restrikcí krmiva.

Spotřeba krmiva za celé období pokusu nebyla průkazně ovlivněna technikou krmení, nicméně byla nižší o 3 % u R50 a o 4 % u R65 ve srovnání s ADL králíky. Podobně jako u živé hmotnosti a přírůstku nejsou výsledky porovnatelné s literaturou. Na druhou stranu trend ve spotřebě krmiva byl podobný, jaký uvádějí Tůmová et al. (2003), kteří nezjistili rozdíly ve spotřebě krmiva mezi klasicky odstavenými králíky s rozdílnou technikou krmení. Di Meo et al. (2007), Bovera et al. (2008) a Gidenne et al. (2009) uvádějí průkazně nižší celkovou spotřebu krmiva u králíků s restrikcí krmiva ve srovnání se skupinou krmnou *ad libitum*.

Spolu se spotřebou krmiva nebyla technikou krmení průkazně ovlivněna ani konverze krmiva. Toto zjištění odpovídá i předchozím pokusům, kdy při restrikci ihned či týden po běžném odstavu také nebyl zaznamenán vliv na konverzi krmiva a je v souladu s Tůmovou et al. (2003), kteří při týdenní restrikci nepozorovali vliv na konverzi krmiva. Naproti tomu Di Meo et al. (2007) a Bovera et al. (2008), kteří prováděli mírnou restrikci delší dobu, shledali nižší konverzi krmiva u králíků s restrikcí a pravděpodobně tyto kontrastní rozdíly souvisejí s délkou restrikce.

### **6.3.2. Jatečný rozbor**

Výsledky jatečného rozboru shrnuje Tabulka 16. Signifikantní interakce mezi skupinou a věkem ( $P \leq 0,047$ ) byly zaznamenány u hmotnosti jatečně opracovaného trupu (JOT) s nejnižší hodnotou u skupiny R50 ihned po skončení restrikce ve 39 dnech, která byla průkazně nižší než u ADL králíků. Na konci pokusu nebyly průkazné rozdíly v hmotnosti JOT mezi



skupinami. Výsledky kontrastují s předchozími pokusy, kdy byla na konci pokusu u restringovaných skupin při restrikci ihned nebo týden po odstavu průkazně nižší hmotnost JOT, aniž by byl zjištěn vliv intenzity restrikce. Interakce věku a techniky krmení nebyly dosud v literatuře popsány, proto je obtížné údaje porovnat s jinými autory. Samotná technika krmení neměla průkazný vliv na hmotnost JOT, což koresponduje s Tůmovou et al. (2003) a Oliveirou et al. (2012) u králíků s běžným odstavem. Naproti tomu Gondret et al. (2000) uvádějí nižší hmotnost JOT u králíků s restrikcí ve srovnání s krmenými *ad libitum*. Na hmotnost JOT byl zaznamenán i vliv věku ( $P \leq 0,001$ ) s vyššími hodnotami na konci pokusu shodně jako u předchozích dvou experimentů.

Jatečná výtěžnost byla průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněna pouze věkem, kdy se zvýšila z 54,43 % na 60,25 %. Toto zvýšení odpovídá předchozím pokusům. Vliv techniky krmení na jatečnou výtěžnost nebyl zaznamenán, což je v souladu s pokusem, kdy byla restrikce prováděna ihned po odstavu. Při restrikci prováděné týden po odstavu od 42. dne byla u králíků s restrikcí nižší jatečná výtěžnost. Tento rozdíl může být způsoben odlišnou intenzitou restrikce, neboť v pokusech s restrikcí od 35. a 32. dne věku byla intenzita restrikce nižší, než u restrikce od 42. dne, kdy byl zjištěn vliv techniky krmení na jatečnou výtěžnost. Výsledky pak odpovídají údajům Perriera a Ouhayouna (1996) a Tůmové et al. (2003, 2006), kteří nedetekovali rozdíly mezi skupinami s odlišnou technikou krmení při podobné intenzitě. Naproti tomu Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Ouhayoun (2003), Larzul et al. (2004), Bovera et al. (2008) a Gidenne et al. (2009) uvádějí nižší jatečnou výtěžnost u restringovaných králíků. Rozporné výsledky s literaturou mohou být způsobeny kombinací časného odstavu a následné restrikce, kterou se žádný z autorů nezabýval, či metodou a délkou restrikce.

Podíl zadní části z jatečně opracovaného trupu byl průkazně ovlivněn pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ) s nejvyššími hodnotami v 81 dnech věku. Vliv techniky krmení na podíl zadní části, stejně jako u předchozích pokusů ani v literatuře nezaznamenali Perrier a Ouhayoun (1996) a Tůmová et al. (2006). Také na podíl přední části z jatečně opracovaného trupu se uplatnil vliv věku ( $P \leq 0,001$ ) s vyšším procentuálním zastoupením v 39 dnech věku. Rovněž Metzger et al. (2011b) uvádějí pokles přední části se stoupajícím věkem. Tyto změny souvisí s alometrií růstu, kdy zpočátku roste především přední část, zatímco později dochází ke změnám v osvalení zadní části. Vliv techniky krmení na podíl přední části se neprojevil, což je v souladu s pokusem 2 s restrikcí aplikovanou od 42. dne věku, pokud ale byli králíci restringováni ihned po odstavu, tak měli průkazně vyšší podíl přední části. Výsledky tohoto pokusu tak nekorespondují s údaji Metzgera et al. (2009), kteří zjistili menší podíl přední části

u králíků s omezeným krmivem. Tyto rozdílné údaje mohou být dány dobou odstavu králíčat v obou studiích.

Podíl hřbetu jako jedné z partií zadní části závisel pouze na věku ( $P \leq 0,001$ ), kdy na konci pokusu byl nižší než ihned po skončení restrikce. Zvyšování podílu hřbetu s věkem je v souladu s předchozími pokusy a také s výsledky Dalle Zotte a Ouhayouna (1995). Naproti tomu vliv techniky krmení na podíl hřbetu nebyl zjištěn. Shodně i Tůmová et al. (2006) nedetekovali vliv rané jednotýdenní restrikce na podíl hřbetu stejně jako v pokusech 1 a 2. Pokud tito autoři aplikovali restrikci později, či po dobu tří týdnů, zjistili, stejně jako Ferreira a Carregal (1996) pokles podílu hřbetu u restringovaných skupin.

Podíl stehen z JOT nebyl ovlivněn žádným ze sledovaných faktorů, což je v souladu s pokusem 2 s restrikcí týden po odstavu, ovšem při restrikci ihned po odstavu byl zjištěn vyšší podíl stehen u králíků s restrikcí. Vliv techniky krmení na podíl stehen neshledali ani Tůmová et al. (2006) a Gidenne et al. (2009) v případě restrikcí na 60 % a 80 % ADL.

Podíl ledvinového tuku se signifikantně zvyšoval s věkem ( $P \leq 0,001$ ) z 0,81 % na 2,40 %. Zvyšující se podíl ledvinového tuku s věkem souhlasí s předchozími pokusy a také s výsledky Lebase et al. (2001) a Hernández et al. (2004). Průkazné rozdíly mezi skupinami s odlišnou technikou krmení nebyly u zastoupení ledvinového tuku nalezeny, nicméně neprůkazně nižší podíl ledvinového tuku byl detekován u skupiny R50 s intenzivnější restrikcí. Naproti tomu u pokusu s běžným odstavem, kdy byla restrikce aplikována ihned či týden po odstavu v 35 dnech, byl u restringovaných skupin statisticky významně nižší podíl ledvinového tuku. Také v literatuře jsou kontrastní výsledky. Tůmová et al. (2003) a Matics et al. (2008) nezjistili vliv restrikce na obsah ledvinového tuku, ale naopak Perrier (1998), Gondret et al. (2000), Larzul et al. (2004), Tůmová et al. (2006, 2007) či Gidenne et al. (2012) uvádějí nižší podíl ledvinového tuku u restringovaných skupin. Odlišnost výsledků může být způsobena rozdílnými metodami restrikce s odlišnou intenzitou a dobou začátku, či kombinací časného odstavu s restrikcí, který zmiňovaní autoři neprováděli.

### 6.3.3. Fyzikální parametry masa

#### 6.3.3.1. Fyzikální vlastnosti svalu *longissimus lumborum*

Výsledky fyzikálních vlastností ukazují, že tyto charakteristiky byly ovlivněny minimálně, pouze s věkem se měnily parametry barvy masa a ztráta masa varem (Tabulka 17). Technika krmení neměla vliv na  $\text{pH}_{45}$  podobně jako u pokusu 2 s restrikcí týden po odstavu, ale v pokusu 1, kdy byla restrikce aplikována ihned po odstavu, byl průkazný rozdíl mezi oběma restringovanými skupinami. Pouze Tůmová et al. (2006) měřili podobně jako my  $\text{pH}$  krátce po porážce a rovněž nezaznamenali průkazné rozdíly mezi skupinou krmenou *ad libitum* a králíky s jednotýdenní restrikcí ihned nebo 7 dní po odstavu. Podobné výsledky jsou také uváděny u  $\text{pH}_u$  (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Jak je patrné z výsledků, technika krmení má zřejmě velmi malý vliv na  $\text{pH}$  masa.

Charakteristiky barvy svalu *longissimus lumborum* byly ovlivněny pouze věkem ( $P \leq 0,033$  pro  $L^*$ ,  $P \leq 0,001$  pro  $a^*$  a  $b^*$ ). Hodnoty  $L^*$  byly na konci pokusu nižší než po skončení restrikce, na druhou stranu hodnoty  $a^*$  se s věkem zvýšily, což souhlasí s předchozími pokusy. Tyto údaje dokládají, že starší zvířata mají tmavší a červenější maso vlivem kumulace hemových barviv ve svalovině (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998). Barva svaloviny hřbetu nebyla průkazně ovlivněna technikou krmení stejně jako u předchozích pokusů a podobně jako u jiných prací (Tůmová et al., 2006, Metzger et al., 2009).

Z Tabulky 17 je zřejmé, že stejně jako barva byla i ztráta masa varem prokazatelně ovlivněna pouze věkem ( $P \leq 0,001$ ) s vyššími ztrátami u mladších zvířat (39,19 %) ve srovnání s masem králíků na konci pokusu (28,86 %). Nižší ztráty masa varem byly i v předchozích pokusech pozorovány u starších zvířat, což koresponduje se studií Lebase (1999). Na druhou stranu nebyl zaznamenán vliv techniky krmení na ztráty masa varem, jako v pokusech 1 a 2 při běžném odstavu králíků. Naopak výsledky jsou v souladu s Gidennem et al. (2009), kteří také nezaznamenali vliv intenzity restrikce na ztrátu masa varem.

Síla stříhu, hlavní ukazatel textury masa měřené metodou Warner-Bratzler, nebyla ovlivněna žádným ze sledovaných ukazatelů podobně jako v předchozích pokusech 1 a 2 či práci Carilho et al. (2009). Naproti tomu Larzul et al. (2004) uvádějí nižší křehkost masa u králíků s restrikcí krmiva, ovšem restrikce byla v jejich případě prováděna v jiném období a po delší dobu (od 8. do 18. týdne). Příčinou kontrastních výsledků jsou pravděpodobně odlišné metody a doby aplikace restrikce.

### 6.3.3.2. Fyzikální vlastnosti svalu *biceps femoris*

V Tabulce 18 jsou shrnuty fyzikální charakteristiky kvality masa měřené ve svalu *biceps femoris* 45 minut *post mortem*. Podobně jako u svalu *longissimus lumborum* a u předchozích pokusů nebyl u stehenní svaloviny pozorován vliv techniky krmení na hodnoty  $\text{pH}_{45}$ , což je v souladu s experimenty Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayouna (1998) u  $\text{pH}_u$ . Údaje jsou ovšem v kontrastu s pozorováním Perriera a Ouhayouna (1996), kteří při intenzivnější restrikci na počátku výkrmu naměřili nižší hodnotu  $\text{pH}_u$  oproti skupině s vyrovnanou restrikcí po celou dobu pokusu a skupině, která měla intenzivnější restrikci po předchozí mírné restrikci krmiva. Zdá se, že restrikce má pouze malý vliv na pH masa, díky kterému lze určit vady masa. V souladu s tím, že technika krmení neměla na  $\text{pH}_{45}$  vliv, je i konstatování mnoha autorů, že dosud nebyla u králíků zaznamenána žádná z vad masa.

Technika krmení neovlivnila charakteristiky barvy stehenní svaloviny, což rovněž uvádějí studie Dalle Zotte et al. (2005) a Gidenna et al. (2009) při hodnocení barvy 24 hodin *post mortem*. Vliv restrikce na světlost masa neudávají ani Dalle Zotte et al. (1996) a Dalle Zotte a Ouhayoun (1998) při restrikci energie. Naproti tomu s věkem se průkazně zvýšila hodnota  $a^*$  ( $P \leq 0,008$ ) a klesla hodnota parametru  $b^*$  ( $P \leq 0,001$ ). Poloha barvy mezi zelenou a červenou se pravděpodobně zvýšila vlivem koncentrace hemových barviv s věkem (Dalle Zotte a Ouhayoun, 1998) podobně jako v předchozích pokusech.

### 6.3.4. Svalová vlákna

#### 6.3.4.1. Charakteristiky svalových vláken svalu *musculus longissimus lumborum*

Plocha a procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken svalu *longissimus lumborum* jsou shrnuty v Tabulce 19. Počet svalových vláken  $\beta R$ ,  $\alpha R$  a  $\alpha W$  svalu *longissimus lumborum* byl ovlivněn pouze věkem ( $P \leq 0,001$  pro všechny typy), kdy u starších zvířat byl nižší počet vláken všech typů. Výsledky jsou částečně v rozporu s pokusem 1,

v němž byly při restrikci aplikované ihned po odstavu zjištěny průkazné interakce skupiny a věku u vláken  $\beta R$ .

Statisticky vysoce průkazné interakce techniky krmení a věku byly zjištěny u vláken  $\beta R$  ( $P \leq 0,001$ ) s nejmenší plochou 39. den věku u skupiny R50 stejně jako na konci pokusu. Signifikantní interakce techniky krmení a věku byly zjištěny také u plochy vláken typu  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ), kdy skupina R50 měla již 39. den věku nejmenší plochu ve srovnání s R65 a ADL, zatímco v 81 dnech věku byla největší plocha u skupiny R65. Interakce mezi technikou krmení a věkem byly zjištěny i v pokusu s restrikcí ihned po odstavu a to u vláken všech typů. Interakce techniky krmení a věku nelze porovnat s dostupnou literaturou, neboť prozatím nebyly publikovány. U všech typů svalových vláken jejich plocha průkazně závisela na technice krmení. Zatímco u vláken  $\beta R$  záležela odlišnost skupin pouze na intenzitě restrikce, kdy skupina R50 měla menší ( $P \leq 0,002$ ) plochu svalových vláken než skupina R65, u vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) a  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ) měla průkazně větší plochu skupina R65, jež byla dokonce větší než u ADL králíků. Naopak nejmenší plocha vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  byla u skupiny R50. Také u pokusu 1 s restrikcí ihned po odstavu byla zaznamenána nejmenší plocha svalových vláken u skupiny R50, naproti tomu v případě pokusu 2 s restrikcí týden po odstavu nebyl vliv techniky zaznamenán. Restrikce ovlivnila plochu svalových vláken podobně jako v práci Dalle Zotte a Ouhayouna (1998), kteří uvádějí redukci plochy všech typů svalových vláken ve svalu *musculus longissimus lumborum* u restringovaných králíků. Naproti tomu Gondret et al. (2000) navádějí průkazné rozdíly v ploše svalových vláken mezi restringovanými a *ad libitum* krmenými králíky.

Procentuální zastoupení svalových vláken nebylo ovlivněno technikou krmení, což je v rozporu s předchozími pokusy, kdy se u králíků s omezeným krmivem ihned po odstavu zvýšilo zastoupení vláken typu  $\alpha W$  na úkor vláken  $\beta R$  a při restrikci týden po odstavu na úkor vláken typu  $\alpha R$ . V literatuře jsou rovněž kontrastní údaje, Gondret et al. (2000) a Dalle Zotte et al. (2001) nenalezli rozdíly v zastoupení jednotlivých typů svalových vláken u restringovaných a *ad libitum* krmených králíků, naproti tomu Dalle Zotte et al. (2005a) uvádějí nižší podíl vláken  $\alpha R$  u králíků s restrikcí energie ve srovnání s *ad libitum* krmenými. Vzhledem k rozporným výsledkům v našich pokusech i literatuře je nezbytné se této problematice dále věnovat. Posoudit, zda tento ukazatel souvisí především s dobou odstavu nebo zde působí jiné faktory. Vliv věku na podíl svalových vláken byl průkazný v případě typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) a  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ), kdy se zastoupení vláken  $\alpha R$  s věkem snížilo, a podíl vláken  $\alpha W$  s věkem vzrostl. Tyto výsledky odpovídají práci Dalle Zotte et al. (2005a), že při

narození králíků je většina vláken svalu *longissimus lumborum* typu  $\alpha R$  a po narození se tato vlákna mohou měnit na typ  $\alpha W$ . Také oxidativní metabolismus se zvyšuje s věkem.

#### 6.3.4.2. Charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris*

Výsledky vlivu techniky krmení u králíků s časným odstavem na vlastnosti svalových vláken svalu *biceps femoris* jsou uvedeny v Tabulce 20.

Vliv věku byl prokázán u všech typů svalových vláken s vysokou významností ( $P \leq 0,001$ ), kdy se počet u typu  $\beta R$ ,  $\alpha R$  i  $\alpha W$  s věkem snížil, což odpovídá fyziologickému růstu svalů. Na druhou stranu technika krmení měla vliv pouze na vlákna  $\alpha R$  ( $P \leq 0,025$ ) s vyšším zastoupením u restringovaných zvířat, kdy se králíci R50 lišili od ADL skupiny. Počet svalových vláken skupiny R65 se signifikantně nelišil od skupiny R50 ani ADL.

Ve srovnání s počtem vláken byly u jejich plochy zjištěny vysoce průkazné interakce mezi technikou krmení a věkem ( $P \leq 0,001$ ) pro všechny typy vláken. U vláken  $\beta R$ ,  $\alpha R$  i  $\alpha W$  byla u všech skupin nejmenší plocha po skončení restrikce v 39 dnech. Naproti tomu na konci pokusu byla u králíků R65 s mírnější restrikcí detekována průkazně nejmenší plocha vláken všech typů. Samotná technika krmení také významně ovlivnila plochu svalových vláken  $\beta R$  ( $P \leq 0,001$ ),  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) i  $\alpha W$  ( $P \leq 0,001$ ). Restringované skupiny měly menší plochu svalových vláken než kontrola krmená *ad libitum*, což souhlasí s výsledky prvního pokusu, ale v kombinaci techniky krmení a časného odstavu jsou rozdíly mezi skupinami výraznější. Na druhou stranu u pokusu 2 při restrikci týden po odstavu nebyl vliv techniky zjištěn podobně jako u výsledků Gondret et al. (2000), kteří nepozorovali vliv restrikce na plochu svalových vláken svalu *biceps femoris* u králíků s rozdílnou technikou krmení, může být v odlišné době začátku restrikce, neboť tito autoři prováděli restrikci od 11. do 18. týdne věku, kdy je pravděpodobně vývoj svalových vláken ustálen.

Na rozdíl od plochy svalových vláken svalu *biceps femoris* nebyly u procentuálního zastoupení svalových vláken interakce mezi technikou krmení a věkem, což se shoduje i s výsledky předchozích dvou pokusů. Byl zaznamenán průkazný vliv techniky krmení na zastoupení vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,025$ ) a  $\alpha W$  ( $P \leq 0,033$ ). Králíci s omezeným krmivem měli vyšší podíl vláken  $\alpha R$  a nižší podíl vláken  $\alpha W$ , přičemž v porovnání s králíky krmenými *ad libitum* měla skupina R50 výraznější rozdíl u vláken  $\alpha R$ , zatímco skupina R65 u vláken typu  $\alpha W$ . Tyto výsledky nekorespondují s předchozími pokusy, v nichž ani při restrikci ihned po

odstavu ani týden po odstavu nebyly zjištěny mezi skupinami průkazné rozdíly v zastoupení svalových vláken. Odlišné výsledky publikovali i Dalle Zotte et al. (2001), kteří nezaznamenali vliv techniky krmení na zastoupení svalových vláken. Výsledky pokusu jsou v rozporu také s další prací Dalle Zotte et al. (2005b), ve které dokonce uvádějí u restringovaných skupin nižší podíl  $\beta R$  a vyšší podíl  $\alpha W$  vláken ve svalu *biceps femoris* ve srovnání s ADL skupinou. Všechny tyto pokusy byly dělány při běžném odstavu, a proto se lze domnívat, že výsledky pokusu 3 mohly být ovlivněny časným odstavem a restrikcí v ranějším věku. Zastoupení svalových vláken bylo ovlivněno i věkem, kdy podíl vláken typu  $\alpha R$  ( $P \leq 0,001$ ) s věkem signifikantně klesl, zatímco u vláken typu  $\alpha W$  byl na konci pokusu vyšší ( $P \leq 0,001$ ), což koresponduje s výsledky předchozích pokusů i s Dalle Zotte et al. (2005a), kteří poukazují na přeměnu vláken  $\alpha R$ , kterých je při narození většina, na vlákna typu  $\alpha W$ .

### 6.3.5. Shrnutí výsledků pokusu 3

Při restrikci týden po časném odstavu nebyl zjištěn průkazný vliv techniky krmení na spotřebu krmiva. Projevila se plná kompenzace růstu v podobě vyšších přírůstků po skončení restrikce, takže v 81 dnech nebyl mezi jednotlivými skupinami rozdíl v konečné živé hmotnosti.

Pouze u jediného jatečného parametru, a to u hmotnosti JOT, byly zaznamenány interakce techniky krmení a věku s nejnižšími hodnotami ve 39 dnech u skupiny R50, ale na konci pokusu nebyly mezi skupinami rozdíly. Jatečná výtěžnost ani ostatní jatečné parametry nebyly technikou krmení ovlivněny, což by mohlo být způsobeno delším realimentačním obdobím.

Fyzikální vlastnosti svalu *longissimus lumborum* i *biceps femoris* byly spíše než technikou krmení ovlivněny věkem, kdy se s rostoucím věkem zlepšovaly. Z charakteristik svalových vláken se větší vliv techniky krmení projevil ve svalu *longissimus lumborum* u plochy svalových vláken  $\beta R$ ,  $\alpha R$  a  $\alpha W$ , kdy největší plochu měla vlákna králíků ze skupiny R65, naproti tomu skupina R50 vykazovala nejmenší plochu těchto svalových vláken. U typu  $\beta R$  a  $\alpha W$  byly dokonce interakce techniky krmení a věku s menší plochou svalových vláken  $\beta R$  u skupiny R50 na konci pokusu a větší plochou vláken  $\alpha W$  u skupiny R65 ve stejném

období. Zastoupení jednotlivých typů vláken se na rozdíl od předchozích pokusů mezi skupinami nelišilo.

U charakteristik svalových vláken svalu *biceps femoris* se více uplatnil vliv techniky krmení než u svalu *longissimus lumborum*. Restrigované skupiny měly menší plochu svalových vláken  $\beta R$ ,  $\alpha R$  a  $\alpha W$  nezávisle na intenzitě restriktce a u těchto typů vláken byla pozorována i interakce mezi technikou krmení a věkem s odlišnostmi v 81 dnech, kdy skupina R65 měla menší plochu svalových vláken všech typů i v porovnání se skupinou R50. Výsledky týkající se svalových vláken odpovídají údajům z pokusu s restrikcí ihned po odstavu, ale rozdíly v ploše jsou výraznější při restrikcí časně odstavených králíků. Významný byl i vliv techniky krmení na zastoupení svalových vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$  ve svalu *biceps femoris*, kdy se u skupiny R50 zvýšil podíl vláken typu  $\alpha R$  a u skupiny R65 byl nižší podíl vláken  $\alpha W$  ve srovnání s ADL.



Tabulka 15: Vliv restrikce krmiva (32. – 39. den) na výsledky výkrmu – pokus 3

Ukazatel	Věk	ADL	R50	R65	RMSE	Průkaznost
Živá hmotnost (g)	25. den	510	514	510	57	0,943
Živá hmotnost (g)	81. den	2893	2856	2788	278	0,568
Spotřeba krmiva (g/d)	25. – 81. den	133,1	128,7	127,4	8,2	0,055
Konverze krmiva	25. – 81. den	3,13	3,00	3,05	0,33	0,553
Přírůstek (g)	25. – 32. den	44,0	45,4	43,3	9,8	0,681
	32. – 39. den	53,4 <sup>a</sup>	32,4 <sup>b</sup>	36,0 <sup>b</sup>	14,0	<0,001
	39. – 46. den	48,6 <sup>b</sup>	57,1 <sup>a</sup>	53,2 <sup>ab</sup>	8,9	0,007
	46. – 53. den	46,3	47,1	45,7	10,6	0,890
	53. – 60. den	38,6	40,1	44,6	13,5	0,280
	60. – 67. den	34,4	40,8	35,0	11,7	0,134
	67. – 74. den	35,3	35,4	38,1	10,2	0,571
	74. – 81. den	39,7	44,6	46,0	10,6	0,243
	25. – 81. den	42,9	42,3	41,2	4,7	0,567

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 16: Vliv restrikce krmiva (32. – 39. den) na vybrané jatečné parametry – pokus 3

Skupina	Věk	Živá hmotnost (g)	Hmotnost JOT (g)	JV (%)	Zadní část z JOT (%)	Přední část z JOT (%)	Hřbet z JOT (%)	Stehna z JOT (%)	Svalovina stehén z JOT (%)	Ledvin. tuk z JOT (%)
ADL		2073,8	1060,3	56,77	54,23	45,70	16,34	31,07	11,21	1,78
R50		1945,8	1026,9	57,52	53,60	46,39	16,26	31,52	11,28	1,39
R65		2006,4	1054,2	57,74	54,08	45,88	16,76	31,51	11,27	1,64
RMSE		945,4	536,4	3,48	2,77	2,81	2,20	1,15	0,89	0,98
	39	1107,8 <sup>b</sup>	536,7 <sup>b</sup>	54,43 <sup>b</sup>	52,11 <sup>b</sup>	47,89 <sup>a</sup>	14,89 <sup>b</sup>	31,14	10,51 <sup>b</sup>	0,81 <sup>b</sup>
	81	2909,6 <sup>a</sup>	1557,5 <sup>a</sup>	60,25 <sup>a</sup>	55,83 <sup>a</sup>	44,09 <sup>b</sup>	18,01 <sup>a</sup>	31,59	11,99 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>
	RMSE	173,9	99,1	1,78	1,99	2,01	1,49	1,13	0,45	0,56
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
ADL	39	1291,1 <sup>b</sup>	599,9 <sup>b</sup>	53,47	52,65	47,27	14,97	30,76	10,58	1,08
	81	2856,5 <sup>a</sup>	1520,8 <sup>a</sup>	60,07	55,80	44,12	17,71	31,39	11,84	2,49
R50	39	988,6 <sup>c</sup>	492,9 <sup>c</sup>	54,82	51,55	48,55	14,55	31,80	10,51	0,61
	81	2902,8 <sup>a</sup>	1560,9 <sup>a</sup>	60,22	55,66	44,24	17,97	31,23	12,05	2,17
R65	39	1043,4 <sup>c</sup>	517,5 <sup>bc</sup>	55,00	52,13	47,85	15,17	30,87	10,45	0,74
	81	2969,5 <sup>a</sup>	1590,9 <sup>a</sup>	60,47	56,04	43,91	18,36	32,16	12,08	2,54
RMSE		148,4	95,4	1,78	2,05	2,06	1,54	1,09	0,46	0,55
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,062	0,577	0,283	0,666	0,614	0,611	0,420	0,896	0,136
Věk		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,161	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,002	0,047	0,570	0,786	0,719	0,820	0,061	0,508	0,593

<sup>a,b,c,d</sup> P<0,05

RMSE – root mean square error

JOT – jatečně opracovaný trup; JV – jatečná výtěžnost

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 17: Fyzikální charakteristiky svalu *longissimus lumborum* – pokus 3

Skupina	Věk	pH	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	Ztráta varem (%)	Síla stříhu (kg/cm <sup>2</sup> )
ADL		6,57	41,85	-1,10	6,93	33,91	31,06
R50		6,56	43,76	-1,09	6,96	33,83	30,69
R65		6,54	43,01	-1,43	6,65	34,33	34,47
RMSE		0,15	2,22	0,89	1,45	5,56	10,41
	39	6,59	43,56 <sup>a</sup>	-0,76 <sup>a</sup>	7,79 <sup>a</sup>	39,19 <sup>a</sup>	31,18
	81	6,53	42,19 <sup>b</sup>	-1,65 <sup>b</sup>	5,91 <sup>b</sup>	28,86 <sup>b</sup>	32,93
	RMSE	0,15	2,23	0,78	1,08	1,55	10,49
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>						
ADL	39	6,57	42,81	-0,71	7,65	38,51	31,23
	81	6,58	40,90	-1,49	6,22	29,30	30,89
R50	39	6,60	44,04	-0,54	8,13	39,53	28,72
	81	6,52	43,47	-1,65	5,79	28,13	32,72
R65	39	6,59	43,82	-1,03	7,58	39,52	33,74
	81	6,49	42,20	-1,82	5,71	29,14	35,17
RMSE		0,15	2,15	0,79	1,10	1,53	10,42
<b>Průkaznost</b>							
Skupina		0,841	0,052	0,401	0,673	0,608	0,082
Věk		0,219	0,033	<0,001	<0,001	<0,001	0,260
Skupina*věk		0,542	0,654	0,807	0,502	0,141	0,491

<sup>a,b</sup> P<0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světlost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 18: Fyzikální charakteristiky svalu *biceps femoris* – pokus 3

Skupina	Věk	pH	Stehno řez L* (D65)	Stehno řez a* (D65)	Stehno řez b* (D65)
ADL		6,50	51,39	-2,82	7,51
R50		6,41	52,93	-2,75	7,39
R65		6,40	52,27	-3,00	7,81
RMSE		0,14	3,83	0,77	3,17
	39	6,40	53,13	-2,57 <sup>a</sup>	9,06 <sup>a</sup>
	81	6,47	51,27	-3,15 <sup>b</sup>	6,09 <sup>b</sup>
	RMSE	0,14	3,72	0,71	2,75
Skupina	Věk				
ADL	39	6,52	53,02	-2,63	8,70
	81	6,47	49,77	-3,01	6,33
R50	39	6,35	53,53	-2,23	9,85
	81	6,48	52,33	-3,28	4,93
R65	39	6,34	52,84	-2,86	8,62
	81	6,47	51,70	-3,15	7,00
RMSE		0,13	3,80	0,72	2,77
Průkaznost					
Skupina		0,084	0,522	0,597	0,907
Věk		0,072	0,096	0,008	<0,001
Skupina*věk		0,080	0,671	0,281	0,222

<sup>a,b</sup> P≤0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R5 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R6 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

L\* - světlost, a\* - poloha barvy mezi červenou a zelenou, b\* - poloha barvy mezi žlutou a modrou

Tabulka 19: Vliv časného odstavu a restrikce krmiva na charakteristiky svalových vláken svalu *longissimus lumborum*– pokus 3

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (μm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		15,0	67,8	396,0	901,70 <sup>ab</sup>	726,36 <sup>b</sup>	1855,71 <sup>b</sup>	2,81	12,71	84,48
R50		17,5	75,5	443,5	793,50 <sup>b</sup>	676,90 <sup>b</sup>	1752,32 <sup>c</sup>	2,92	12,26	84,81
R65		16,5	62,9	384,3	1038,00 <sup>a</sup>	886,26 <sup>a</sup>	2189,55 <sup>a</sup>	3,92	12,09	83,84
RMSE		17,6	53,0	192,1	532,45	434,65	1232,34	2,55	5,58	6,30
	39	25,6 <sup>a</sup>	115,5 <sup>a</sup>	562,8 <sup>a</sup>	657,31 <sup>b</sup>	578,93 <sup>b</sup>	1302,43 <sup>b</sup>	3,60	16,62 <sup>a</sup>	79,68 <sup>b</sup>
	81	7,5 <sup>b</sup>	24,2 <sup>b</sup>	260,5 <sup>b</sup>	1552,79 <sup>a</sup>	1299,43 <sup>a</sup>	2812,56 <sup>a</sup>	2,83	8,28 <sup>b</sup>	88,90 <sup>a</sup>
	RMSE	14,8	24,4	113,6	359,04	323,73	1001,57	2,54	3,51	4,10
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
ADL	39	24,0	111,5	513,0	670,38 <sup>c</sup>	598,05	1370,96 <sup>c</sup>	3,38	17,43	79,19
	81	6,0	24,0	279,0	1846,48 <sup>a</sup>	1322,47	2747,01 <sup>b</sup>	2,25	7,98	89,77
R50	39	27,5	127,0	613,5	623,86 <sup>c</sup>	555,44	1231,61 <sup>d</sup>	3,53	16,82	79,65
	81	7,5	24,0	273,5	1246,00 <sup>b</sup>	1205,77	2669,03 <sup>b</sup>	2,31	7,71	89,97
R65	39	25,1	106,9	561,7	681,39 <sup>c</sup>	587,07	1297,75 <sup>cd</sup>	3,93	15,48	80,28
	81	9,0	24,5	229,0	1612,65 <sup>a</sup>	1368,61	3063,83 <sup>a</sup>	3,92	9,13	86,95
RMSE		15,4	24,8	113,5	340,22	322,63	995,52	2,59	3,60	4,15
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,899	0,370	0,312	0,002	<0,001	<0,001	0,434	0,886	0,805
Věk		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,292	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,941	0,485	0,350	0,001	0,237	<0,001	0,772	0,435	0,355

<sup>a,b,c,d</sup> P<0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

Tabulka 20: Vliv časného odstavu a restrikce krmiva na charakteristiky svalových vláken svalu *biceps femoris* – pokus 3

Skupina	Věk	Počet svalových vláken na 1 mm <sup>2</sup>			Plocha svalových vláken (μm <sup>2</sup> )			Zastoupení svalových vláken (%)		
		βR	αR	αW	βR	αR	αW	βR	αR	αW
ADL		46,0	73,3 <sup>b</sup>	353,0	1674,65 <sup>a</sup>	1031,72 <sup>a</sup>	2266,52 <sup>a</sup>	9,91	13,92 <sup>b</sup>	76,16 <sup>a</sup>
R50		51,3	114,5 <sup>a</sup>	393,0	1104,42 <sup>b</sup>	757,78 <sup>b</sup>	1766,00 <sup>b</sup>	8,92	18,59 <sup>a</sup>	72,48 <sup>ab</sup>
R65		77,9	99,5 <sup>ab</sup>	382,1	1239,21 <sup>b</sup>	866,88 <sup>b</sup>	1730,12 <sup>b</sup>	13,38	16,65 <sup>ab</sup>	69,98 <sup>b</sup>
RMSE		46,4	69,8	149,6	723,50	533,79	1101,46	6,52	6,28	8,23
	39	82,3 <sup>a</sup>	148,3 <sup>a</sup>	478,5 <sup>a</sup>	750,85 <sup>b</sup>	552,01 <sup>b</sup>	1227,65 <sup>b</sup>	11,70	20,47 <sup>a</sup>	67,83 <sup>b</sup>
	81	32,5 <sup>b</sup>	40,7 <sup>b</sup>	268,9 <sup>b</sup>	1844,09 <sup>a</sup>	1311,76 <sup>a</sup>	2401,96 <sup>a</sup>	9,61	12,12 <sup>b</sup>	78,27 <sup>a</sup>
	RMSE	40,7	45,2	103,5	520,18	397,72	961,18	6,64	4,92	6,66
<b>Skupina</b>	<b>Věk</b>									
ADL	39	64,0	116,0	464,0	776,83 <sup>d</sup>	544,93 <sup>d</sup>	1238,50 <sup>de</sup>	10,08	17,75	72,17
	81	28,0	30,5	242,0	2187,69 <sup>a</sup>	1494,57 <sup>a</sup>	2759,30 <sup>a</sup>	9,75	10,09	80,16
R50	39	79,5	186,5	518,5	721,57 <sup>d</sup>	500,36 <sup>d</sup>	1174,68 <sup>e</sup>	10,73	23,63	65,65
	81	23,0	42,5	267,5	1953,36 <sup>b</sup>	1424,05 <sup>a</sup>	2507,63 <sup>b</sup>	7,12	13,56	79,33
R65	39	103,5	142,5	453,0	786,78 <sup>d</sup>	674,66 <sup>c</sup>	1332,48 <sup>d</sup>	14,31	20,02	65,67
	81	48,6	50,3	301,1	1558,57 <sup>c</sup>	1076,57 <sup>b</sup>	1967,34 <sup>c</sup>	12,31	12,79	74,90
RMSE		39,9	41,4	104,7	485,18	377,62	928,74	6,63	4,68	6,35
<b>Průkaznost</b>										
Skupina		0,072	0,025	0,542	<0,001	<0,001	<0,001	0,161	0,025	0,033
Věk		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,313	<0,001	<0,001
Skupina × věk		0,725	0,106	0,411	<0,001	<0,001	<0,001	0,784	0,660	0,422

<sup>a,b,c,d,e</sup> P ≤ 0,05

RMSE – root mean square error

ADL – skupina krmená *ad libitum*

R50 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 50 g krmiva/ks/den

R65 – skupina s restrikcí od 32. do 39. dne věku na 65 g krmiva/ks/den

## 7. ZÁVĚR

Jedním z nejdůležitějších vnějších faktorů, který má vliv na růst, užitkovost a kvalitu masa králíků je výživa a technika krmení. U mladých rostoucích králíků se využívá restrikce krmiva především jako prevence poruch trávení, které mohou nastávat v době odstavu při přechodu mláďat na pevná krmiva. Doprovodným jevem restrikcí je zlepšení stravitelnosti krmiva a snížení množství tuku v jatečném trupu a také ovlivnění růstových schopností králíků.

Cílem práce bylo posoudit vliv doby začátku jednotýdenní kvantitativní restrikce a její intenzity na základní ukazatele užitkovosti, jatečné parametry, fyzikální vlastnosti a především na vývoj svalových vláken a jejich základních charakteristik ve svalovině hřbetu a stehen u brojlerových králíků.

Práce vyhodnocuje 3 pokusy, dva s běžným odstavem a jeden s časným odstavem. U obou pokusů s odstavem v 35 dnech byl zjištěn nižší průměrný denní přírůstek u skupin s restrikcí krmiva. V souvislosti s přírůstkem byla u králíků s omezeným krmením nižší i konečná živá hmotnost, ale také nižší spotřeba krmiva. Mezi restringovanými skupinami s odlišnou intenzitou restrikce nebyly zaznamenány výrazné rozdíly ve výkrmnosti. V případě časného odstavu králíků v kombinaci s restrikcí krmiva od 32. dne věku nebyl zjištěn vliv na charakteristiky výkrmu. U tohoto typu restrikce byla plná kompenzace růstu, jejíž pravděpodobnou příčinou byla nižší intenzita restrikce a delší realimentační období. V obou pokusech s odstavem ve 35 dnech se průměrné denní přírůstky za celou dobu pokusu snížily na 86 – 88 % ve srovnání se skupinou krmenou *ad libitum*, což svědčí o nedostatečné kompenzaci růstu při týdenní restrikci krmiva aplikované ihned či týden po odstavu. V případě, kdy byla aplikována krátká intenzivní restrikce, došlo k většímu poklesu přírůstku, než bylo sníženo množství krmiva, což naznačuje, že při intenzivnějších restrikcích nad 50 % je pokles v přírůstku významně větší než intenzita restrikce.

Hmotnost jatečně opracovaného trupu byla ovlivněna interakcemi mezi technikou krmení a věkem u všech pokusů. U prvních dvou pokusů byla hmotnost jatečně opracovaného trupu na konci pokusu nižší u skupin králíků s omezením krmiva. Naproti tomu u časně odstavených králíků byla hmotnost JOT nižší pouze po skončení restrikce, avšak na konci pokusu se mezi sebou jednotlivé skupiny nelišily, což zřejmě souviselo s podobnou konečnou živou hmotností u všech skupin a větší kompenzací růstu. Jatečná výtěžnost byla nižší u restringovaných králíků, pokud byla restrikce krmiva prováděna mezi 42. a 49. dnem věku, zatímco při restrikci od 32. nebo 35. dne nebyla jatečná výtěžnost technikou krmení

ovlivněna. Příčinou poklesu jatečné výtěžnosti může být nedostatečná kompenzace růstu a následně pak nižší porážková hmotnost restringovaných králíků.

Z částí jatečného trupu byl technikou krmení ovlivněn podíl přední části a to pouze při restrikci od 35. dne věku s nižšími hodnotami u obou restringovaných skupin. U tohoto typu restrikce byl zjištěn i vliv na podíl stehen, kdy průkazně vyšší zastoupení bylo u skupiny R50 s intenzivnější restrikcí. Žádný typ zde aplikované restrikce krmiva neměl vliv na podíl hřbetu a podíl svaloviny stehen. Nižší podíl ledvinového tuku u skupin s omezeným krmením byl u králíků s běžnou dobou odstavu nezávisle na době aplikace a intenzitě restrikce, naproti tomu restrikce u časně odstavených králíků neměla na procento ledvinového tuku vliv.

Fyzikální charakteristiky svalu *longissimus lumborum* byly ovlivněny restrikcí. Při restrikci ihned po běžném odstavu byl zjištěn rozdíl mezi intenzitou restrikce u pH<sub>45</sub> s vyšší hodnotou u skupiny R50 ve srovnání s R65 a při tomto způsobu omezení krmiva byly pozorovány i interakce techniky krmení a věku na sílu stříhu, která charakterizuje texturu masa, kdy ihned po skončení restrikce a také na konci pokusu měly skupiny s restrikcí křehčí maso, ovšem s vyššími ztrátami masa varem. Ztráta masa varem se s intenzitou restrikce zvyšovala i při její aplikaci od 42. dne věku. Naproti tomu restrikce týden po časném odstavu králíků neměla na fyzikální parametry svalu *longissimus lumborum* vliv. Žádná z porovnávaných restrikcí neměla vliv na barvu hřbetní svaloviny.

Samotný vliv techniky na fyzikální charakteristiky svalu *biceps femoris* nebyl zjištěn u žádného typu restrikce, nicméně v případě restrikcí ihned či týden po běžném odstavu byly zjištěny interakce techniky krmení na parametr b\* a při restrikci od 42. dne také na světlost stehenního svalu s nižší hodnotou u skupiny R65 v 63 dnech, v ostatních obdobích se skupiny navzájem nelišily. Při restrikci ihned po odstavu měla poloha barvy mezi žlutou a modrou nižší hodnoty u skupiny R65 v 42. a 70. dni věku, zatímco při restrikci týden po odstavu pouze po skočení restrikce.

Nejdůležitějšími charakteristikami svalových vláken je plocha a procentuální zastoupení jednotlivých typů. Ve svalu *longissimus lumborum* byla plocha svalových vláken ovlivněna interakcemi mezi technikou krmení a věkem u pokusu, ve kterém restrikce krmiva proběhla mezi 35. a 42. dnem věku u všech typů svalových vláken, kdy rozdíly mezi skupinami byly převážně na konci pokusu s menší plochou vláken  $\alpha R$  a  $\alpha W$  u skupiny R50 a při restrikci týden po časném odstavu králíků u vláken typu  $\beta R$  a  $\alpha W$  s menší plochou svalových vláken  $\beta R$  na začátku a u vláken  $\alpha W$  na konci pokusu u skupiny R50 s intenzivnější restrikcí. Samotný vliv techniky krmení na plochu svalových vláken byl zjištěn u pokusu s restrikcí ihned po odstavu a při restrikci od 32. dne u časně odstavených králíků. V obou případech



měla na plochu svalových vláken vliv intenzita restriktce, kdy nejmenší plochu měla skupiny R50 s intenzivnější restrikcí. Zatímco při pokusu s restrikcí ihned po odstavu se skupina R65 s mírnější restrikcí nelišila od ADL, při restrikci týden po časném odstavu byla u této skupiny zjištěna větší plocha svalových vláken  $\alpha W$  ve srovnání s králíky krmnými *ad libitum*. V případě restriktce od 42. do 49. dne věku nebyly u plochy svalových vláken svalu *longissimus lumborum* zjištěny ani interakce techniky krmení a věku, ani samotný vliv restriktce krmiva. Procentuální zastoupení svalových vláken jednotlivých typů bylo technikou krmení ovlivněno pouze u pokusů s běžnou dobou odstavu. V obou případech se ve svalu *longissimus lumborum* zvýšil podíl glykolytických svalových vláken  $\alpha W$ , v případě restriktce prováděné ihned po odstavu na úkor svalových vláken  $\beta R$ , a pokud byla restriktce realizována týden po odstavu, tak se snížil podíl  $\alpha R$  vláken.

Podobně jako u hřbetu, také ve stehenní svalovině byly zjištěny interakce techniky krmení a věku u plochy svalových vláken. Shodně pro všechny pokusy byla ovlivněna plocha glykolytických svalových vláken s největší plochou u *ad libitum* krmné skupiny na konci pokusů. Pokud byla restriktce uskutečněna týden po odstavu, pak nezávisle na tom, zda byl odstav časný či běžný, byly zjištěny interakce i u vláken typu  $\alpha R$  s obdobnými výsledky jako u vláken  $\alpha W$ . U restriktce uskutečněné týden po odstavu nebyl pozorován vliv techniky krmení na žádnou ze sledovaných charakteristik svalových vláken svalu *biceps femoris*. Jak je zřejmé již z interakcí techniky krmení a věku, skupiny s restrikcí měly průkazně menší plochu svalových vláken typu  $\alpha R$  a  $\alpha W$  (restriktce krmiva mezi 35. a 42. dnem), popřípadě vláken všech typů (kombinace časného odstavu a restriktce od 32. do 39. dne). Procentuální zastoupení svalových vláken ve svalu *biceps femoris* bylo ovlivněno technikou krmení pouze u časně odstavených králíků s následnou restrikcí krmiva s nejnižším zastoupením  $\alpha W$  a nejvyšším zastoupením  $\alpha R$  vláken u skupiny R65 s mírnější restrikcí.

Předkládaná práce je jednou z mála prací zabývajících se vlivem restriktce krmiva na charakteristiky svalových vláken králíků v různém věku. Jak je zřejmé z výsledků, restrikcí krmiva lze ovlivnit zejména plochu a zastoupení svalových vláken ve hřbetní i stehenní svalovině především restrikcí aplikovanou ihned po odstavu a také kombinací časného odstavu a restriktce od 32. dne. Příznivé je i zjištění, že na většinu fyzikálních charakteristik masa neměla restriktce negativní vliv. Nové jsou výsledky interakcí techniky krmení a věku ve vztahu k jatečné hodnotě a charakteristikám svalových vláken, které nebyly doposud publikovány. Lze podle nich zjistit, ve kterém období restriktce krmiva ovlivňuje jednotlivé ukazatele užitkovosti, jatečné parametry, kvalitu masa či charakteristiky svalových vláken.

Z výsledků práce je zřejmé, že kvalita masa byla ovlivněna především v pokusu s časným odstavenem a následnou restrikcí. Také užitkovost byla při tomto typu restrikce příznivá. Bylo by možné tento typ doporučit i pro praxi. Na druhou stranu práce naznačují i nutnost dalšího výzkumu v dané problematice. Zejména se zaměřit na délku realimentačního období a posouzení vztahu svalových vláken a sensorických vlastností masa.

## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Andersen, H. J., Oksbjerg, N., Young, J. F., Therkildsen, M. 2005. Feeding and meat quality – a future approach. *Meat Science*. 70. 543 – 554.
- Ariño, B., Hernández, P., Blasco, A. 2006. Comparison of texture and biochemical characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Science*. 73. 687 – 692.
- Ashmore, C. R., Doerr, L. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology*. 31. 408 – 418.
- Bernardini Battaglini, M., Castellini, C., Lattaioli, P. 1994. Rabbit carcass and meat quality: effect of strain, rabbitry and age. *Italian Journal of Food Science*. 2. 157 – 166.
- Blasco, A., Ouhayoun, J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science*. 4. 93 – 99.
- Boisot, P., Licois, D., Gidenne, T. 2003. Feed restriction reduces the sanitary impact of an experimental reproduction of Epizootic Rabbit Enteropathy syndrome (ERE) in the growing rabbit. In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> French Rabbit Days, 19-20 November 2003, Paris, France*. pp. 267-270.
- Boisot, P., Duperray, J., Dugenetais, X., Guyonvarch, A. 2004. Interest of hydric restriction times of 2 and 3 hours per day to induce feed restriction in growing rabbits. In: *Proceedings of 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico 2004*. pp. 759 – 764.
- Boisot, P., Duperray, J., Guyonvarch, A. 2005. Intérêt d'une restriction hydrique en comparaison au rationnement alimentaire en bonnes conditions sanitaires et lors d'une reproduction expérimentale de l'Entéropathie Epizootique du Lapin (EEL). In: *Proceedings of the 11èmes Journées de Recherches Cunicoles Françaises, Paris, France*. pp. 133 – 136.
- Bovera, F., Di Meo, C., Marono, S., Vella, N., Nizza, A. 2008. Feed restriction during summer: Effect on rabbit growth performance. In: *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 10 – 13 June 2008, Verona, Italy*. pp. 567 – 571
- Brook, M. H., Kaiser, K. K. 1970. Muscle fiber types: How many and what kind?. *Archives of Neurology*. 23. 369 – 379.

- Carrilho, M. C., Campo, M. M., Olleta, J. L., Beltrán, J. A., López, M. 2009. Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbits. *Meat Science*. 82. 37 – 43.
- CIELAB System. 1976. CIELAB Colour System. Commission Internationale de l'Eclairage. CIE Publications. Paris.
- Combes, S., Gidenne, T., Jehl, N., Feugier, A. 2003. Impact of a quantitative feed restriction on meat duality of the rabbit. In: *Proceedings Cost Action 848, Working Group 5 Meat Quality, September 25 – 27, Prague, Czech Republic*. pp. 45.
- Dalle Zotte, A. 2000. Main factors influencing the rabbit carcass and meat quality. In: *Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 4 – 7 July 2000, Valencia, Spain*. pp. 507 – 537.
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*. 75. 11 – 32.
- Dalle Zotte, A., Ouhayoun, J. 1995. Post-weaning evolution of muscle energy metabolism and related physico-chemical traits in the rabbit. *Meat Science*. 39. 395 – 401.
- Dalle Zotte, A., Ouhayoun, J. 1998. Effect of genetic origin, diet and weaning weight on carcass composition, muscle physicochemical and histochemical traits in the rabbit. *Meat Science*. 50 (4). 471 – 478.
- Dalle Zotte, A., Ouhayoun, J., Parigi Bini, R., Xiccato G. 1996. Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit. *Meat Science*. 43 (1). 15 – 24.
- Dalle Zotte, A., Rémignon, H., Ouhayoun, J. 2001. Effect of some biological and zootechnical factors on appearance of giant fibres in the rabbit. Consequences on muscle fibre type, morphology and meat quality. *World Rabbit Science*. 9 (1). 1 – 7.
- Dalle Zotte, A., Rémignon, H., Ouhayoun, J. 2004. Effect of feed restriction during post weaning growth on fiber characteristic of Biceps femoris muscle in the rabbit. In: *Proceedings of 8th World Rabbit Congress, September 7 – 10, Puebla, Mexico*. pp. 1384 – 1389.

- Dalle Zotte, A., Rémignon, H., Chiericato, G. M. 2005a. Influence of maternal feed rationing on metabolic and contractile properties of *longissimus lumborum* muscle fibres in the rabbit offspring. *Meat Science*. 70. 573 – 577.
- Dalle Zotte, A., Rémignon, H., Ouhayoun, J. 2005b. Effect of feed rationing during post-weaning growth on meat quality, muscle energy metabolism and fibre properties of *Biceps femoris* muscle in the rabbit. *Meat Science*. 70. 301 – 306.
- Di Meo, C., Bovera, F., Marono, S., Vella, N., Nizza, A. 2007. Effect of feed restriction on performance and feed digestibility in rabbits. *Italian Journal of Animal Science*. 6. 765 – 767.
- Ferreira, R. G., Carregal, R. D. 1996. A note characteristics of rabbit fed on a restricted system. In: *Proceedings of 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 3*, pp. 163 – 165
- Foubert, C., Boisot, P., Duperray, J., Guyonvarch, A. 2008. Intérêt d'un accès limité à la mangeoire de 6h, 8h et 10h par jour pour engendrer un rationnement alimentaire chez le lapin en engraissement. In: *12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 Novembre 2007, Le Mans, France*. pp. 123 – 126.
- Fraga, M. J., De Blas, J. C., Pérez, E., Rodríguez, J. M., Pérez, C. J., Gálvez, J. F. 1983. Effect of diet on chemical composition of rabbits slaughtered at fixed body weights. *Journal of Animal Science*. 56. 1097 – 1104.
- Fuentes, I., Cobos, A. R., Segade, L. A. G. 1998. Muscle fibre types and their distribution in the biceps and triceps brachii of the rat and rabbit. *Journal of Anatomy*. 192. 203 – 210.
- Gidenne, T., Feugier, A. 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 1. Impact on digestion, rate of passage and microbial activity. *Animal*. 3. 501 – 508.
- Gidenne, T., Combes, S., Feugier, A., Jehl, N., Arveux, P., Boisot, P., Briens, C., Corrent, E., Fortune, H., Montessuy, S., Verdelhan, S. 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal*. 3. 509 – 515.
- Gidenne, T., Fortun-Lamothe, L., Combes, S. 2011. Feed restriction strategies, implications on physiology, growth and health of the growing rabbit. *Giornate di Coniglicoltura ASIC*.

- Gidenne, T., Combes, S., Fortun-Lamothe, L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal*. 6. 1407 – 1419.
- Gondret, F., Lefaucheur, L., Dalbis, A., Bonneau, M. 1996. Myosin isoform transitions in four rabbit muscles during postnatal growth. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*. 77. 657 – 667.
- Gondret, F., Mourot, J., Bonneau, M. 1997. Developmental changes in lipogenic enzymes in muscle compared to liver and extramuscular adipose tissues in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B*. 117. 259 – 265.
- Gondret, F., Mourot, J., Bonneau, M. 1998. Comparison of intramuscular adipose tissue cellularity in muscles differing in their lipid content and fiber type composition during rabbit growth. *Livestock Production Science*. 54. 1 – 10.
- Gondret, F., Lebas, F., Bonneau, M. 2000. Restricted feed intake during fattening reduces intramuscular lipid deposition without modifying muscle fiber characteristics in rabbits. *Journal of Nutrition*. 130. 228 – 233.
- Gondret F., Combes S., Larzul C. 2002. Effects of divergent selection for body weight at a fixed age on histochemical, chemical and rheological characteristics of rabbit muscle. *Livestock Production Science*. 76. 81 – 89.
- Harrison, A. P., Rowlerson, A. M., Dauncey, M. J. 1996. Selective regulation of myofiber differentiation by energy status during postnatal development. *American Journal of Physiology*. 270. R667 – R674.
- Hegarty, P. V., Kim, K. O. 1981. Effect of starvation on tissues from the young of four species, with emphasis on the number and diameter of skeletal muscular fibers. *Pediatric research*. 15. 128 – 132.
- Hernández, P. 2008. Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. In: *Proceedings of 9th World Rabbit Congress, June 10 – 13, Verona, Italy*. pp. 1287 – 1299.
- Hernández, P., Gondret, F. 2006. Rabbit meat quality. In: *Maertens, L., Coudert, P. (eds.) Recent advances in rabbit sciences*. ILVO, Merelbeke, Belgium. pp. 269-290. ISBN 92-898-0030.

- Hernández, P., Pla, M., Blasco, A. 1997. Relationships of meat characteristics of two lines of rabbits selected for litter size and growth rate. *Journal of Animal Science*. 75. 2936 – 2941.
- Hernández, P., Pla, M., Blasco, A. 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: II. Relationship between meat characteristics. *Livestock Production Science*. 54. 125 – 131.
- Hernández, P., Pla, M., Oliver, M. A., Blasco, A. 2000. Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat type and content. *Meat Science*. 55. 379 – 384.
- Hernández, P., Aliaga, S., Pla, M., Blasco, A. 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *Journal of Animal Science*. 82. 3138 – 3143.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49. 447 – 457.
- Hornick, J. L., Van Eenaeme, C., Gérard, O., Dufrasne, I., Istasse, L. 2000. Mechanism of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology*. 19. 121 – 132.
- Hulot, F., Ouhayoun, J. 1999. Muscular pH and related traits in rabbits: A review. *World Rabbit Science*. 7 (1). 15 – 36.
- Khetani, T. L., Nkukwana, T. T., Chimonyo, M., Muchenje, V. 2008. Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Tropical Animal Health and Production*. 41 (3). 379 – 384.
- Lambertini, L., Lalatta Costerbosa, G., Petrosino, G., Zaghini, G., Vignola, G., Benassi, M. C., Gatta, P. P. 1996. Caractéristiques histochimiques du muscle et pH de la viande de lapins hybrides sacrifiés à différents âges. *World Rabbit Science*. 4 (4), 171 – 179.
- Larzul, C., Thébault, R. G., Allain, D. 2004. Effect of feed restriction on rabbit meat quality of Rex du Poitou®. *Meat Science*. 67. 479 – 484.
- Lebas, F. 1999. Some recent french studies on rabbit carcass and meat quality. In: *Proceedings of 11<sup>th</sup> Hungarian Conference on Rabbit Production*, 26 May 1999, Kaposvar, Hungary. pp. 1 – 7.

- Lebas, F., Ouhayoun, J. 1987. Effect of dietary protein level, housing conditions and season on growth and slaughter traits of rabbits. *Annales de Zootechnie*. 36. 421 – 432.
- Lebas, F., Retailleau, B., Hurtaud, J. 2001. Évolution de quelques caractéristiques bouchères et de la composition corporelle de 2 lignées de lapins, entre 6 et 20 semaines d'âge. In: *Proceedings of 9th Jour. Rech. Cunicole*, Paris, France. pp. 55 – 58.
- Ledin, I. 1984. Effect of restricted feeding and realimentation on compensatory growth, carcass composition and organ growth in rabbit. *Annales de Zootechnie*. 33. 33 – 50.
- Lonergan, E. H., Zhang, W., Lonergan, S. M. 2010. Biochemistry of postmortem muscle – Lessons on mechanism of meat tenderization. *Meat Science*. 86. 184 – 195.
- Maertens, L., Luzi, F., De Groote, G. 1997. Effect of dietary protein and amino acids on the performance, carcass composition and N-excretion of growing rabbits. *Annales de Zootechnie*. 46. 255 – 268.
- Maertens, L., Villamide, M. J. 2003. Feeding systems for intensive production. In: Blas, C., Wiseman, J. (eds.). *The Nutrition of the Rabbit*. CABI publishing. Wallingford, UK. pp. 344. ISBN 85199279X.
- Matics, Zs., Dalle Zotte, A., Radnai, I., Kovács, M., Metzger, Sz., Szendrő, Zs. 2008. Effect of restricted feeding after weaning on the productive and carcass traits of growing rabbits. In: *Proceedings 9th World Rabbit Congress*, Verona – Italy, June 10-13 2008. 741 – 746.
- Metzger, Sz., Szendrő, Zs., Bianchi, M., Hullár, I., Fébel, H., Maertens, L., Cavani, C., Petracci, M., Radnai, I., Biró-Németh, E. 2009. Effect of energy restriction in interaction with genotype on the performance of growing rabbits: II. Carcass traits and meat quality. *Livestock Science*. 126 (1-3). 221 – 228.
- Metzger, Sz., Bianchi, M., Cavani, C., Petracci, M., Szabó, A., Gyovai, M., Biró-Németh, E., Radnai, I., Szendrő, Zs. 2011a. Effect of nutritional status of rabbit kits on their productive performance, carcass and meat quality traits. *Livestock Science*. 137. 210 – 218.
- Metzger, Sz., Odermatt, M., Szabó, A., Radnai, I., Biró-Németh, E., Nagy, I., Szendrő, Zs. 2011b. Effect of age and body weight on carcass traits and meat composition of rabbits. *Archiv Tierzucht*. 54 (4). 406 – 418.



- Oliveira, M. C., Da Silva, R. P., Araújo, L. S., Da Silva, V. R., Bento, E. A., Da Silva, D. M. 2012. Effect of feed restriction on performance of growing rabbits. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41 (6). 1463 – 1467.
- Osman, A. M. A. 1991. Effect of reducing feeding time on the growth performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Archiv für Geflügelkunde*. 55. 196 – 200.
- Ouhayoun, J. 2003. Influence of the diet on rabbit meat quality. In: Blas, C., Wiseman, J. (eds.). *The Nutrition of the Rabbit*. CABI publishing. Wallingford, UK. pp. 177 – 195. ISBN 85199279X.
- Ouhayoun, J., Dalle Zotte, A. 1993. Muscular energy metabolism and related traits in rabbit. A review. *World Rabbit Science*. 1 (3). 97 – 108.
- Ouhayoun, J., Dalle Zotte, A. 1996. Harmonization of muscle and meat criteria in rabbit meat research. *World Rabbit Science*. 4 (4). 211 – 218.
- Ouhayoun, J., Delmas, D. 1983. Comparative utilization of diets with different crude protein levels in rabbits selected on growth rate and in farm rabbits. 2. Nitrogenous composition and energy metabolism of *L. lumborum* and *B. femoris* muscle. *Annales de Zootechnie*. 32. 277 – 286.
- Pascual, M., Pla, M., Blasco, A. 2008. Effect of selection for growth rate on relative growth in rabbits. *Journal of Animal Science*. 86. 3409 – 3417.
- Perrier, G. 1998. Des carcasses moins grasses obtenues à l'aide du rationnement. *Cuniculture – Paris*. 143. 223 – 227.
- Perrier, G., Ouhayoun, J. 1996. Growth and carcass traits of the rabbit a comparative study of three modes of feed rationing during fattening. In: *Proceedings of 6th World Rabbit Congress, Toulouse*, 3. pp. 225 – 232.
- Peter, J. B., Bainard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A., Stempel, K. E. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*. 11. 2627-2633.
- Petracci, M., Baéza, E. 2007. Quality of fresh and frozen meat. In: *XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*. Prague, Czech Republic. pp. 175 – 180.

- Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C., Duclos, M. J. 2002. Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reproduction Nutrition Development*. 42. 415 – 431.
- Pla, M., Hernández, P., Blasco, A. 1995. The colour of rabbit carcasses and meat. *Meat Focus International*. 5. 181 -183.
- Pla, M., Guerrero, L., Guardia, D., Oliver, M. A., Blasco, A. 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livestock Production Science*. 54. 115 – 123.
- Rab, M., Neumayer, Ch., Koller, R., Kamolz, L. P., Haslik, W., Gassner, R., Giovanoli, P., Schaden, G., Frey, M. 2000. Histomorphology of rabbit thigh muscles: establishment of standard control values. *Journal of Anatomy*. 19. 203 – 209.
- Rehfeldt, C., Fiedler, I., Stickland, N. C. 2004. Number and size of muscle fibers in relation to meat production. In: Te Pas, M. F. W., Everts, M. E., Haagsman, H. P. (eds.). *Muscle development of livestock animals: Physiology, genetics and meat quality*. CABI Publisher. Cambridge, MA. pp. 1 – 38. ISBN 0851998119.
- Romero, C., Cuesta, S., Astillero, J. R., Nicodemus, N., De Blas, C. 2010. Effect of early feed restriction on performance and health status in growing rabbits slaughtered at 2 kg live-weight. *World Rabbit Science*. 18. 211 – 218.
- Rommers, J. M., Boiti, C., Brecchia, G., Meijerhof, R., Noordhuizen, J. P. T. M., Decuyper, E., Kemp, B. 2004. Metabolic adaptation and hormonal regulation in young rabbit does during long-term caloric restriction and subsequent compensatory growth. *Animal Science*. 79. 255 – 264.
- Ryu, Y. C., Kim, B. C. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*. 71 (2). 351-357.
- SAS Institute Inc. 2003. *The SAS system for Windows*. Release 9.1.3.
- Seideman, S. C., Crouse, J. D. 1986. The effects of sex condition, genotype and diet on Bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science*. 17. 55-72.
- Solomon, M. B., Lynch, G. P. 1988. Biochemical, histochemical and palability characteristics of young ram lambs as affected by det and electrical stimulation. *Journal of Animal Science*. 66. 1955 – 1962.

- Solomon, M. B., Campbell, R. G., Steele, N. C., Caperna, T. J., Mcmurtry, J. P. 1988. Effect of feed intake and exogenous porcine somatotropin on *longissimus* muscle fiber characteristics of pigs weighing 55 kilograms live weight. *Journal of Animal Science*. 66. 3279 – 3284.
- Tůmová, E., Skřivan, M., Skřivanová, V., Kacerovská, L. 2002. Effect of early feed restriction on growth in broiler chickens, turkeys and rabbits. *Czech Journal of Animal Science*. 47. 418 – 428.
- Tůmová, E., Skřivanová, V., Skřivan, M. 2003. Effect of restricted feeding time and quantitative restriction in growing rabbits. *Archiv für Geflügelkunde*. 67. 182 – 190.
- Tůmová, E., Skřivanová, V., Zita, L., Skřivan, M., Fučíková, A. 2004. The effect of restriction on digestibility of nutrients, organ growth and blood picture in broiler rabbits. In: *Proceedings of 8th World Rabbit Congress, September 7 – 10, Puebla, Mexico*. pp. 1008 – 1014.
- Tůmová, E., Zita, L., Štolc, L. 2006. Carcass quality in restricted and ad libitum fed rabbits. *Czech Journal of Animal Science*. 51 (5). 214 – 219.
- Tůmová, E., Zita, L., Skřivanová, V., Fučíková, A., Skřivan, M., Burešová, M. 2007. Digestibility of nutrients, organ development and blood picture in restricted and *ad libitum* fed broiler rabbits. *Archiv für Geflügelkunde*. 71. 6 – 12.
- Verdelhan, S., Bourdillon, A., Morel-Saives, A., Audoin, E. 2004. Effect of a limited access to water on mortality of fattening rabbits. In: *Proceedings of 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 7-10 September, Puebla, Mexico*. pp. 669 – 672.
- Vigneron, P., Bacou, F., Ashmore, C. R. 1976. Distribution heterogeneity of muscle fiber types in the rabbit *Longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*. 43. 985 – 988.
- Xiccato, G. 1999. Feeding and meat quality in rabbits: A review. *World Rabbit Science*. 7 (2). 75 – 86.
- Yakubu, A., Salako, A. E., Ladokun, A. O., Adua, M. M., Bature, T. U. K. 2007. Effect of feed restriction on performance, carcass yield, relative organ weights and some linear body measurements of weaner rabbits. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6 (4). 391 – 396.

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADL	<i>ad libitum</i>
ADP	adenosindifosfát
ATP	adenosintrifosfát
BF	<i>biceps femoris</i>
DP/DE	poměr proteinů k energii
FGF	fibrblastový růstový faktor
IGF	insulinový růstový faktor
MLL	<i>musculus longissimus lumborum</i>
PGE	prostaglandin E
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
R50	králíci s restrikcí 50 g krmiva/ks/den
R65	králíci s restrikcí 65 g krmiva/ks/den
SDH	sukcinát dehydrogenáza
SFA	nasycené mastné kyseliny
WHC	vaznost