

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Využití různých bílkovinných zdrojů krmiva ve výkrmu
býků českého strakatého skotu a jejich vliv na kvalitu
masa**

Diplomová práce

Bc. Tereza Daňková

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Daniel Bureš, Ph.D.

Konzultant: Ing. Luděk Bartoň, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Využití různých bílkovinných zdrojů krmiva ve výkrmu býků českého strakatého skotu a jejich vliv na kvalitu masa“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, pomoc a podporu. Dále bych ráda poděkovala Ing. Lud'ku Bartoňovi, Ph.D. za odbornou konzultaci a vstřícnost. Nakonec své rodině a blízkým za trpělivost, podporu a nekonečnou ochotu.

Využití různých bílkovinných zdrojů krmiva ve výkrmu býků českého strakatého skotu a jejich vliv na kvalitu masa

Souhrn

Produkce masa s optimálními nutričními a organoleptickými vlastnostmi je nezbytná pro uplatnění se na současném trhu. Pro zajištění vyvážené a ekonomicky rentabilní výživy charakteristické dostatečnou intenzitou růstu vykrmovaného skotu je nezbytné do krmné dávky doplňovat živiny v koncentrované formě. V současné době je celosvětově nejčastěji využívaným bílkovinným zdrojem sójový extrahovaný šrot. Vzhledem ke snaze o zajištění většiny krmiv z tuzemské produkce, stejně jako stále vzrůstající nechuti obyvatel konzumovat potraviny, při jejichž výrobě byly použity geneticky modifikované organizmy, vzrůstá nadále význam alternativních bílkovinných doplňků. Velmi slibnou možností jsou luskoviny či extrahované šroty olejnin, které jsou charakteristické dobrým nutričním složením a pozitivním působením na strukturu pŕdy, pokud jsou zařazované do osevních postupů.

Pro tuto studii byly vybrány dva proteinové zdroje – lupina bílá (*Lupinus albus*) a extrahovaný šrot řepky olejné (*Brassica napus*), které byly srovnávány s krmnou dávkou využívající komerční krmný doplněk s obsahem močoviny. Byl zkoumán vliv různé krmné dávky na kvalitu masa dvou svalů – *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* býků českého strakatého skotu, kteří byli chováni v identických podmínkách a poraženi v totožném věku. Bylo zjištěno, že zařazení bílkovinných zdrojů významně neovlivnilo chemické složení a fyzikální vlastnosti, s výjimkou instrumentálně měřené tuhosti masa, která byla u svalu *rectus abdominis* signifikantně nižší u býků se zařazením lupiny do krmné dávky. Byly nalezeny značné diference v deskriptivní sensorické analýze. Sensorický panel klasifikoval maso býků krmených lupinou jako nejvíce křehké, nejsnadněji žvýkatelné a u jednoho ze svalů i nejvíce šťavnaté. Na druhou stranu maso býků krmených lupinou mělo nejnižší intenzitu vůně a chuti typické pro hovězí maso a naopak nejvyšší intenzitu cizí vůně. Z výše uvedeného je patrné, že jak lupina, tak řepkový extrahovaný šrot mohou být využity v krmné dávce vykrmovaných býků, aniž by ovlivnili fyzikální a chemické vlastnosti produkovaného masa. Zařazení lupiny do krmné dávky může příznivě působit na texturní charakteristiky masa.

Klíčová slova: hovězí maso, český strakatý skot, fyzikální vlastnosti, chemické složení, sensorická analýza

Effect of different dietary protein sources in fattening bulls of Fleckvieh cattle on meat quality parameters

Summary

Current markets require a consistent supply of meat with high nutritional and organoleptic quality. The use of dietary concentrates is necessary to achieve rapid and efficient growth of fattened cattle. Soybean meal is presently the most frequently used dietary protein source in cattle diets. However, due to efforts to utilize especially locally produced feedstuffs as well as due to a negative perception of consumers towards genetically modified animal feed components, the use of alternative protein sources gains in importance. Especially some locally produced legume grains and extracted meals from oilseeds are promising with their favourable nutrient composition and positive effects on soil structure when introduced into crop rotation.

Two different protein sources – white lupine (*Lupinus albus*) and extracted meal from rapeseed (*Brassica napus*) – were compared in this study with the control diet containing a commercial urea supplement. The effect of diet on the meat quality of two muscles (*longissimus lumborum* and *rectus abdominis*) from Czech Fleckvieh bulls kept under identical management conditions and slaughtered in a similar age was investigated. Protein sources had no effect on chemical composition and physical characteristics of meat, except for instrumentally measured tenderness of the *rectus abdominis* muscle which was significantly higher in the lupine fed group. Marked differences were identified using a descriptive sensory analysis. Both muscles from the bulls fed lupine were scored as most tender and most easily chewed and one of the muscles analysed from this group was most juicy. On the contrary, the lowest beef odour and beef flavour intensities but the highest off-flavour intensity were recorded in the bulls fed lupine. It is concluded that both lupine grain and rapeseed extracted meal may be used in diets for fattened bulls without any negative effects on chemical composition and physical characteristics of meat. However, including lupine in the diet may positively influence meat texture.

Keywords: beef; Czech Fleckvieh cattle; physical characteristics; chemical composition; sensory analysis;

Obsah

1 Úvod.....	- 10 -
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	- 12 -
3 Literární rešerše	- 13 -
3.1 Produkce a spotřeba hovězího masa	- 13 -
3.1.1 Produkce hovězího masa.....	- 13 -
3.1.2 Spotřeba masa	- 17 -
3.2 Hovězí maso ve výživě člověka.....	- 20 -
3.2.1 Pozitivní faktory.....	- 21 -
3.2.2 Negativní faktory	- 25 -
3.3 Faktory ovlivňující organoleptické vlastnosti masa.....	- 29 -
3.3.1 <i>Ante mortem</i>	- 29 -
3.3.2 Postmortální změny.....	- 37 -
3.4 Bílkovinné zdroje ve výživě zvířat	- 40 -
3.4.1 Klasické.....	- 42 -
3.4.2 Alternativní zdroje bílkovinných krmiv	- 47 -
4 Materiál a metodika.....	- 54 -
4.1 Výkrmový experiment	- 54 -
4.2 Porážka zvířat a odběr vzorků.....	- 57 -
4.3 Fyzikální analýza.....	- 58 -
4.3.1 Stanovení pH a barvy masa.....	- 58 -
4.3.2 Stanovení křehkosti.....	- 58 -
4.3.3 Stanovení odkapu	- 59 -
4.3.4 Stanovení vaznosti	- 59 -
4.4 Chemické složení masa	- 60 -
4.5 Deskriptivní sensorická analýza	- 61 -
4.6 Statistická analýza.....	- 63 -
5 Výsledky	- 65 -
5.1 Fyzikální vlastnosti.....	- 65 -
5.2 Chemické složení	- 67 -
5.3 Sensorická analýza.....	- 68 -
6 Diskuze	- 73 -
7 Závěr.....	- 77 -
8 Literatura.....	- 78 -

1 Úvod

Hovězí maso je nedílnou součástí lidského jídelníčku již po více než 15 tisíc generací. Dříve bylo společně s ostatními druhy červeného masa symbolem hojnosti a movitosti, dnes je na talíře konzumentů zařazováno především pro své výborné nutriční složení a sensorickou jakost. Hovězí maso obsahuje velké množství důležitých a pro člověka mnohdy nepostradatelných látek. Je zdrojem minerálních látek, hlavně železa a zinku a vitamínů rozpustných v tucích (B12, B1, B2, B6). Tuk v tomto mase, kromě nasycených mastných kyselin, obsahuje i řadu esenciálních mastných kyselin, nezbytných pro správnou funkci nervové soustavy, srdce a působících proti zánětlivým onemocněním v těle. Snad nejdůležitější je vysoký obsah bílkovin označovaných za plnohodnotné, protože jsou složeny z esenciálních aminokyselin v optimálním poměru.

Pro efektivní produkci kvalitního hovězího masa je nezbytné poskytnout vykrmovaným zvířatům krmnou dávku s vyváženým obsahem živin v dostatečném množství a stravitelné formě. Při využívání tradičních objemných krmiv lze zajistit dostatečnou intenzitu růstu doplněním bílkovinné složky krmiv využitím koncentrovaných proteinových zdrojů. Pro tyto účely je celosvětově ve výkrmu zvířat využíván zejména sójový extrahovaný šrot. Ten je do České republiky, respektive Evropské unie, importován z USA, Asie a Brazílie, kde je produkován dominantně jako geneticky modifikovaná plodina (GM). To přináší mnohá úskalí. První z nich spočívá v klimatické náročnosti a množství zemědělských ploch vhodných pro pěstování GM free sóji. Jako rostlina má v tuzemských podmínkách nízkou výnosnost, vyšší požadavky na vláhu a teplotu, proto je v České republice pěstována na minimální výměře. Druhým problémem je rozpačitý až negativní postoj konzumentů vůči GM produktům, který přetrvává, přestože existuje mnoho studií vyvracejících vliv konzumace GM produktů na zdravotní nezávadnost a zdravotní bezpečnost primárního či sekundárního konzumenta. Třetí komplikací je nemožnost využívání GM sóji jako krmiva v ekologickém zemědělství, tedy v systému produkce, který v současné době zažívá značný rozmach.

Vzhledem k výše uvedenému a snaze producentů a zpracovatelů jednak uspokojit kvalitativní i kvantitativní požadavky konzumentů, jednak dosáhnout soběstačnosti v produkci bílkovinných zdrojů krmiv, je zřejmé, že je nutné hledat alternativní zdroje bílkovinných krmiv, které by bylo možné pěstovat v tuzemských podmínkách, při zachování rentability produkce včetně udržení technologické, nutriční či sensorické jakosti na trh dodávaného masa. Z uvedených důvodů je patrné, že je v současné době vyvinuto velké úsilí všech složek participujících na výrobě hovězího masa k nalezení uspokojivého řešení tohoto problému.

Dosavadní studie naznačují, že jako alternativní zdroje proteinových doplňků v krmné dávce lze využívat extrahované šroty v tuzemsku pěstovaných olejnin, tedy zejména šrot řepkový, nebo pěstováním rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Zde se jedná zejména o hrách setý (*Pisum sativum*), zástupce rodu lupina (lupina bílá – *Lupinus albus*, lupina úzkolistá – *Lupinus angustifolius* a lupina žlutá - *Lupinus luteus*). U těchto plodin bylo v nedávné době dosaženo poměrně značného pokroku ve šlechtění, který se projevil ve vyšší stabilitě výnosů a ekonomické efektivnosti produkce, stejně jako ve značném zlepšení nutriční hodnoty sklízeného zrna. Pěstování luštěnin na orné půdě je navíc v současnosti považováno za jeden z nástrojů, jak zlepšit strukturu obhospodařované půdy a může přispět k řešení problematiky souvisejících s globálními změnami klimatu.

Většina studií zaměřená na zařazení uvedených zdrojů proteinu do krmné dávky se zabývá vyhodnocením stravitelnosti, intenzity růstu nebo složením jatečného těla. V případě hovězího masa existuje značně omezené množství prací zaměřených na vyhodnocení fyzikálních vlastností či chemického složení masa. Aktuální poznatky o vlivu uvedených alternativních krmných doplňků nejsou v současné době k dispozici. Vysoká organoleptická kvalita hovězího masa je nezbytným předpokladem pro uplatnění se na současném trhu. Z tohoto důvodu si tato diplomová práce klade za cíl vyhodnotit vliv uplatnění některých potencionálně využitelných zdrojů proteinu na organoleptické vlastnosti hovězího masa.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této práce je vyhodnocení vlivu předkládané krmné dávky s různými zdroji bílkovin na chemické složení, fyzikální vlastnosti a organoleptické charakteristiky masa dvou svalů – *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* při výkrmu býků českého strakatého skotu chovaných v totožných podmínkách a poražených v identickém věku.

Hypotéza: Rozdílný zdroj proteinů v koncentrované složce krmné dávky předkládané při výkrmu býků českého strakatého skotu ovlivní parametry kvality masa.

3 Literární rešerše

3.1 Produkce a spotřeba hovězího masa

3.1.1 Produkce hovězího masa

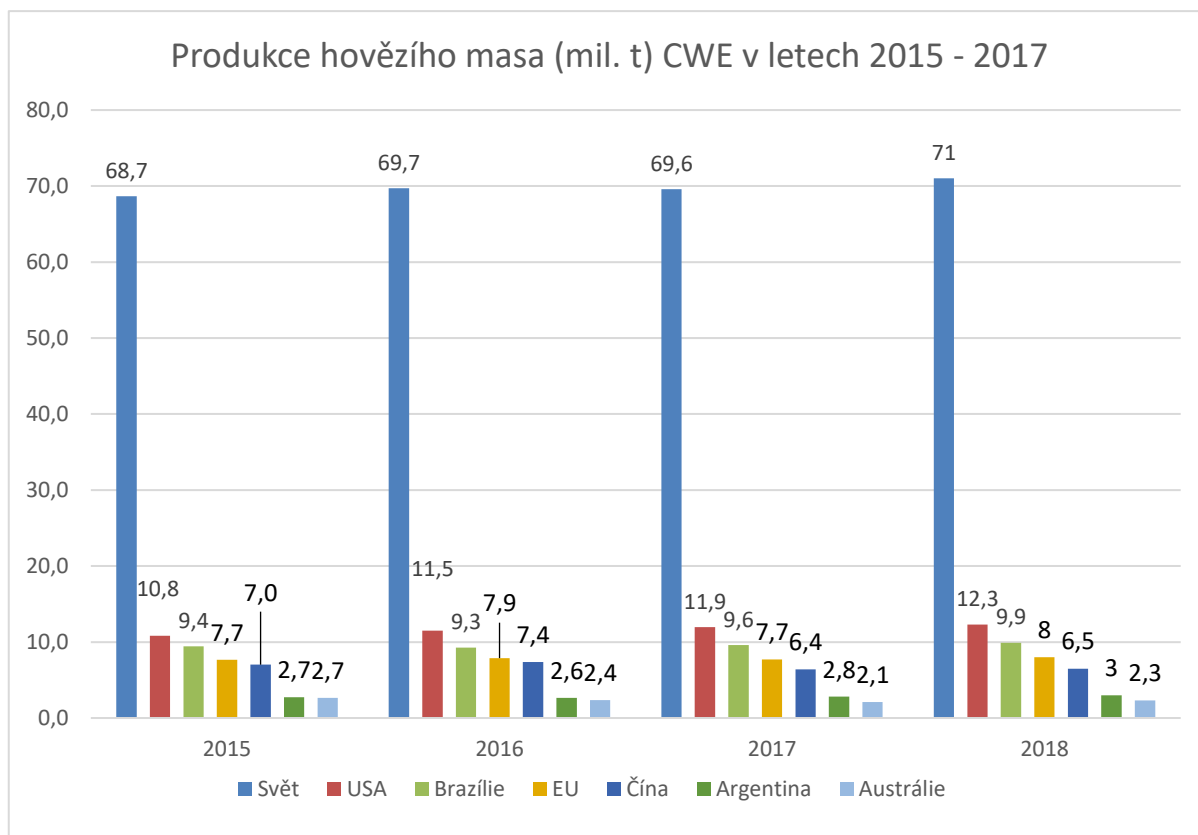
Produkce hovězího masa je popisována jako objem vztažený na váhu jatečně upraveného těla - váha kusu na konci jatečného opracování, v zahraničí známé pod termínem CWE – carcass weight equivalent. Tělo zvířat neobsahuje jen maso, ale také kůži, šlachy, kosti, chrupavky a část tuku, které nejsou součástí potravinového řetězce člověka. Orgány a část tuku slouží pro krmné účely zvířat. V průběhu bourání dochází k odstranění některých šlach a kostí, aby bylo možné maso prodávat konzumentům, kteří jsou na určité opracování zvyklí. Třetí část tuku poslouží pro výrobu drogerie (mýdla). Až zbylé množství - vždy závisí na druhu, velikosti a věku zvířete – je určeno pro lidskou výživu, což je přibližně 65-70 % původní hmotnosti jatečně upraveného těla (Kameník 2019; Honikel 2008).

Světová produkce masa za posledních pět dekad značně vzrostla. Dle FAO (2019) bylo v roce 2018 (poslední dostupné statistické informace) vyprodukováno 336,4 milionů tun drůbežího, vepřového, hovězího a skopového masa, což je o 1,2 procent více než v roce předchozím. Z pohledu jednotlivých zemí většina vyprodukovaného masa pocházela z EU, USA a Ruské federace, což bylo způsobeno především v důsledku zvýšení produktivity a zavedením technologických inovací. Zatímco v roce 2017 produkce v EU a Číně stagnovala a v USA (+ 2,8 %), Brazílii (+ 2,1 %), Rusku (+ 4 %), Argentíně (+ 4,8 %), Mexiku (+ 3,5 %) a Indii (+ 2,7 %) vzrostla, v roce 2018 ustrnula produkce u dvou majoritních producentů – Číny a Brazílie. Nejvyšší předstih se uskutečnil v loňském roce v letních měsících (EU), první polovině roku (USA) vzhledem k extrémně vysokým teplotám.

Nejvyšších hodnot objemu produkce nabralo maso hovězí (+ 2,1 %), dále drůbeží (+ 1,3 %), skopové a vepřové maso zaznamenalo nižší nárůst (+ 0,6 %). Ceny jednotlivých druhů poklesly u vepřového (- 8,1 %) a drůbežího masa (- 4,8 %), u hovězího masa se držely téměř na stejných hodnotách (+ 0,2 %), ale u skopového masa vzrostly až o 17 %. Trh s vepřovým masem byl značně ovlivněn výskytem afrického moru prasat. Pokles cen u drůbežího masa byl způsoben nižší poptávkou importu. (FAO 2019)

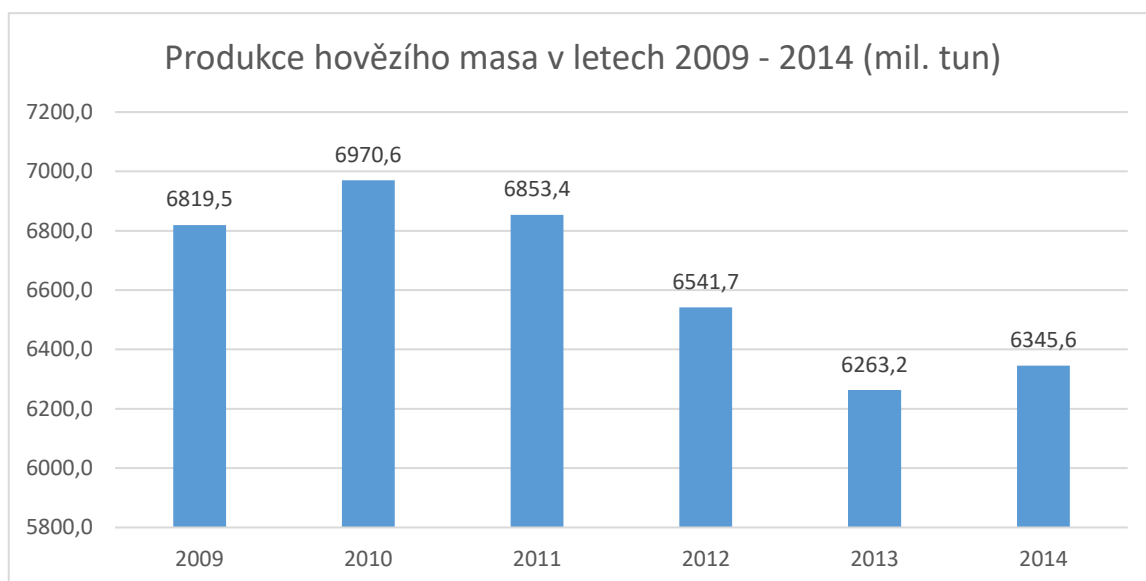
Produkce hovězího masa činila celkem 71,1 mil. tun. Vzrostla v: USA (+ 3,7 %), Austrálii (7,3 %) Argentíně (+ 7,1 %), dále také v EU. Naopak stagnovala v Číně, Indii a Ruské federaci. Důvodem zvýšení produkce byla substituce vepřového masa hovězím z důvodu

afrického moru prasat, extrémní teploty a sucha (FAO 2019). Porovnání jednotlivých států je znázorněno v grafu 1.



Graf 1 – Produkce hovězího masa; zdroj dat: FAO (2019), vlastní zpracování grafu

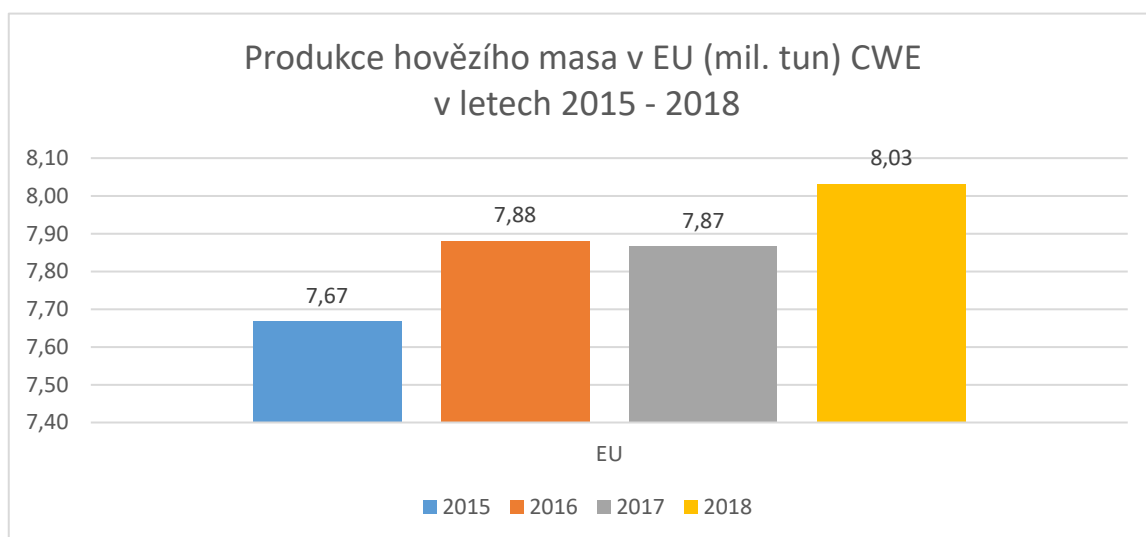
V EU (28) došlo mezi lety 2009 – 2014 ke snížení produkce masa z dospělého skotu (jalovic a býků) o 7 %, zatímco produkce masa telat (věk do 8 měsíců) a mladého skotu (věk 8 – 12 měsíců) stoupla o 4 %. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v grafu 2. V roce 2015 došlo k nárůstu produkce hovězího masa o 1,3 %, což se projevilo především v zemích, které jsou považovány za velké producenty masa. Například ve Francii došlo ke zvýšení produkce o 32 000 tun, ve Španělsku o 114 000 tun (Gyton 2015).



Graf 2 – Produkce hovězího masa v EU;

zdroj: data Eurostat (2015), vlastní zpracování grafu

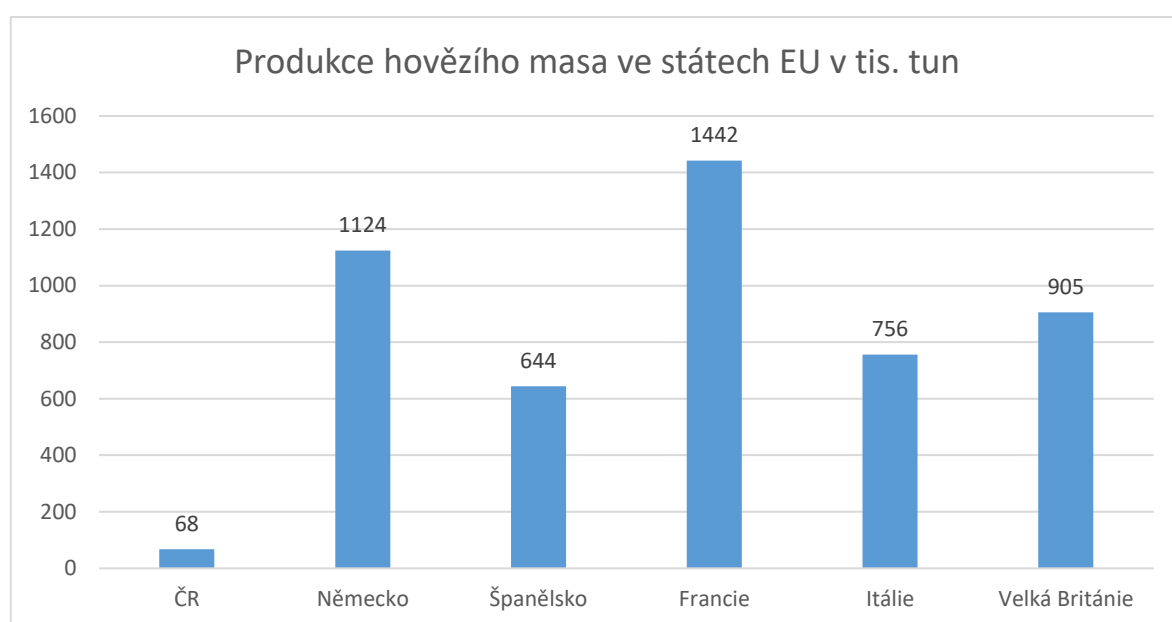
Při přepočtu produkce masa v jednotlivých zemích na průměr na obyvatele se na první místo s nejvyšším stupněm samozásobení dostává Dánsko (316,1 kg/rok), dále Irsko (221,5 kg/rok) a Nizozemsko (172,7 kg/rok). Česká republika se pohybuje okolo 41 kg/rok (Kameník 2019).



Graf 3 – Produkce hovězího masa v EU dle FAO;

zdroj: FAO (2018; 2019), vlastní zpracování grafu

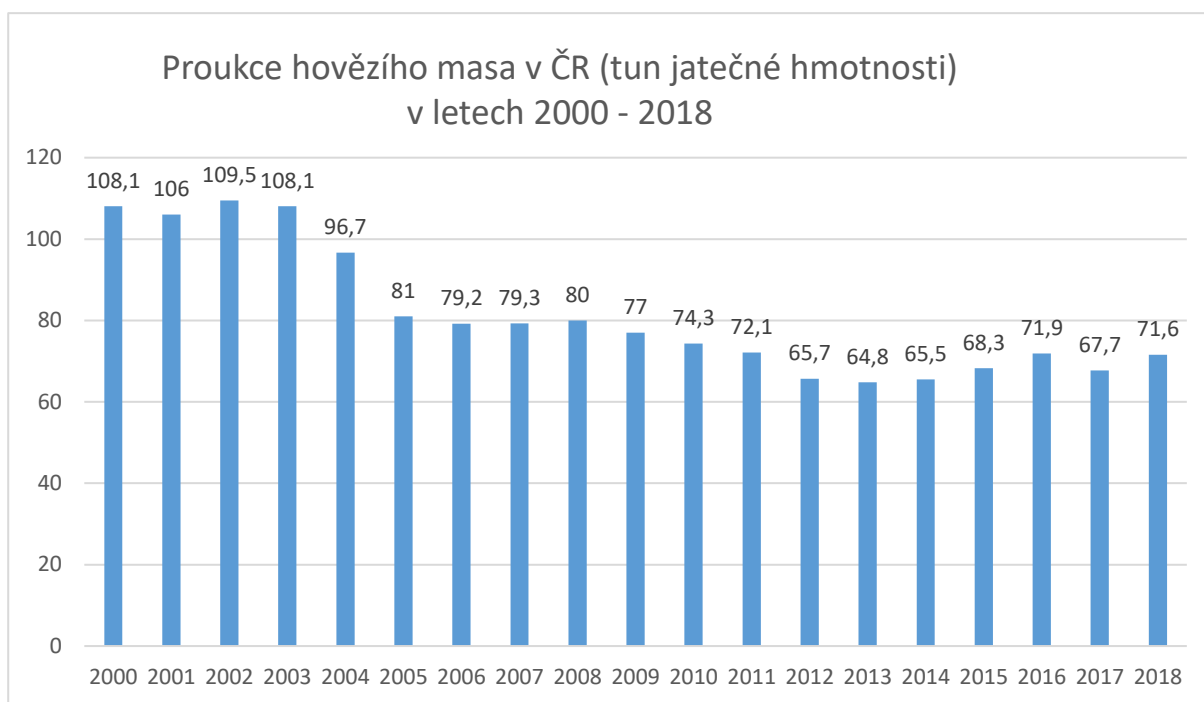
V roce 2017 produkce hovězího a telecího masa v EU byla na 7,8 mil. tun. Mezi největší producenty patří Španělsko (25,1 %), Nizozemsko (23 %) Francie (19,3 %), následované Německem (15,8 %) a Velkou Británií (13,2 %) (Kameník 2019). Produkci hovězího masa ukazuje graf 4. Dle FAO (2019) došlo k nárůstu produkce hovězího masa na 8 mil. tun, tento nárůst byl očekáván vzhledem k obdobím sucha (horkého léta) v roce 2018, kdy došlo ke zvýšení množství poráženého skotu. Statistiky pocházející z pramenu EU (Eurostat) prozatím nebyly uveřejněny. Jejich aktualizace je předpokládána v dubnu tohoto roku, z toho důvodu jsou v grafu 2 uvedeny hodnoty pouze do roku 2015. Produkce EU publikovaná ve statistikách FAO (2019) je uvedena v grafu č. 3.



Graf 4 – Produkce hovězího masa ve státech EU v roce 2017;

zdroj: data Agriculture, forestry and fishery statistics (2018 edition), vlastní zpracování grafu

Dle Českého statistického úřadu (2019) produkce hovězího masa v České republice dlouhodobě klesá (viz graf 5). V roce 2017 se dostala na necelých 63 % roku 2000. V posledních letech se hodnoty pohybují okolo 69,3 tis. tun ročně. Na nižší produkci (- 5,9 % oproti roku 2016) se podílely snížené stavy býků. Domácí produkce byla do značné míry nahrazena importem ze zahraničí (+ 19,8 %), zatímco v exportovaném množství lze pozorovat pokles o 0,1 % (Kameník 2019). Dle nejnovějších statistických dat (ČSÚ 2019) produkce hovězího masa v ČR v roce 2018 vzrostla o 5,8 % od roku 2017. To se shoduje s dřívějšími statistickými prognózami.



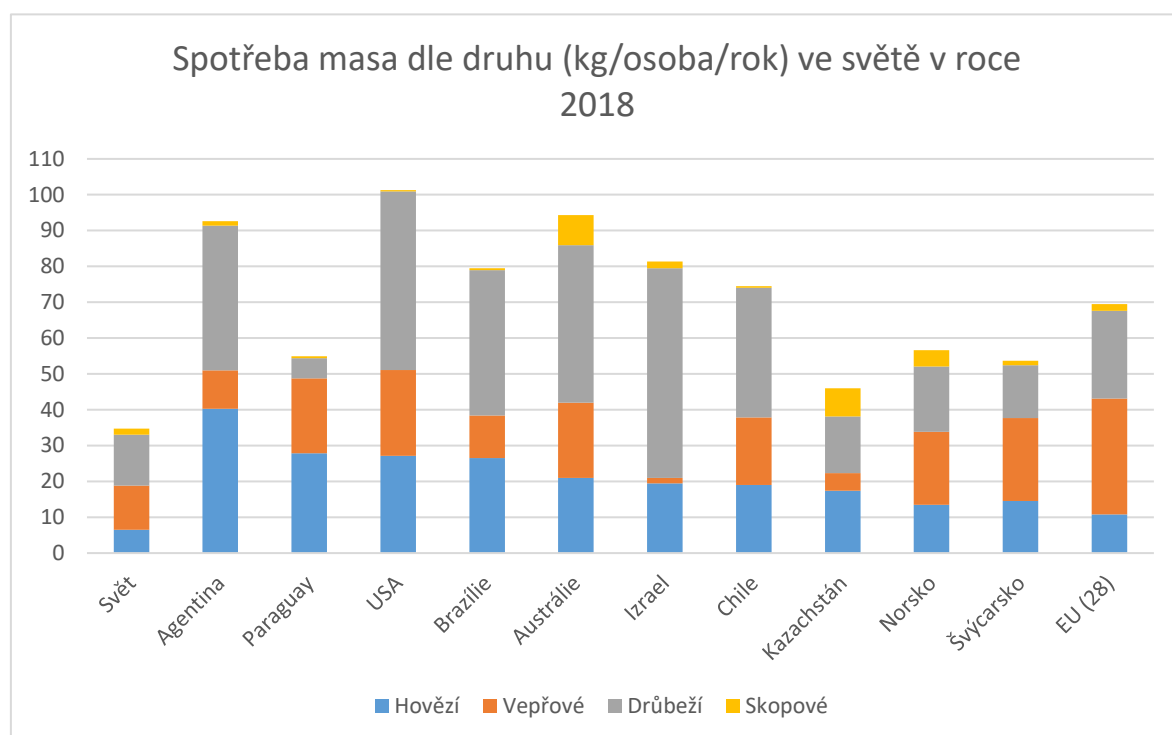
Graf 5 - Produkce hovězího masa (včetně telecího) v České republice;
zdroj: data ČSÚ (2019), vlastní zpracování grafu

3.1.2 Spotřeba masa

Spotřebu masa lze určovat několika způsoby. Statistické hodnoty popisují objem produkce masa se započtením importu a exportu. Tyto údaje určují domácí spotřebu vztaženou na celou populaci dané země. Některé statistické servery dovoz a vývoz nezohledňují, což může spotřebu značně zkreslit. V ročenkách se uvádí spotřeba masa v kg na osobu a rok. V tomto případě se jedná o maso na kosti – tedy domácí spotřebu masa vydělenou počtem obyvatel státu. (Kameník 2014)

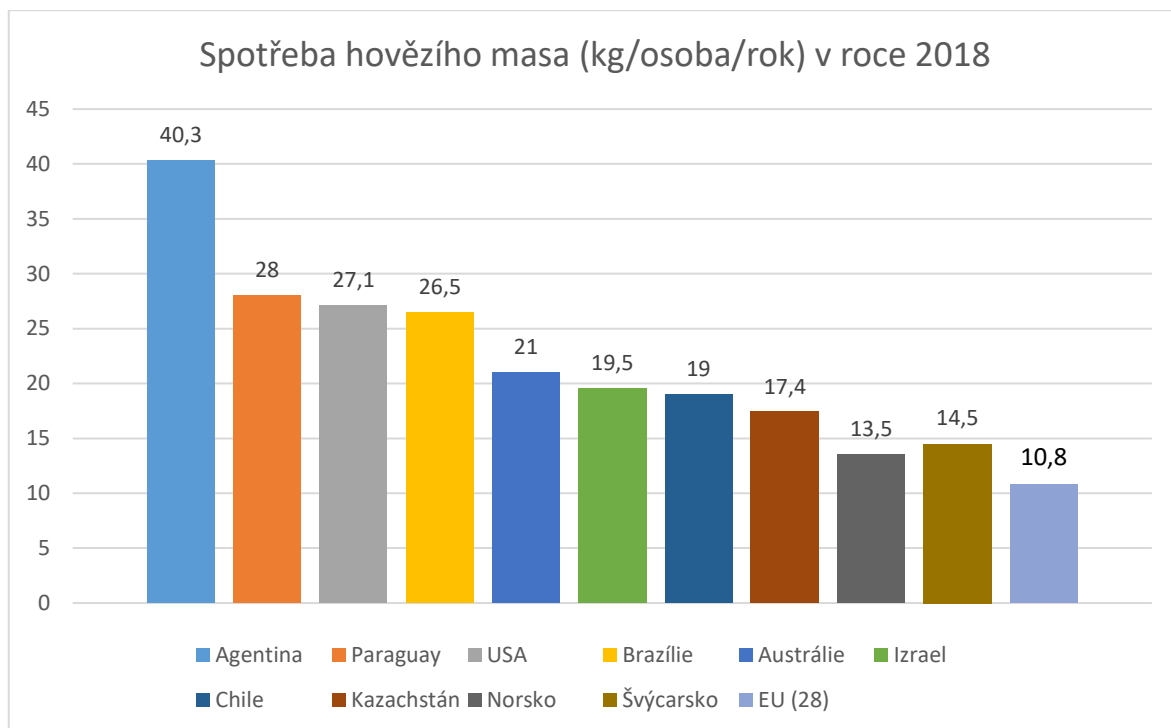
Dle OECD (2019) spotřeba masa ve světě souvisí s životním standardem, stravovacími návyky, úrovní a stavem živočišné výroby, spotřebitelskými cenami a ekonomickou situací spotřebitelů daného státu. Celková průměrná spotřeba ve světě byla roce 2018 34,7 kg/osoba/rok. EU (28) se pohybuje vysoce nad světovým průměrem (69,5 %). Ačkoliv v minulých letech patřilo první místo na žebříčku Austrálii, v roce 2018 byla nejvyšší spotřeba zaznamenána v USA (101,3 kg/osoba/rok). Nejvyšší spotřeba v Evropě je v Norsku (56,6 kg/osoba/rok) a následně ve Švýcarsku - 53,7 kg/osoba/rok. Ve světě je nejčastěji konzumováno drůběží maso (průměrně 14,2 kg/osoba/rok), zatímco v EU převládá obliba masa vepřového 32,3 kg/osoba/rok. Třetí místo patří v EU i ve světě masu hovězímu. Do těchto

hodnot není započítáno maso ryb. Poměrné zastoupení jednotlivých typů mas je znázorněno v grafu 6.



Graf 6 – Spotřeba masa ve světě; zdroj dat: OECD (2019), vlastní zpracování grafu

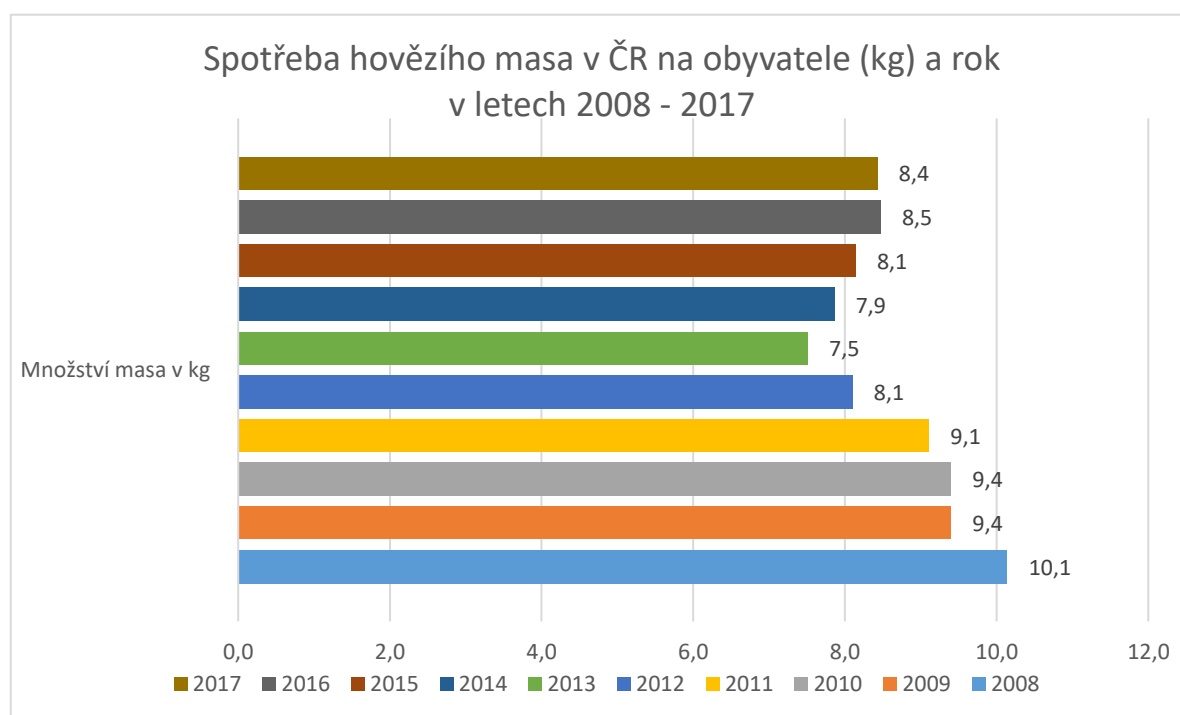
Spotřeba hovězího masa ve světě se v posledním desetiletí pohybuje v průměru okolo 6,2 kg/osoba/rok. EU (28) se pohybuje v klesajících hodnotách od 12,11 kg/osoba/rok až po 10,84 kg/osoba/rok v roce 2018. Pokles mezi lety 2008 - 2018 je téměř 6 % ve světě a 7 % pro EU. Nejvíce hovězího masa je dlouhodobě konzumováno v Argentině 40,29 kg/osoba/rok v roce 2018 s velkým nárůstem následovaná Paraguayí 27,91 kg/osoba/rok a USA (27,14 kg/osoba/rok), které přeskočily v minulém roce Brazílii (26,54 kg/osoba/rok). V Evropě jsou za největší milovníky hovězího masa považovány státy Švýcarsko (14,5 kg/osoba/rok) a Norsko 13,5 kg/osoba/rok. Srovnání je uvedeno v grafu 7. (OECD 2019)



Graf 7 – Spotřeba hovězího masa ve světě; zdroj dat: OECD (2019), vlastní zpracování grafu

V České republice došlo ke značnému snížení spotřeby hovězího masa. Ještě v roce 1990 dosahovaly průměrné roční hodnoty až k 30 kg na osobu (Bureš et al. 2018). Dle Ministerstva zemědělství (MZe 2017) začal podíl hovězího masa na trhu výrazně klesat od roku 1995 (18,5 kg/osoba/rok). V roce 2013 dosáhl dosavadního minima (7,5 kg/osoba/rok). V dalších letech byl zaznamenán mírný nárůst, který se průměrně pohyboval okolo 8,2 kg/osoba/rok (ČSÚ 2018). Poslední dostupné informace jsou z roku 2017, kdy průměrná roční spotřeba na obyvatele byla jen 8,4 kg (ČSÚ 2018). Snížení konzumace je pravděpodobně způsobeno vyšší cenou hovězího masa oproti ostatním druhům, změnou stravovacích návyků nynějších spotřebitelů, kteří vyhledávají maso, jež je považováno za „dietní“ a jeho příprava není časově náročná. (MZe 2017; Bureš et al. 2018). Z tohoto důvodu mezi nejčastěji konzumovaná masa patří drůbeží a vepřové (MZe 2017; Bureš et al. 2018). Hodnoty jsou uvedeny v grafu 8. Dle Bureše et al. (2018) se v současné době spotřebitelé více zajímají o nutriční hodnotu, původ a bezpečnost potravin. Ke stabilitě spotřeby nepřispěl ani výskyt onemocnění BSE, slintavka a kulhavka. Dalším důvodem je, že hovězí maso není běžnou součástí jídelníčku, neboť je mnohými médii a nutričními terapeuty považováno za dieteticky nevyvážené s vysokou energetickou hodnotou. Je častěji konzumováno pro své sensorické vlastnosti jako „sváteční pokrm“. To potvrzuje i konzumentský test preferencí uskutečněný v roce 2017 na České zemědělské univerzitě v Praze, Vysoké škole chemicko-technologické

v Praze a ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Uhřetěbově, kde bylo dotazováno přes 400 respondentů starších i mladších věkových kategorií na jejich stravovací návyky, nejčastěji konzumované a nejoblíbenější druhy mas. Bylo zjištěno, že 54 % dotazovaných konzumuje nejčastěji kuřecí maso, následované vepřovým. Nejnižší popularitu má hovězí maso u mladých žen (do 25 let) z měst, nejvyšší naopak u starších mužů venkovského původu. Jen 10 % konzumentů uvádí hovězí maso jako nejčastěji konzumovaný druh, ačkoliv bylo téměř čtvrtinou hodnotitelů klasifikováno za nejvíce oblíbené.



Graf 8 – Spotřeba hovězího masa v České republice;
zdroj: data ČSÚ (2018), vlastní zpracování grafu

3.2 Hovězí maso ve výživě člověka

Hovězí maso je součástí vyvážené stravy po mnoho generací. Bylo prokázáno, že se lidé v průběhu evoluce přizpůsobili konzumaci velkého množství libového (5 - 10 % tuku) masa (Mann 2000). V průběhu posledních let bylo uskutečněno několik studií souvisejících s konzumací červeného a zpracovaného masa a vývojem dvou hlavních onemocnění – kardiovaskulární onemocnění a kolorektální karcinom v západním světě (Cross et al. 2007; Giovannucci et al. 1994; Kelemen et al. 2005; Kontogianni et al. 2008). Jako hlavní faktory ovlivňující vznik těchto onemocnění jsou uváděny: vysoký obsah tuku, složení nasycených mastných kyselin a možný vznik karcinogenů (heterocyklických aminů) v případě tepelné

úpravy za vysokých teplot (Bingham et al. 2002). Ačkoliv některé z proběhlých studií tuto hypotézu potvrzují, existují i jisté pochybnosti o konzistenci výsledků, proto stejně, jako je třeba hodnotit rizika, je důležité povšimnout si i zdravotních přínosů, které konzumace červeného (hovězího) masa přináší (McAfee et al. 2010).

3.2.1 Pozitivní faktory

Dle výživových doporučení některých vyspělých zemí je konzumace libového červeného (především hovězího) masa považována za součást zdravého stravování. Výživová doporučení pro občany USA zdůrazňují důležitou roli masa ve vztahu k doplnění vitamínu D a mikronutrientů sodíku, železa a draslíku, jejichž doporučený denní příjem je v evropské i americké populaci nedostatečný a problematický (Cashman & Hayes 2017).

3.2.1.1 Profil mastných kyselin

Téměř polovina hovězího tuku je tvořena nenasycenými mastnými kyselinami, z monoenových převažuje kyselina olejová, z polyenových esenciální mastné kyseliny linolová a alfa linolenová. Poměr nenasycených k nasyceným je přibližně 0,11. Odborníky doporučený poměr je 0,4 (Scollan et al. 2006). Profil mastných kyselin ovlivňuje řada faktorů, například plemeno, pohlaví, výživa, atd.

3.2.1.2 n- 3 polyenové mastné kyseliny

Libové maso obsahuje esenciální mastné kyseliny – eikosapentaenovou, dokosapentaenovou (DPA) a dokosahexaenovou, u kterých byl prokázán pozitivní vliv na lidské zdraví – zlepšení agregace krevních destiček, vazodilatace (Mann et al. 2006; Siddiqui et al. 2008), na centrální nervový systém, funkci sítnice a zánětlivou odezvu (Ruxton et al. 2004). Koncentrace těchto n-3 polyenových mastných kyselin stanovených v hovězím masu jsou nižší než u ryb, ale mohou hrát větší roli ve výživě člověka, neboť spotřeba ryb je stále nižší než spotřeba červeného masa (Enser et al. 1996; Cosgrove et al. 2004; SACN/COT 2004). DPA se hromadí v těle savců, ale ne u ryb, proto je červené maso jejím hlavním zdrojem (Givens & Gibbs 2006).

3.2.1.3 Konjugovaná kyselina linolová (CLA)

Konjugovaná kyselina linolová vzniká působením mikroflory v bachoru přežvýkavců biodegradací kyseliny linolové. Ukládá se v tuku (přibližně 1 g/100 g) a svalové hmotě (10 - 46 mg/ 100 g syrového masa a 30 – 100 mg/100 g vařeného masa) (Droulez et al. 2002).

U hovězího svalu 0,37 – 1,08 g/100 g (French et al. 2000). Byl prokázán její antikarcinogenní účinek na rakovinu prsu, prostaty, kůže. Zabraňuje obezitě, ovlivňuje metabolismus tuků a podporuje růst svalové hmoty. Pozitivně působí při ateroskleróze (Lock et al. 2004; Lock et al. 2005; Hargrave-Barnes et al. 2008). Dále bylo zjištěno, že má imunomodulační funkci (Tricon et al. 2005). Množství CLA v masu je ovlivněno mnoha faktory. Jedním z nejdůležitějších je výživa. Bylo prokázáno, že vyšší hladiny CLA má maso zvířat krmených trávou (Beam et al. 2000).

3.2.1.4 Bílkoviny

Bílkoviny masa mají vysokou biologickou hodnotu. Mezinárodní doporučení pro výživu potvrzují, že by libové maso mělo být preferováno v jídelníčku jako zdroj bílkovin (Cashman & Hayes 2017). Velikost porce, která je zdraví prospěšná, se mezi státy liší od 50 do 75 g za den (Health Canada 2011; Irish Department of Health 2016; Public Health England 2016) a v případě mezinárodních doporučení není udávána vůbec, avšak existuje kolektivní dohoda, že maso je vhodným zdrojem bílkovin v kombinaci s masem ryb (Cashman & Hayes 2017). Levine et al. (2014) provedli studii, v níž zkoumali zdravotní stav jedinců ve vztahu k příjmu bílkovin. Zjistili, že nízký příjem bílkovin ve středním věku s následným zvýšeným příjmem v pokročilém věku (nad 65 let) může zlepšit celkovou vitalitu, delší životnost a nižší výskyt úmrtí na rakovinná onemocnění pro osoby se věku 50 - 65 let.

Vyšší příjem proteinů v lidské dietě je také pozitivně spojován se snižováním nadváhy a prevence obezity. Vyšší procento energie z bílkovin umožňuje snížit podíl energie přijímané ze sacharidů a tuků, což je následně spojeno se sníženou hodnotou celkového příjmu. Dle Austin et al. (2011) se zvýšení příjmu proteinů z 15 % na 25 % projeví snížením energetického příjmu u obézního jedince o 438 - 620 kcal na den. Dle studií Weigle et al. (2005) zastoupení 30 % bílkovin v jídelníčku (20 % tuku, 50 % sacharidů) umožnilo pokles energie o 441 kcal/ den za 12 týdnů, s čímž souvisel úbytek hmotnosti a snížení množství tuku ze 4,9 kg na 3,7 kg. Hodgson et al. (2006) mimo jiné poukazují na skutečnost, že nahrazení některých sacharidů proteiny může snížit výskyt kardiovaskulárních rizikových faktorů, například krevní tlak či hladinu triglycerolů v krvi (Layman et al. 2008; Nuttall et al. 2008).

3.2.1.5 Karnitin

L-karnitin je přenašeč, který při fyzické zátěži transportuje mastné kyseliny s dlouhým řetězcem přes vnitřní mitochondriální membránu, aby byly využity jako zdroj energie. Jeho doporučený příjem je 24 - 81 mg/den (Tanpaichitr et al. 1993). Nachází se především v kosterním svalstvu. V hovězím (60 mg/100 g) a skopovém (209 mg/100 g) mase byly zjištěny vyšší hladiny než u dalších druhů červených mas (Mitchell 1978; Shimada et al. 2004).

3.2.1.6 Zinek

Zinek, který se nachází v červeném mase, je biologicky dostupnější oproti jiným zdrojům a velmi dobře se vstřebává (Binnie et al. 2014). To je způsobeno jeho schopností napojit se na bílkoviny zvířecí tkáně a absencí faktorů (například kyselina fytová), jež by jeho zabudování bránily (Zheng & Niculescu 2006). Ve 100 gramech masa je 26 % doporučené denní dávky zinku (USDA 2011). Tento mikroprvek je nezbytný pro správnou funkci imunitního systému, dobré hojení ran a normální růst a vývoj dětí. Hraje důležitou roli v enzymatických systémech, buněčném dělení a genové expresi.

Jeho deficiencie zvyšuje riziko infekce, oxidačního stresu a genetických mutací (Prasad 2009). Je spojována i s depresemi a náladovostí u žen (Gibson et al. 2014). V mateřství je nízký příjem v období těhotenství a laktace spojován s mentálními i motorickými poruchami u novorozenců (Mann 2018). Podle British nutrition foundation (2002) bylo hovězí a jehněčí maso klasifikováno jako bohatý zdroj zinku (4,1 a 3,3 mg/100 g tkáně). Vzhledem k doporučeným denním dávkám bylo konstatováno, že i nízký příjem červeného masa dokáže zabezpečit dostatečné množství pro muže i ženy (Cosgrove et al. 2005).

3.2.1.7 Železo

Železo je klíčový faktor pro lidské zdraví, jeho nedostatek vede k narušení biologických funkcí. Hlavní prostředek k udržení jeho rovnováhy v organismu je strava (Hurrell & Egli 2010). Červené maso obsahuje tzv. hemové železo, které pochází z hemoglobinu a myoglobinu. Je vysoce bio dostupné a snadno se vstřebává v enterocytech (Hallberg & Hulthén 2000; Simpson & McKie 2009). Hovězí maso má obsah železa nejvyšší ze všech mas, nejnižší má potom maso drůbeží (Pereira 2013).

Deficit železa je vážným výživovým nedostatkem, způsobuje anémii, která postihuje především rizikové skupiny – malé děti a mladé ženy (Gibson & Ashwell 2002). Železo hraje velkou roli v mnoha buněčných procesech v těle. Je součástí hemu a podílí se na transportu kyslíku v krvi. Hemové železo masa je snadno vstřebatelné a více biologicky dostupné než z rostlinných zdrojů, proto se jeho hladina v těle udržuje snáze masným konzumentům než veganům a vegetariánům (Cosgrove et al. 2005; Gibson & Ashwell 2002). Červené maso je považováno za cennější zdroj železa nežli maso drůbeží či rybí (Johnston et al. 2007). Gibson & Ashwell (2002) upozorňují, že poklesne-li spotřeba masa na méně než 71 g/den, mohlo by dojít k vážnému deficitu. Oproti tomu bylo dokázáno, že i nízký příjem červeného masa < 41 g/den je dostačující pro pokrytí doporučené denní dávky železa (Cosgrove et al. 2005).

Kromě železa a zinku je červené maso dobrým zdrojem selenu, jehož obsah postihuje až 20 % doporučené denní dávky (DDD). Libové maso má též nízký obsah sodíku a výhodný poměr draslík/sodík, který je nižší než 5 (Williams 2007).

3.2.1.8 Vitaminy skupiny B

Červené maso je bohatým zdrojem vitaminů skupiny B. Vitamin B12 pochází (s výjimkou několika druhů řas) pouze z živočišných zdrojů (Watanabe 2007). Maso bylo uznáno za jeden z nejdůležitějších zdrojů, protože pokrývá až 2/3 denní potřeby v jedné 100 g porci (Cosgrove et al. 2005). Přírodní formu - hydroxykobalamin produkují střevní bakterie živočichů, kde je metabolickými procesy přeměněn na kyanokobalamin, jež je absorbován ze střev přežvýkavců a ukládá se v tkáních a orgánech (Gille & Schmid 2015). V lidském těle jsou aktivní formy vitaminu B 12 vedeny mnoha metabolickými drahami. Hraje velkou roli v syntéze mastných kyselin v nervových buňkách. Dostatečné množství pomáhá při udržení normální neurologické aktivity a funkce krve (Mann 2018). Jeho deficit může vést k únavě, depresi, problémům s pamětí a psychickým poruchám (Sethi et al. 2005) a psychóze (Masalha et al. 2001).

Zvýšený příjem vitaminů B12, B9 a B6 snižuje hladinu homocysteinu a tím i riziko kardiovaskulárního onemocnění (Scott 1999; Wagemakers et al. 2009). To potvrdila i studie Mann et al. (1999), v níž byly srovnávány hladiny homocysteinu, které byly u konzumentů červeného masa mnohem nižší než u vegetariánů. Cosgrove et al. (2005) a Prynne et al. (2009) navíc prokázali, že pravidelná konzumace nízkého množství červeného masa (mezi 40 a 72 g/den) snižuje riziko deficitu vitaminu B12, které bylo u osob, jež konzumovaly méně nebo žádné

červené maso, značně vyšší. Léčba vitaminem B12 ukázala pozitivní vliv na funkci frontálního laloku a jazyka u pacientů s poruchami kognitivních funkcí (Eastley et al. 2000). V neposlední řadě je dostatečný příjem vitamínu B12 klíčový pro vývoj plodu a vývoj a funkci mozku v raném věku (Bhate et al. 2008).

Nedostatek tohoto vitamínu je spojován s anémií, vysokými hladinami krevního homocysteinu a možnými neurologickými poruchami (Green & Miller 2005; Agarwal 2011). Podle Cosgrove et al. (2007) spotřebitelé o průměrné spotřebě masa 41-72 g/den u mužů 24,2 – 45,5 g/den u žen přijímají 14,5 - 28 mg železa a 5,3 až 6 µg vitamínu B12, což odpovídá doporučené denní dávce.

Společně s vitaminem B12 je spjata i kyselina listová jako důležitý nosič methyly, jež je nutný pro methylaci DNA, prevenci rakoviny (Anderson et al. 2012) a zdravý vývoj plodu (Zeisel 2009).

3.2.2 Negativní faktory

3.2.2.1 Kardiovaskulární onemocnění (KVO), nasycené mastné kyseliny, *trans* mastné kyseliny

Globální strategie pro výživu, fyzickou aktivitu a zdraví, která byla vydána WHO v roce 2004, poukazuje na zvýšené riziko onemocnění hypertenzí, zvýšenou hladinou cholesterolu v krvi, nadváhou či obezitou a úmrtností na civilizační nemoci v důsledku nedostatku fyzické aktivity, sníženého příjmu ovoce a zeleniny, zvýšené konzumace vysokotučných a vysoce energetických potravin a potravin s nadměrným obsahem cukru a soli. Současná výživová doporučení kladou důraz i na snížení příjmu nasycených mastných kyselin. Pro laickou veřejnost zdroj všech výše zmíněných „negativních“ látek představuje červené a především hovězí maso (McNeill & van Elswyk 2012), které tak s příchodem trendu „zdravého životního stylu“ přišlo o část své popularity mezi konzumenty.

Správné stravování je jedním z klíčových faktorů, jak snížit riziko vzniku KVO (Williamson et al. 2005). Pozitivní korelaci mezi konzumací červeného masa a zvýšeným výskytem KVO popisují studie Fraser (1999), Kelemen et al. (2005), Kontogianni et al. (2008). Úskalím těchto studií jsou nekonzistentní výsledky (střídání kohortních a případových studií s průřezovými, atd.), které nelze vzájemně porovnávat. Například Hu et al. (1999a) popsal významný vztah mezi množstvím červeného masa a vznikem KVO v návaznosti na věk, avšak jednotlivé subjekty povětšinou vykazovaly i další předpoklady (zvýšené BMI, nadměrná konzumace alkoholu, kouření, snížená pohybová aktivita). Fraser (1999) popsal pozitivní

souvislost mezi konzumací hovězího masa (více než 3 porce za týden) a mortality na KVO. Tato studie ale byla zaměřena pouze na muže a zahrnovala i některé masné výrobky. Kontogianni et al. (2008) prokázali spojení zvýšeného příjmu červeného masa (více než 8 porcí měsíčně se zvýšeným rizikem akutního koronárního syndromu, avšak snížený příjem (méně než 4 porce měsíčně) neprokázal snížené riziko. Bernstein et al. (2010) analyzovali riziko při zvýšené konzumaci masa a masných výrobků s vysokým obsahem soli a dusičnanů u žen, kde došli sice k pozitivním souvislostem, oproti tomu Wagemakers et al. (2007) nenašli žádnou shodu ve výskytu u dospělých jedinců. Důležité je si uvědomit, že vysoké množství sodíku se vyskytuje ve zpracovaných masných výrobcích, které tím pádem představují vyšší riziko než maso nezpracované (Micha et al. 2010).

Problémem výše zmíněných studií je hodnocení vlivu nejen libového masa, které je v dietách doporučováno, ale masa tučného, či v kombinaci s masnými výrobky, jejichž zvýšenou spotřebu je vhodné dle výživových odborníků omezit (Neil 2018).

Jedním z nejčastěji zmiňovaných argumentů pro redukci konzumace červeného masa je vysoký obsah tuku a složení nasycených mastných kyselin (NMK). Přežvýkavci produkují nasycené mastné kyseliny v důsledku hydrogenace lipidů v bachoru. Ačkoliv jsou kyseliny laurová, myristová a palmitová považovány za „nezdravé“ kvůli zvyšování cholesterolu v krvi (Hu et al. 1999), NMK s kratším řetězcem a kyselina stearová (C 18:0) jsou považovány za neutrální (Kelly et al. 1999; EFSA 2010). Maso přežvýkavců obsahuje z monoenoových mastných kyselin (MUFA) nejvíce kyseliny olejové (C:18:1 *cis*), u níž byl prokázán neutrální či mírně pozitivní vliv (hypolipidemický) na cholesterol a triglyceridy v krvi (EFSA 2011). Dle studie Siri-Tarina et al. (2010) nejsou nasycené tuky spojeny se zvýšeným rizikem kardiovaskulárních onemocnění. Mnohem vyšší vliv na zdraví člověka, než dietní nasycený tuk, mají při zpracování vzniklé *trans* mastné kyseliny, častá konzumace potravin s vysokým glykemickým indexem a nadměrným obsahem soli (Danaei et al. 2009). I další studie podporují zahrnutí libového masa do racionálního jídelníčku (do stravy s nízkým obsahem nasycených tuků < 10 %) (Li et al. 2005).

Někteří autoři uvádějí, že červené maso obsahuje kromě tuku také vysoké množství škodlivého cholesterolu, jež může způsobit blokáci cév a poškození srdce (De Souza et al. 2015). Nicméně většina zasvěcené odborné veřejnosti se přiklání k názoru, že cholesterol v rozumné míře (do 300 mg/den) není rizikem (Eckel et Jakicic 2014).

Další podstatnou skutečností je, že se výživová hodnota masa za posledních 25 let značně změnila v pozitivním slova smyslu (Mann 2005). Obsahuje méně tuku a nasycených mastných kyselin (Li et al. 2005; Williams 2007). Příčinou je pravděpodobně změna způsobu živočišné

výroby, jatečné techniky a dietních návyků konzumentů (Williamson et al. 2005). Podle některých studií tuk hovězího masa dokonce obsahuje stejné nebo nižší množství nasycených mastných kyselin jako některé druhy bílého masa (Chan et al. 1996). Jiní autoři neshledali žádné benefity v obsahu krevních lipoproteinů v přednostní konzumaci drůbeže a ryb před libovým červeným masem (Beauchesne-Rondeau et al. 2003; Watts et al. 1988; Wolmarans et al. 1999).

Trans mastné kyseliny jsou považovány za jeden z nejdůležitějších faktorů zvyšujících hladinu cholesterolu v krvi, a proto je všeobecně doporučováno jejich podíl ve stravě co nejvíce snižovat. Je však třeba si uvědomit rozdíl mezi kyselinami vznikajícími při průmyslovém zpracování a přirozeně se vyskytujícími v mase přežvýkavců a mléce (Palmquist et al. 2005). Nejčastějším zástupcem, který vzniká při průmyslovém zpracování je kyselina elaidová (C 18:1 *trans* -9), která může negativně ovlivňovat metabolismus cholesterolu v lidském organismu (Sundram et al. 1997), oproti tomu ale kyselina vakcenová (TVA, C 18:1 *trans* -11), jež se přirozeně vyskytuje v mase přežvýkavců, nemá na celkový nebo LDL cholesterol žádný vliv (Chardigny et al. 2008). Kromě toho je TVA meziproduktem při tvorbě konjugované kyseliny linolové, u níž byly prokázány pozitivní účinky na člověka (Palmquist et al. 2005).

Závěrem lze říci, že doposud nebylo jednoznačně prokázáno, že by konzumace libového červeného masa měla vliv na zvýšení cholesterolu v krvi či na vznik a rozvoj KVO (McAfee et al. 2010).

3.2.2.2 Rakovina

Kolorektální karcinom

Většina případů rakoviny tlustého střeva je způsobena nevhodnou výživou a životním stylem (Willet 1995). Několik epidemiologických studií prokazuje vztah mezi konzumací masa a zvýšeným výskytem rakoviny tlustého střeva (Cross et al. 2007; Giovannucci et al. 1994; Wei et al. 2004). Dle Williamson (2005) je nereálné, aby červené maso bylo nezávislým rizikovým faktorem pro vznik rakoviny tlustého střeva, neboť se jedná o multifaktoriální nemoc, která je ovlivněna značnou řadou dalších aspektů. Navíc je velmi nepravděpodobné, že by snížení konzumace červeného masa vymýtilo možnost vzniku karcinogenních onemocnění, pokud nebudou upraveny i další dietní návyky a způsob života (McAfee et al. 2010).

Ačkoliv Světová organizace pro výzkum rakoviny (WCRF) označuje červené maso za „pravděpodobný karcinogen“ (WCRF 2007), existují i studie, které toto tvrzení popírají. Například Truswell (2009) poukazuje na několik nedostatků uskutečněné metanalýzy, včetně označení červeného masa za příčinu kolorektálního karcinomu. S označením červeného masa

jako původce rakovinnotvorných onemocnění zavládla po uveřejnění panika, což bylo vědci zabývajícími se rakovinou kritizováno a bylo doporučeno, aby v budoucnu nebyly jednotlivé potraviny označeny za jednoznačné viníky (Boyle et al. 2008).

Neil (2018) poukazuje na uskutečněné studie na zvířatech, které prokázaly, že některé látky vyskytující se v červeném masu, mohou zvýšit riziko rakoviny u lidí. Z těchto látek v průběhu tepelné úpravy o vysokých teplotách (jako je smažení, pečení a grilování) mohou vzniknout rakovinnotvorné heterocyklické aminy (Tasevska et al. 2009; Knize et al. 2005). Zda se v dávkách, které člověk denně běžně konzumuje, nachází dostatečné zdraví škodlivé množství, nebylo zatím popsáno. Butler et al. (2003) provedli jednu z mála studií, v nichž vzali v potaz způsob tepelné úpravy a potvrdili, že výše zmíněné tepelné úpravy byly rizikovější pro vznik kolorektálního karcinomu. Oproti tomu Shin et al. (2007), Wu et al. (2006) dospěli k opačnému závěru.

Srovnání jednotlivých studií je velmi obtížné, vzhledem k různým diferencím (velikost vzorku, metodě hodnocení výživy, hodnocení vzniku adenomu či incidence rakoviny) (Robertson et al. 2005). Rakovina též nemá reverzibilní biomarkery, tedy není možné provést intervenční testy. Navíc se zde vyskytuje stejný problém jako u kardiovaskulárních onemocnění, a to, že někteří autoři nerozlišují libové maso od masných výrobků (Flood et al. 2004; Goldbohm et al. 1994). Zpracované maso je totiž mnohem rizikovější ve vztahu k možnému vzniku karcinomu (Norat et al. 2005). Dalším problémem je, že sbírání dat pro studie tohoto typu trvá i několik desítek let, v jejichž průběhu může dojít ke změně stravovacích návyků (Giovannucci et al. 1994; Larsson et al. 2005).

I přes výše uvedené nebylo doposud prokázáno, že červené maso nemá na vznik rakoviny absolutně žádný vliv, a proto platí výživové doporučení WCRF – konzumace méně než 500 g červeného masa týdně (WCRF 2007).

Ostatní rakoviny

Dle WCRF (2007) nejsou důkazy o vztahu konzumace červeného masa a vzniku rakoviny prostaty, jícnu, plic či prsu signifikantní. Taylor et al. (2007) uskutečnili ve Velké Británii studii, v níž prokázali vliv příjmu červeného masa na vznik rakoviny prsu u postmenopauzálních žen, v níž došli k pozitivní korelaci. Toto tvrzení však vyvrátili Kabat et al. (2009), když vzali v potaz způsob tepelné úpravy.

WCRF (2007) oznámila, že k prohlášení červeného masa za původce jiných druhů rakoviny je nutné dodat další studie potvrzující tuto hypotézu. V roce 2015 došlo k aktualizaci údajů, kdy bylo červené maso zařazeno do skupiny 2A – pravděpodobný karcinogen. Informace

o karcinogenitě jsou založeny na omezených epidemiologických studiích, což znamená, že v nich byla zjištěna pozitivní souvislost mezi konzumací červeného masa a vznikem rakoviny, ale nejsou vyloučeny další faktory jako chybovost studií či zkreslení výsledků (WHO 2015).

3.3 Faktory ovlivňující organoleptické vlastnosti masa

Hovězí maso dodávané na trh musí v současné době splňovat velké množství požadavků, aby uspokojilo potřeby od prodejců až ke koncovým zákazníkům. Tyto velmi přísné podmínky se odvíjí od celé řady faktorů jako je například věk spotřebitelů, stát či jejich zeměpisná poloha, náboženství, stravovací návyky, současné výživové trendy, stále se zvyšující poptávka po „zdravých potravinách“, produktech ekologického zemědělství a v neposlední řadě i od ceny. V ideálním případě by maso mělo mít vhodné nutriční složení, ideální zastoupení mastných kyselin, dostatečné množství bílkovin, nižší množství tuku (anebo naopak velké množství intramuskulárního tuku, takzvané mramorování), křehkou a šťavnatou chuť a přiměřenou cenu. Zatímco některé požadavky jsou těžce měnitelné, některé lze určitým způsobem pozměnit. Organoleptické vlastnosti ovlivňuje řada faktorů před porážkou (*ante mortem*) i po porážce (*post mortem*). Nejvýznamnější z nich jsou popsány dále.

3.3.1 *Ante mortem*

3.3.1.1 Užitkový typ a plemenná příslušnost

Na základě mnohaletého šlechtění a chovu byly vyvinuty tři užitkové typy – kombinovaný, mléčný a masný. Kombinovaný typ sloužil v dřívějších dobách ke třem základním úkonům – produkce mléka, využití v tahu a produkce masa a byl hojně zastoupen plemenem české strakaté, které bylo následně zušlechtováno plemeny red holštýn, ayrshire (nyní fleckvieh či montbeliarde) pro zvýšení produkce mléka, zároveň si ale zachovalo dobrou kvalitu masa a osvalení. Mléčný užitkový typ je reprezentován hlavně plemenem holštýnským, které se vyznačuje extrémní mléčnou produkcí. Kromě holštýnského plemene se u nás setkáme v menší míře ještě s plemenem jersey. Masný užitkový typ má v České republice nejkratší tradici. U masných plemen je kladen zvláštní důraz na vysokou úroveň výkrmnosti, osvalení, intenzitu růstu, dobrou schopnost reprodukce a výtečné kvalitativní vlastnosti masa. Zde můžeme rozdělit masná plemena na dvě různé skupiny – ta, která byla vyšlechtěna v kontinentální Evropě (Francie, Belgie, Itálie) a ta, která pocházejí z Velké Británie. Zatímco

britská plemena (hereford, aberdeen angus) mají menší tělesný rámec, ale vyšší zastoupení intramuskulárního tuku (mramorování) a tím i typickou a velmi vítanou křehkost a šťavnatost, plemena pocházející z kontinentální Evropy se vyznačují vysokou intenzitou růstu, vyšší porážkovou hmotností, extrémním osvalením a nízkým obsahem tuku. Známymi zástupci jsou plemena belgické modrobílé či piemontese, u nichž se vyskytuje genová mutace, jež způsobuje svalovou atrofii a tzv. dvojí osvalení. V České republice je nejrozšířenějším plemenem charolais. (Bureš & Bartoň 2009)

Z výše uvedeného je patrné, že jak užitkový typ, tak plemenná příslušnost, budou vykazovat značné rozdíly při vzájemném porovnání. Bureš & Bartoň (2009) srovnávali senzoričnou jakost hovězího masa u mladých býků. Byly provedeny tři samostatné experimenty, které zahrnovaly porovnání kříženců s původními čistokrevnými plemeny - charolais, gasconne, české strakaté a kříženci charolais × české strakaté (1. experiment); trojplemenní kříženci po otcích piemontese (2. experiment) a hodnocení čistokrevných masných plemen mezi sebou - aberdeen angus, charolais, hereford a masný simentál. Výsledkem těchto experimentů bylo zjištění, že senzoričnou kvalita masa plemene české strakaté či jeho kříženců s plemenem charolais nedosahuje parametrů čistokrevného plemene charolais ani gasconne. U trojplemenných kříženců byla pozitivně ovlivněna textura masa. V rámci čistokrevných plemen dosáhlo nejvyššího hodnocení maso plemene aberdeen angus (díky vyššímu obsahu intramuskulárního tuku), nejnižšího masný simentál.

Chambaz et al. (2003) popsali senzoričnou vlastnosti u zvířat vykrmovaných do identického obsahu intramuskulárního tuku u plemen aberdeen angus (AA), masný simentál (MS), charolais (CH) a limousine (LI). Dospěli k závěru, že u plemena AA dochází k nejrychlejšímu ukládání intramuskulárního tuku, což zapříčinilo jeho křehkost, avšak senzoričným panelem bylo klasifikováno jako nejméně šťavnaté. Druhé nejkřehčí maso pocházelo z plemene limousine. Požadovaného obsahu intramuskulárního tuku dosáhla nejpomaleji plemena CH a L, avšak měla vyšší porážkové hmotnosti. Plemeno Limousine vykazovalo nejvyšší šťavnatost, nejvyšší ztráty odkapem a zároveň nejnižší ztráty tepelnou úpravou.

Cuvelier et al. (2006) porovnávali chemické složení masa u mladých plemenných býků plemen belgické modrobílé, limousine a aberdeen angus. Belgické modrobílé plemeno mělo nejnižší obsah tuku, tedy i nižší obsah nasycených a monoenoých mastných kyselin, oproti tomu aberdeen angus mělo nejvyšší obsah monoenoých mastných kyselin. Obsah polyenoých mastných kyselin byl nejvyšší u plemene aberdeen angus, nejnižší u plemene belgické modrobílé. Zvýšení množství intramuskulárního tuku zvýšilo obsah monoenoých

a nasycených mastných kyselin, obsah polyenových masných kyselin se měnil méně. Poměr zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin byl nejvyšší u belgického modrobílého a nejnižší u aberdeen angus. Vlastnosti jatečně upravených těl (JUT) vykazovaly velké rozdíly. JUT plemene belgické modrobílé mělo největší podíl svalové hmoty a nejvyšší jatečnou výtěžnost 65,2 %, limousine 60,7 % a aberdeen angus 55 %. Dále bylo zjištěno, že belgické modrobílé má nejstabilnější barvu, ale nejvyšší ztráty odkapem ale paradoxně nejnižší po tepelné úpravě. Plemeno limousine nevykazovalo žádné nadprůměrné či podprůměrné hodnoty.

Další studie (Christensen et al. 2011) zahrnovala 15 evropských plemen, u nichž byl sledován obsah tuku, textura syrového a vařeného masa a vlastnosti kolagenu. Bylo potvrzeno, že statisticky signifikantní rozdíly se nacházejí mezi všemi plemeny. Značné rozdíly byly v obsahu intramuskulárního tuku, kde byly potvrzeny výsledky výše popsané studie, a to, že plemeno AA mělo nejvyšší obsah intramuskulárního tuku následované holštýnským skotem a dánským červeným. Jednotlivá plemena se lišila i v pH24 (pH měřené 24 hod *post mortem*), délkách svalových vláken, celkovém obsahu kolagenu a zastoupení nerozpustného a rozpustného kolagenu.

Studie z roku 2018 (Bureš & Bartoň 2018) srovnávala čtyři plemena býků (celkem 40 jedinců) plemen aberdeen angus (AA), gasconne (GS), holštýn (HO) a české strakaté - fleckvieh (FL), která byla ustájena a krmena za stejných podmínek a poražena ve věku 17 měsíců. Byly sledovány parametry: průměrný denní přírůstek, využitelnost krmiv, vlastnosti jatečně upravených těl (JUT) a senzorické vlastnosti za užití panelu trénovaných hodnotitelů. Nejnižší využitelnost krmiva byla prokázána u plemene holštýn. Nejlepší jatečnou výtěžnost mělo maso plemene GS. Nejnižší síla stříhu u grilovaných vzorků, která objektivně hodnotí křehkost masa, byla opětovně potvrzena u AA a HO, zatímco u GS a FL byly hodnoty průměrné. Nejvyšší obsah sušiny a intramuskulárního tuku byly dle očekávání naměřeny u plemen AA a HO. Nejvyšší senzorické hodnocení získalo maso AA, druhé nejvyšší hodnocení plemeno GS, které bylo považováno za velmi křehké. Tato studie potvrzuje, že v případě stejné doby a podmínek výkrmu je plemeno důležitým ovlivňujícím faktorem.

3.3.1.2 Pohlaví a věk

Mnohými studii bylo prokázáno, že pohlaví ovlivňuje celou řadu vlastností masa. Býci mají na rozdíl od jalovic vyšší intenzitu růstu o více než 25 %. To je způsobeno vyšší tělesnou hmotností a schopností vysokého využití krmiv. U jalovic je zase dříve ukládán tuk, který je v pozitivní korelaci s věkem. Tučnější maso jalovic je křehčí, a proto bývá v některých

zemích upřednostňováno před mladými býky. Neméně důležitá je případná kastrace býků. Maso volů má vysoký stupeň mramorování a v některých zemích tak vyšší tržní hodnotu. (Bureš & Bartoň 2009)

To dokládá i studie z roku 1997 (Mandell et al. 1997), v níž byly popsány rozdíly ve vlastnostech jatečných těl a chemickém složení masa u dvou plemen hereford a masný simentál mezi býky a voly. Maso simentálských býků mělo nižší intenzitu chuti a bylo tužší. Volové simentálského plemene měli maso značně křehčí. Býci plemene hereford měli téměř dvojnásobně nižší obsah tuku a vyšší ztráty po tepelné úpravě. Ve studii Picard et al. (2019) zase byly popsány rozdíly v zastoupení bílkovin, které se značně lišilo mezi voly a kravami téhož plemene.

Fiems et al. (2003) porovnávali rozdíly jatečně upravených těl (JUT) mezi býky a jalovicemi belgického modrobílého plemene s dvojitým osvalením. Býci i jalovice měli podobnou porážkovou hmotnost, ale hmotnost JUT byla u býků vyšší než u jalovic, stejně tak měly samice nižší klasifikační skóre v systému SEUROP. Na druhou stranu, maso jalovic mělo značně vyšší procento tuku. Pohlaví se nelišila v obsahu bílkovin, ale lišila se barvou masa, maso jalovic bylo světlejší a červenější. Vaznost masa byla lepší u masa jalovic, stejně tak ztráty odkapem a po tepelné úpravě byly nižší.

Senzorická analýza mladých býků a krav v různých věkových kategoriích (Dransfield et al. 2003) prokázala, že nejlepší texturu, charakterizovanou jemnými svalovými vlákny, mělo maso 8 - letých krav ve srovnání s býky a krávami ostatních věkových skupin. Stejně tak nejvyšší obsah intramuskulárního tuku, pomalejší glykolýzu po porážce a větší podíl tonických vláken ve svalech. Nejvyšší šťavnost a nejlepší chuť byla obecně hodnocena u jedinců s nejvyšším věkem při porážce.

Při analýze masa z volů a jalovic po tepelné úpravě bylo zjištěno, že maso jalovic obsahuje vyšší množství intramuskulárního tuku než volové a zároveň bylo jejich maso senzorickým panelem lépe přijato (Choat et al. 2006).

Čínská studie z roku 2011 zkoumala vliv stáří čínského plemene skotu na jeho kvalitativní vlastnosti. Zvířata byla porážena ve věku 3, 9, 12 a 15 měsíců. Lin-giang et al. (2011) dospěli k závěru, že s přibývajícím věkem došlo k nárůstu síly stříhu (což značí vyšší tuhost masa), zvýšení obsahu bílkovin, hydroxyprolinu a zvýšení intenzity červené barvy masa (a*). Naopak se snížily ztráty odkapem i ztráty po tepelné úpravě a došlo ke ztmavnutí masa (nižší hodnota L*). Žádné rozdíly překvapivě nebyly pozorovány v obsahu intramuskulárního tuku, profilu aminokyselin či obsahu minerálních látek, což je v rozporu s výše uvedenými studiemi a může to být způsobeno plemennou příslušností.

Pogorzelska-Przybyłek et al. (2018) ve své studii prokázali vliv věku a pohlaví na kvalitu masa. Bylo zjištěno, že býci mohou být poráženi v pozdějším věku než volí, jelikož s vyšším věkem se zlepšily i vlastnosti jatečného těla po porážce. Maso volů obsahovalo 2 x více intramuskulárního tuku při porážce v 15. měsíci i při porážce v 18. měsíci. Jejich maso bylo křehčí a šťavnatější než maso býků a jeho sensorické vlastnosti se s věkem zlepšovaly. Poměr n-6 ku n-3 polyenových mastných kyselin byl nutričně výhodnější v mase volů, zatímco maso býků mělo vyšší koncentrace konjugované kyseliny linolové a vyšší obsah n-3 polyenových mastných kyselin.

3.3.1.3 Výživa

Výživa je jedním z hlavních faktorů, jimiž lze vlastnosti jatečného těla před porážkou ovlivnit. Pro dosažení dostatečných ekonomických parametrů zvířete je nutné, aby byla krmná dávka dostatečně vyvážená. Pro efektivní výkrm zvířat je nutné brát v potaz fázi růstové křivky a přirozené biologické aspekty. Každá tkáň v těle se vyvíjí v jiném časovém rozmezí a má odlišnou délku trvání. Pro tvorbu tukové tkáně je nejvyšší potřeba energie, proto by měl být výkrm – má-li být ekonomicky rentabilní - ukončen ve fázi (tedy hmotnosti a věku), když začíná masivní ukládání tuku. Intenzivní výkrm může začít buď v útlém věku (což je zvyklostí například v České republice), anebo může být zahájen později, aby se zamezilo předčasnému ukládání tuku. Tento systém je převážně praktikován v zahraničí a jeho efektivita již byla několikrát prokázána. (Bureš & Bartoň 2009)

Koncentrace přijatých živin – energetická hodnota, zastoupení dusíkatých látek, minerálních látek, množství lipidů atd. mají značný vliv na chemické složení, fyzikální i sensorické vlastnosti masa. Krmivo je však velmi nákladnou položkou a dle některých autorů je to až 50 % nákladů na chov, proto je snahou mnoha vědeckých výzkumů najít krmný systém, který by dokázal uspokojit energetickou potřebu zvířete, dosáhnout požadovaného denního přírůstku, pozitivně ovlivnit organoleptické vlastnosti masa a nebyl příliš finančně náročný. Jsou hledány alternativy klasického intenzivního chovu. Užívána jsou konzervovaná krmiva s přídavkem jaderné směsi, pastevní porost nebo kombinace obojího. (Bureš & Bartoň 2009) Objevují se důkazy, které uvádějí, že výkrm částečně či celkově uskutečněný na pastvě může pozitivně ovlivnit chemické složení, organoleptické i fyzikální vlastnosti masa.

Například studie býků (Feitas et al. 2014), z nichž byly vytvořeny dvě skupiny: jedna byla krmena tradičním způsobem, druhá pouze pastevním porostem, prokázala, že pastevní skupina měla vyšší koncentraci mastných kyselin C18:2, C20:3, celkově vyšší obsah n-3

mastných kyselin, lepší poměr n-6/n-3 v intramuskulárním tuku, vyšší obsah Mg a nižší obsah K ve svalech.

Finská studie z roku 2010 (Huuskonsen et al. 2010) použila pro hodnocení vlivu pastevního výkrmu (skupina PAS) a travnaté siláže (skupina UB) plemeno Hereford. Bylo prokázáno, že obě skupiny měly stejný profil mastných kyselin. Dominantní nasycenou mastnou kyselinou byla kyselina palmitová, nejvyšší koncentrace z polyenových mastných kyselin kyselina alfa linolenová ($594 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u skupiny PAS; $493 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u UB). Skupina PAS obsahovala vyšší obsah monoenových mastných kyselin. Skupina PAS vykazovala nižší hodnoty světlosti (- 5 %), červenosti (- 5 %) a žlutosti (- 8 %). Skupina UB obsahovala vyšší koncentraci 14:1 a 16:0 mastných kyselin. Na druhou stranu, skupina PAS obsahovala vyšší množství 18:2 a více konjugované kyseliny linolové.

Tansawat et al. (2013) porovnávali chemické složení a senzorycké vlastnosti u dvou skupin býků krměných pastevním porostem (PF) oproti jadernému krmivu (GF). Bylo prokázáno, že skupina pastva obsahovala vyšší koncentraci omega 3 mastných kyselin, ačkoliv měla nižší obsah tuku, zároveň měla vyšší antioxidační kapacitu. V senzoryckém hodnocení vzorků pastva se objevovala chuť trávy a byly detekovány jiné pachutě, které byly v pozitivní korelaci s některými aromatickými těkavými uhlovodíky jako například benzaldehyd, toluen, dimethylsulfon atd. Skupina GF byla spojována s deskriptorem šťavnatosti a umami chutí.

Avilés et al. (2015) sledovali vliv dvou krmných systémů na kvalitu masa dvou plemen – limousine a retinta. Prvním systémem bylo krmivo z koncentrátu a pšeničné slámy (T), druhým koncentrát, kukuřičná siláž a pšeničná sláma (TMR). Kukuřičná siláž se jevila jako vhodná alternativa, neboť snižuje náklady na krmivo, ale má tutěž energetickou hodnotu. Denní přírůstek se u obou diet nelišil. Býci krměni T měli vyšší intenzitu světlosti L^* a červenější maso a^* , zatímco býci skupiny TMR měli vyšší jatečnou výtěžnost a tužší maso. Barva svalů po 24 hodinách byla červenější u skupiny T oproti TMR. Další senzorycké vlastnosti byly pravděpodobně ovlivněny hlavně plemenem. Jatečná těla T si zachovala vyšší hodnotu pH₂₄ *post mortem*, u TMR býků byl pozorován rychlejší pokles pH *post mortem*. Obsah intramuskulárního tuku nebyl statisticky signifikantní, obsah podkožního tuku byl vyšší u plemene limousine krměného TMR.

Gebrehawerya et al. (2017) vytvořili tři skupiny býků. První, která byla až do porážky krmena výhradně koncentrátem (C), druhá, jež byla krmena po 120 dnů travnatou siláží a následně koncentrátem až do porážky (GSC), třetí krmena travnatou siláží 120 dnů a následně 100 dní pastevním porostem, poté do porážky koncentrátem (GSPC). Celkový obsah intramuskulárního tuku byl nejnižší pro skupinu GSPC. Poměr polyenových mastných kyselin

ku nasyceným mastným kyselinám byl vyšší, koncentrace monoenoových mastných kyselin a poměr n-6 ku n-3 nižší pro GSPC oproti C. V sensorické analýze nebyly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami.

V současné době hledání alternativních zdrojů bílkovinných krmiv se do popředí zájmu dostávají luskoviny. Fruet et al. (2018)^a zkoumali rozdíly mezi dietou na pastevním porostu s luskovinami a obilovinami (PAST), oproti dietě na pastně s luskovinami s přidáním pšeničného zrna (SUPP) a dietou s užitím výhradně pšeničného zrna (GRAIN) u masa volů. Prokázali, že maso volů krmených skupiny GRAIN (tedy krmené výhradně pšeničným zrnem), mělo vyšší koncentraci lipidů a vyšší obsah sušiny, zároveň mělo nižší obsah C 18:0 a vyšší obsah C18:1 trans a monoenoových mastných kyselin oproti skupině PAST. Skupiny PAST a SUPP měly nižší poměr n-6/n-3 a vyšší množství konjugované kyseliny linolové a celkové množství n-3 polyenoových mastných kyselin (PUFA). Obsah bílkovin, nasycených mastných kyselin (SFA) a poměr PUFA/SFA nebyl dietami ovlivněn. Stejně tak nebyl pozorován rozdíl u ztrát po tepelné úpravě a u síly stříhu měřenou pomocí Warner-Bratzler shear force. Jednotlivé diety neovlivnily křehkost, šťavnatost, barvu ani intenzitu vůně hovězího masa. U volů ze skupiny GRAIN byla vyšší intenzita cizí chuti oproti skupině PAST.

Oxidační stabilita masa byla zkoumána Fruet et al. (2018)^b u tří skupin výživy. První, která byla krmena 91 dní výhradně celozrnnou dietou na bázi obilí (GRAIN), druhá pasoucí se na pastvinách s luskovinami a doplňkem kukuřičného zrna (SUPP) a třetí pasoucí se pouze na pastvinách po celou dobu výkrmu (PAST). Maso skupiny GRAIN bylo méně červené, mělo vyšší oxidaci lipidů a vyšší tvorbu metmyoglobinů v časovém úseku od 7. do 13. dne oproti skupině PAST. Skupina SUPP obsahovala nejvyšší hladiny alfa tokoferolu. Prokázalo se, že zahrnutí bílkovinných zdrojů a vlákniny stabilizuje oxidační stabilitu masa.

Z výše uvedených studií je patrné, že výživa může být jedním z činitelů, jež může pozitivně ovlivnit organoleptické vlastnosti masa do podoby, která by odpovídala požadavkům koncových konzumentů.

3.3.1.4 Produkční systém

S výživou zvířat úzce souvisí i produkční systém. Býci v intenzivním výkrmu (konvenční produkční systém) přijímají jako základ výživy objemná krmiva doplněná jadrnými krmivy k zabezpečení dostatečného denního přírůstku a nároků zvířete. Extenzivní výkrm probíhá na buď výhradně pastevních porostech, nebo s doplněním některých živin pro zlepšení kvality masa. Speciálním případem je produkce v ekologickém zemědělství. Ekologický

system hopodaření zakazuje používání hormonů, pesticidů, syntetických hnojiv, stimulatorů růstu, a především užívání GMO v krmivech zvířat. Účelem je uskutečnit výkrm v přirozených podmínkách. Ekologické zemědělství je podporováno Ministerstvem zemědělství a zažívá značný rozvoj. V roce 2017 dosahoval podíl ekologického zemědělství 12,3 % celkové výměry zemědělské půdy ČR (MZe 2018). Stejně tak se mezi konzumenty zvyšuje obliba a poptávka po biopotravinách. Jejich počet v roce 2017 již dosahoval 674 (MZe 2018). To je podnětem nejen pro producenty, ale i zpracovatele masa k získání tzv. bio certifikací a možnosti produkovat, zpracovávat či distribuovat BIO potraviny.

Německá studie (Dannenberger et al. 2006) zařadila do svého experimentu 64 býků plemene holštýn a simentál. Býci byli náhodně rozděleni do dvou skupin. První skupina byla krmena výhradně koncentrátem, druhá skupina se pásala na pastvě po celou dobu výkrmu a pro zlepšení profilu mastných kyselin jim byl předkládán koncentrát se lněným semínkem. Býci pasoucí se na pastvě měli vyšší denní přírůstek. Býci byli poraženi při porážkové hmotnosti 620 kg. Bylo prokázáno, že hmotnost jatečných těl nebyla ovlivněna krmným systémem u obou plemen. U plemene simentál ovlivnila výživa na pastvě obsah intramuskulárního tuku (1,5 %), který byl nižší než u býků krmných výhradně koncentrátem (2,6 %). Maso býků z pastevní produkce mělo tmavší barvu a bylo tužší, na druhou stranu mělo vyšší obsah n-3 polyenových mastných kyselin.

Guerrero et al. (2013) zkoumali rozdíly u dvaceti býků chovaných v intenzivním a extenzivním systému. Z jejich výsledků vyplývá, že maso býků extenzivního chovu mělo tmavší barvu a více žlutý tuk, vyšší procento n-3 polyenových mastných kyselin, méně nasycených mastných kyselin a nižší poměr omega 6 ku omega 3 mastných kyselin. Oproti tomu býci z intenzivního výkrmu měli vyšší procento myoglobinu. Sensorický panel neshledal rozdíly mezi jednotlivými skupinami.

Kamihiro et al. (2015) prokázali, že profil mastných kyselin masa se liší u ekologického a konvenčního způsobu zemědělství. Maso pocházející z konvenčního chovu obsahovalo o 24 - 31 % méně kyseliny α -linolenové kyseliny, stejně tak kyseliny dokosapentaenové v intramuskulárním tuku oproti masu z ekologického zemědělství. Na druhou stranu obsahovalo více kyseliny olejové a γ -linolenové a mělo vyšší poměr omega 6/omega 3. Tato studie navíc zastává názor, že produkční systém více než intramuskulární tuk ovlivňuje tuk podkožní, který měl v případě ekologického chovu značně nižší obsah nasycených mastných kyselin. Dále bylo prokázáno, že vliv na profil mastných kyselin má i počasí a roční období.

3.3.1.5 Přeprava na jatky a způsob porážky

Před samotnou porážkou mohou být zvířata vystavena různým stresovým vlivům, rozsah a délka trvání se projeví později na celkové kvalitě masa. Mezi hlavní stresory patří vyhladovění, dehydratace, přeprava, nové prostředí, zvýšený lidský kontakt, změny v sociální struktuře (míchání jedinců během přepravy), změny v klimatu. Zvířata na stres reagují různě a reakce jsou to převážně nespecifické, ovlivněné stářím, pohlavím, genetickými faktory, zdravotním stavem a předchozí zkušeností. (Ferguson et al. 2001)

Shorthose & Wythes (1988) popisují, že při dehydrataci a hladovění dochází ke snížení objemu svalové hmoty o 0,75 % /den. Celkové množství se odvíjí od délky přepravy, doby trvání dehydratace, fyzické zátěži. Pokud mají zvířata následně přístup k vodě, dokáží se do 3 hodin rehydratovat (Wythes et al. 1980). V návaznosti na kvalitu masa je největší hrozbou glykogenolýza, která nastává v důsledku zvýšené fyzické aktivity a zvýšené produkce adrenalinu. Pokud dojde k vyčerpání glykogenových zásob ve svalech před porážkou, nemohou *post mortem* proběhnout patřičné biochemické děje. Ve svalovině stoupá pH a dochází ke vzniku vady masa DFD (dark, firm, dry), kdy je maso tuhé, tmavé a suché.

Smícháním některých jedinců (především mladých býků) při přepravě dochází ke změně sociální hierarchie, což má za následek agonii a ztrátu glykogenu ze svalů. To je způsobeno přechodným emocionálním vypětím a úsilím o obnovu hierarchie. Toto vyčerpání glykogenu je velmi rychlé, navíc může dojít i ke vzájemnému poranění zvířat, a proto je nutné se této chybě co nejvíce vyvarovat. (Grandin 1993)

3.3.2 Postmortální změny

Po porážce a vykrvení (*post mortem*) se svalová tkáň zvířat mění na maso. Postmortální období má celkem čtyři fáze: *pre-rigor*, *rigor mortis*, zrání a hluboká autolýza. V průběhu *pre-rigor* (do 2 hodin po porážce) - fáze teplého masa - má svalovina dobrou vaznost a měkkou konzistenci. *Rigor mortis*, neboli posmrtné ztuhnutí, je charakteristické odbouráváním ATP a glykogenu. Při degradaci vznikají kyselé meziprodukty (např. kyselina mléčná), které způsobí pokles pH (5,2 až 5,5) svaloviny a tím i potlačení zvýšení počtu mikroorganismů. Svalové bílkoviny utvoří aktino-myosinový komplex, snižuje se vaznost masa a konzistence je velmi tuhá. Po skončení *rigor mortis* dochází k rozvolnění aktino-myosinových vláken, kyselina mléčná se odbourává, pH se zvyšuje (6,2), bílkoviny jsou odbourávány na menší molekuly, svalovina váže vodu a konzistence je křehká. Tento proces je označován jako zrání. Délka zrání je různá a bylo prokázáno, že její trvání ovlivňuje organoleptické vlastnosti masa. Poslední fází

je hluboká autolýza, při níž dochází ke kažení masa. Dochází k rozkladu bílkovin, pomnožení mikroorganismů. Vznikají nežádoucí produkty jako amoniak, sulfany, oxid uhličitý. Tento proces činí maso nevhodným pro lidskou výživu. (Ingr 2003)

3.3.2.1 Doba zrání

Proces zrání je závislý na celé řadě dalších faktorů, tudíž nebyla doposud přesně stanovena optimální délka trvání. Důležité je zabránit přístupu kyslíku, aby nedocházelo k oxidaci masa. Doporučená teplota se pohybuje od + 1 do + 4 °C. S přibývajícím délkou zrání dochází ke zvýšení křehkosti, avšak největší změny proběhnou v maso v průběhu prvních 14 dnů. Nejkratší doba zrání je praktikována u telat (kolem 4 dnů), následně u masných plemen s dvojitým osvalením (belgické modrobílé, piemontese). Plemena s vyšším obsahem intramuskulárního tuku vyžadují 10 - 15 dnů při prodloužení intervalu může dojít k vyššímu stupni oxidace mastných kyselin a maso tak získá nechtěné sensorické vlastnosti. Plemena dojená a ostatní masná lze ponechat zrát až 35 dnů. Druhotný způsob ovlivnění složení masa v průběhu zrání je způsob zavěšení. (Bureš & Bartoň 2009)

Bureš & Bartoň (2014) hodnotili optimální dobu zrání (3, 14 a 28 dní) pro tři jatečné kategorie skotu - jalovice, býky a krávy plemene český strakatý skot. U všech kategorií vyšla doba zrání 3 dny jako nejhorší, co se týče celkové přijatelnosti a textury a zároveň nebyly pozorovány rozdíly v organoleptických vlastnostech mezi jednotlivými kategoriemi. Po 14 dnech zrání dokázal sensorický panel jednotlivé skupiny odlišit, navíc došlo ke zpříjemnění chuti a zkřehnutí masa. Oproti tomu v intenzitě vůně statisticky prokazatelné rozdíly pozorovány nebyly.

Monsón et al. (2009) srovnávali holštýnský skot, brown swiss, limousine a blonde d' aquitaine ve vztahu k ovlivnění sensorických vlastností v průběhu zrání. Zvířata byla vykrmována a porážena při obvyklé komerční hmotnosti. Plemeno mělo výrazný vliv na křehkost a žvýkatelnost masa. Zrání delší než 7 dní postupně stíralo rozdíly mezi jednotlivými plemeny. Doba zrání značně ovlivnila křehkost a byly nalezeny i rozdíly ve vůni a chuti. Dále bylo prokázáno, že pro plemeno limousine je vhodnější kratší doba zrání, zatímco pro blonde d' aquitaine, holštýn a old brown swiss doba delší, aby bylo dosaženo optimálních sensorických vlastností a vysoké akceptovatelnosti konzumenty.

Zrání lze obecně provozovat „suchou“ nebo „mokrou“ cestou. Při zrání za sucha jsou jatečně upravená těla skladovaná při přísně monitorované chladírenské teplotě, relativní vlhkosti a proudění vzduchu, volně, bez obalů. Všechny hodnoty musí být pečlivě sledovány, aby nedocházelo k mikrobiální kontaminaci, příliš velkým ztrátám, a naopak bylo dosaženo

intenzivní chuti (Smith et al. 2008). Mokrý způsob je (nejčastěji) zráním ve vakuových obalech, které je běžné pro velkoobchodní balení, vzhledem k výhodné skladovatelnosti a nenáročnosti.

Kim et al. (2016) popsali rozdíly při suchém a mokřím zráním hovězího masa. V případě suchého zráním bylo více povrchového odpadu vzhledem k dehydrataci povrchu a zároveň byly i větší ztráty (snížení vlhkosti) v průběhu zráním, což snížilo koncový výnos. Nebyly identifikovány rozdíly v podkožním tuku, v hmotnosti kostí ani v množství ztrát odkapem a následně po tepelné úpravě. Způsoby zráním výrazně ovlivnily barvu masa, která byla světlejší pro mokřím zráním, což může být ovlivněno vyšším obsahem vlhkosti, zároveň však bylo maso tužší. Suché zráním kladně hodnotil i sensorický panel, který přidělil masu suchého zráním vyšší počet bodů.

Berger et al. (2018) učinili podobný experiment, avšak zařadili kromě suchého (DA), mokřím (WA) zráním ještě zráním za sucha ve vaku propustném pro vodu (DW). Jak se prokázalo v předchozí studii, suché zráním vykazovalo vyšší množství ořezu oproti mokřím zráním, avšak zráním DW zabránilo vysychání svaloviny a minimalizovalo i ztrátu ořezem, což vedlo ke zvýšení výnosu až o 4 %. DA mělo nejnižší počty aerobních a anaerobních bakterií, značně výraznější chuť a maso bylo křehčí než při zráním WA. Vzhledem k tomu, že zráním DW učinilo maso šťavnatějším, mohlo by se jednat o vhodný proces pro zráním hovězího masa s nízkým mramorováním.

3.3.2.2 Způsob zavěšení

Získání křehkého masa je v předním zájmu všech producentů masa (Derbyshire et al. 2007). Dosáhnout této sensorické charakteristiky lze způsobem zavěšení jatečně upraveného těla za pánevní sponu. Oproti klasickému zavěšení za Achillovu šlachy je páteř narovnaná, mění se struktura myofibril, čímž dochází k uvolnění svalů zad. Při *rigor mortis* není tak svalovina zatřata a křehne (Hostetler et al. 1970). Ve studiích Bayraktaroglu et al. (2011) a Hostetler et al. (1970) bylo pokázáno, že pánevní zavěšení prodlužuje délku sarkomer a snižuje průměr vlákna, což mělo za následek vyšší křehkost masa.

3.3.2.3 Vliv tepelné úpravy

Teplota a způsob přenosu tepla při vaření jsou největšími činiteli při tvorbě chuti hovězího masa. Při zvyšování teploty dochází ke smršťování objemu masa v důsledku uvolnění vody. Při teplotách mezi + 40 a + 60 °C se jedná o příčné smrštění, kdy dochází ke změně myofibril smrštění pojivové tkáně, mění se prostorová struktura kolagenních vláken a od + 60

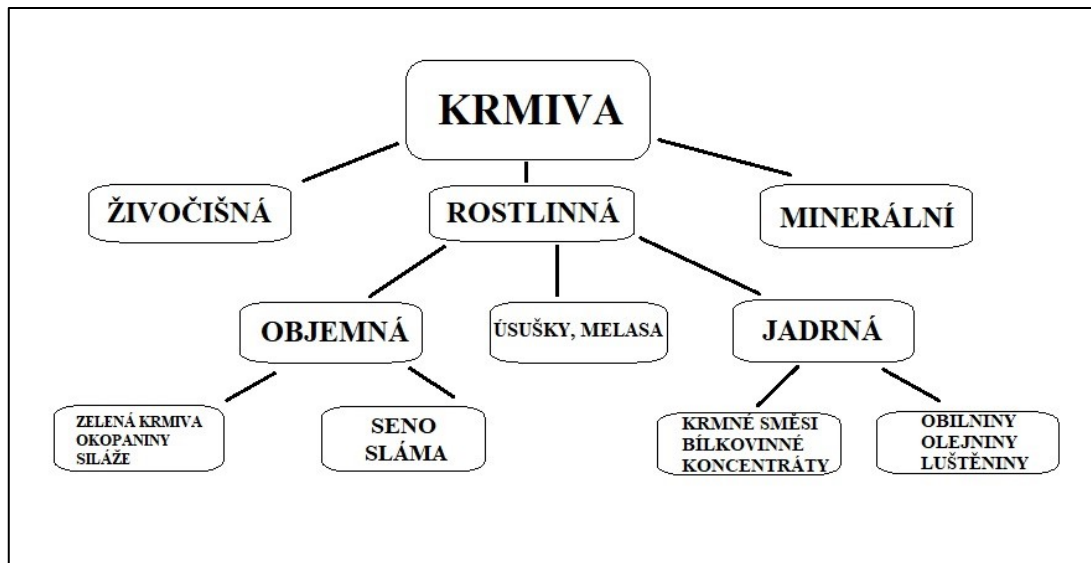
do + 80 °C podélné smrštění, jako důsledek interakce mezi kontrakcí myofibril a kontrakcí pojivové tkáně (Bouton et al 1976). Pro přípravu masa jsou nejčastěji používány tři metody: vaření pod + 100 °C (nebo sous vide); nad 100 °C v troubě (nebo smažení) a grilování nad + 200 °C (Bejerholm et al. 2014).

Při přípravě za nízkých teplot je chuť tvořena produkty degradace mastných kyselin a netěkavých sloučenin. Christensen et al. (2012) prokázali, že masová příchut' se zvyšovala s rostoucí teplotou a delší dobou přípravy a současně s ní klesala kovová příchut'. Při vyšších teplotách dochází k Maillardově reakci, která způsobuje typickou chuť smažených, pečených a grilovaných mas. Bejerholm & Aaslyng (2004) se zaměřily na tepelnou úpravu vepřového masa, kdy bylo použito 5 různých technik – karbanátky na pánvi, steaky na pánvi, pečeně v hrnci, pečeně v peci při + 140 nebo + 90 °C. Sensorický panel následně zhodnotil, že příprava steaků na pánvi dosáhla nejlepší vzhled, texturu a chuť. Zároveň byly hodnoceny vzorky upravené na pánvi a v troubě na tři různé teploty v jádře – + 65, +75 a + 80 °C. Bylo zjištěno, že teplota + 65 °C je vhodná především pro uvolnění aromatických složek, teplota + 75 °C umožňuje rozlišování mezi jednotlivými druhy příprav.

Bureš et al. (2010) zkoumali vliv konečné teploty v jádře u masa antilop losích (+ 70, + 80 a + 90 °C) na sensorické vlastnosti. Bylo prokázáno, že rostoucí teplota pozitivně ovlivnila příjemnost a intenzitu vůně, naopak žvýkatelnost, křehkost a vláknitost měly horší hodnocení. Šťavnatost byla nejlépe hodnocena u vzorků s koncovou teplotou + 80 °C, avšak celková přijatelnost vyšla nejlépe pro vzorky upravené na teplotu + 70 °C, což potvrzuje teorii, že křehkost je jedním ze stěžejních faktorů ovlivňujících preference spotřebitelů.

3.4 Bílkovinné zdroje ve výživě zvířat

Dle Zemana et al. (2006) lze krmiva rozdělit dle původu na živočišná, rostlinná a minerální (obrázek 1). Krmiva užívaná v praktické části této diplomové práci, se řadí do skupiny rostlinných. Ta lze dle koncentrace živin rozdělit na objemná (zelená krmiva, okopaniny, siláže; seno a sláma), úsušky; melasu a jadrná (krmné směsi, bílkovinné koncentráty; zrniny a semena obilnin, olejnin a luštěnin).



Obrázek 1 – Rozdělení krmiv; zdroj: Zeman et al. (2006)

Objemná krmiva jsou základní složkou krmné dávky u přežvýkavců. Obsahují nižší koncentraci živin na kg sušiny, průměrný či vyšší obsah vlákniny, vysoký obsah alkalických prvků – vápník, draslík, sodík, hořčík (Zeman et al. 2006). Zástupci objemných krmiv jsou: zelená píče, siláže, okopaniny, pastevní porost (šťavnatá objemná krmiva), seno a krmná sláma (suchá objemná krmiva) a brukvovité pícniny, vedlejší produkty z lihovarů a škrobáren (vodnatá krmiva) (Zeman et al. 2006). V našich podmínkách není možné krmnou dávku vybalancovat s užitím výhradně objemných krmiv, proto jsou pro celkové vývážení a zvýšení obsahu některých živin doplňovány jadrnými krmivy.

Jadrná krmiva jsou označována za produkční, obsahují více NEL (netto energie laktace) než objemná krmiva ($<6,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny), méně vlákniny a z minerálních látek především fosfor, síru a chlor (Zeman et al. 2006). Jedná se o zrniny (obiloviny), luštěniny, olejniny, vedlejší produkty potravinářského průmyslu a sušená krmiva (Zeman et al. 2006), která jsou nezbytná pro doplnění objemných krmiv, aby bylo dosaženo vyššího přírůstku, lepšího chemického složení a fyzikálních a organoleptických vlastností masa. Mezi dosposud majoritně využívané patří sója. Alternativně mohou být využívány některé druhy luštěnin a olejin (především řepka). Problémem využívání luštěnin mohou být některé biologicky aktivní látky, které jsou v luštěninách přirozeně obsaženy a mohou způsobit trávicí obtíže, proto je nutné, zkrmovat až dva měsíce po sklizni, aby proběhly fermentační procesy a některé druhy je potřebné i tepelně upravit (Zeman et al. 2006). Na druhou stranu pěstováním těchto plodin dochází ke zlepšení kvality půdy a je možné dosáhnout i nezávislosti České republiky

i celé EU na importu sóji. Sója a výše zmíněné alternativní bílkovinné zdroje jsou podrobně charakterizovány v další části.

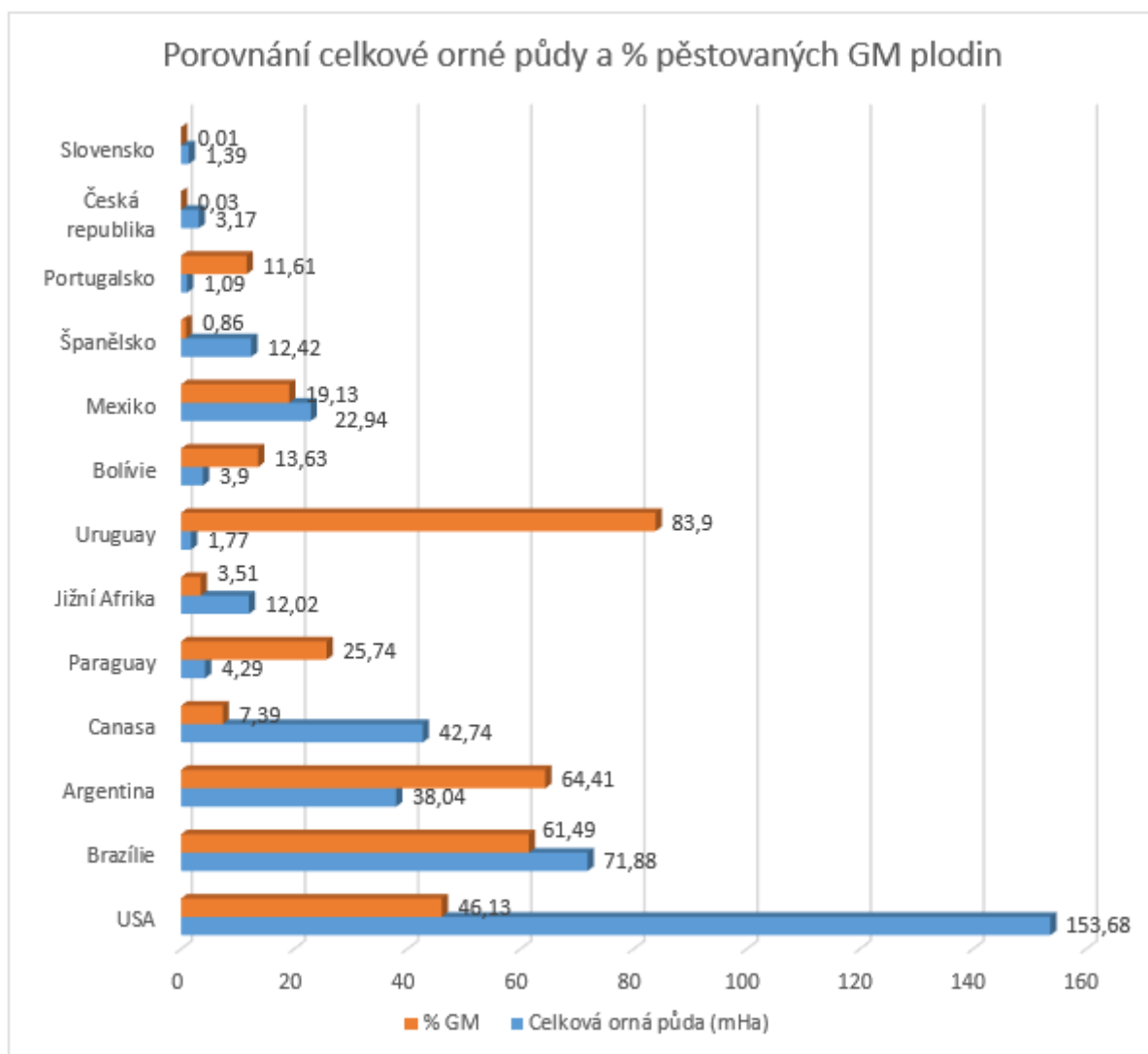
3.4.1 Klasické

3.4.1.1 GM Sója

Sója luštinatá (*Glycine max*) je jednoletá rostlina z čeledi bobovitých (obrázek 2). Jak již bylo zmíněno, většina sójového extrahovaného šrotu, který je do EU exportován, pochází z geneticky modifikovaných sójových bobů. Jen malý podíl sójových bobů importovaných do EU má GM-free certifikaci, což při celkovém množství 30 milionů tun je přibližně 4,5 milionů tun (Lucht 2015). Geneticky modifikovaný organismus je takový, v němž byl pozměněn genetický materiál způsobem, kterého by se nedosáhlo přirozeným křížením nebo rekombinací (WHO 2014).

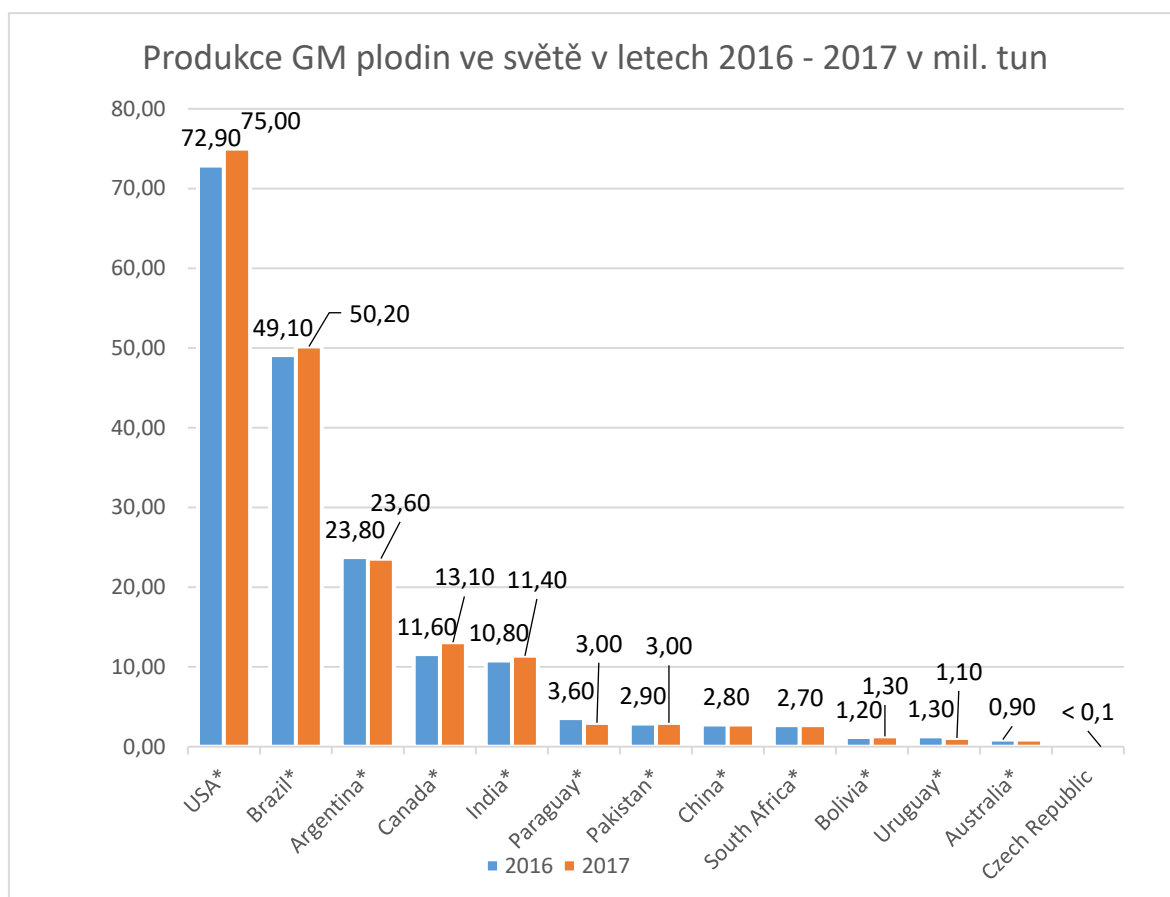


Obrázek 2 – Sója luštinatá rostlina (vlevo), sójový extrahovaný šrot (vpravo); zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství (2019)



Graf 9 – Podíl pěstovaných GMO na celkovou ornou půdu jednotlivých států; zdroj: data: USDA (2019), vlastní zpracování grafu

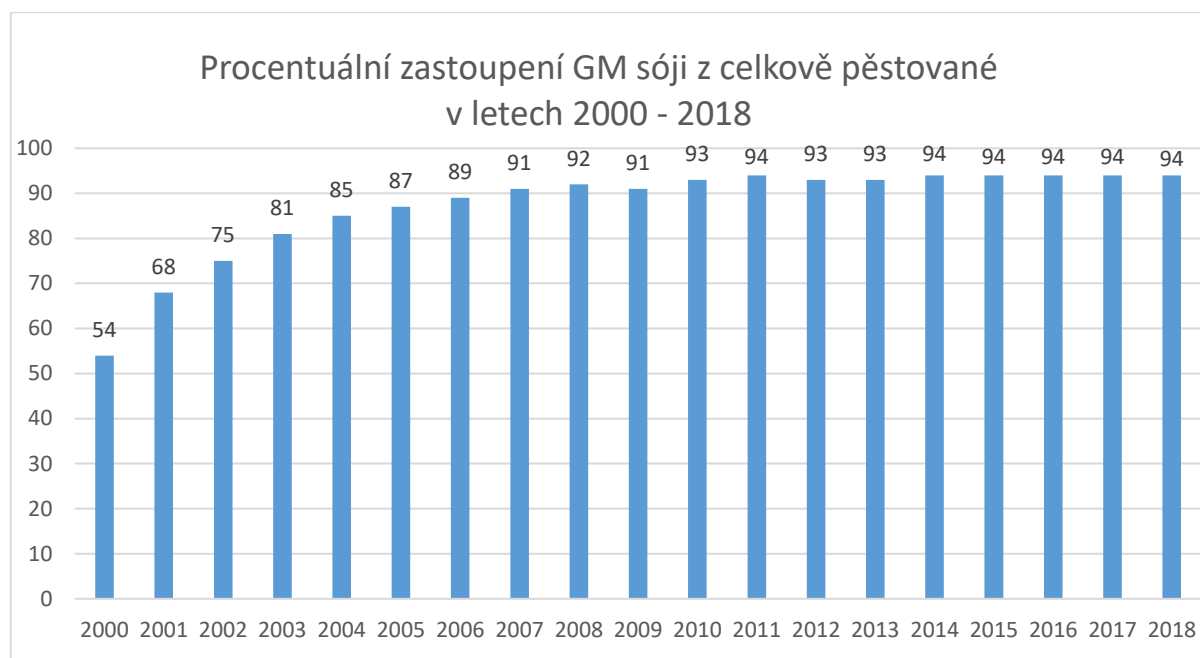
Modifikace genomu se provádí za účelem vytvoření nové vlastnosti organismu. První geneticky modifikované plodiny se dostaly do tržní sítě v USA již v roce 1994 (Lucht 2015). Od roku 1996 byla pěstována GM Roundup Ready sója odolná vůči herbicidu Roundup (Lucht 2015). O deset let později od uvedení GM rostliny do oběhu, byly plodiny (z toho z 82 % sója) v USA pěstovány na zemědělské ploše o výměře 181,5 milionů hektarů, což je přes 12 % celkové orné půdy (Lucht 2015). Podíl orné půdy a půdy, na níž jsou pěstovány GM plodiny v grafu 9. Celková produkce GM sóji je uvedena v grafu 10.



Graf 10 – Produkce GM plodin v jednotlivých státech;
zdroj: USDA (2018), vlastní zpracování grafu

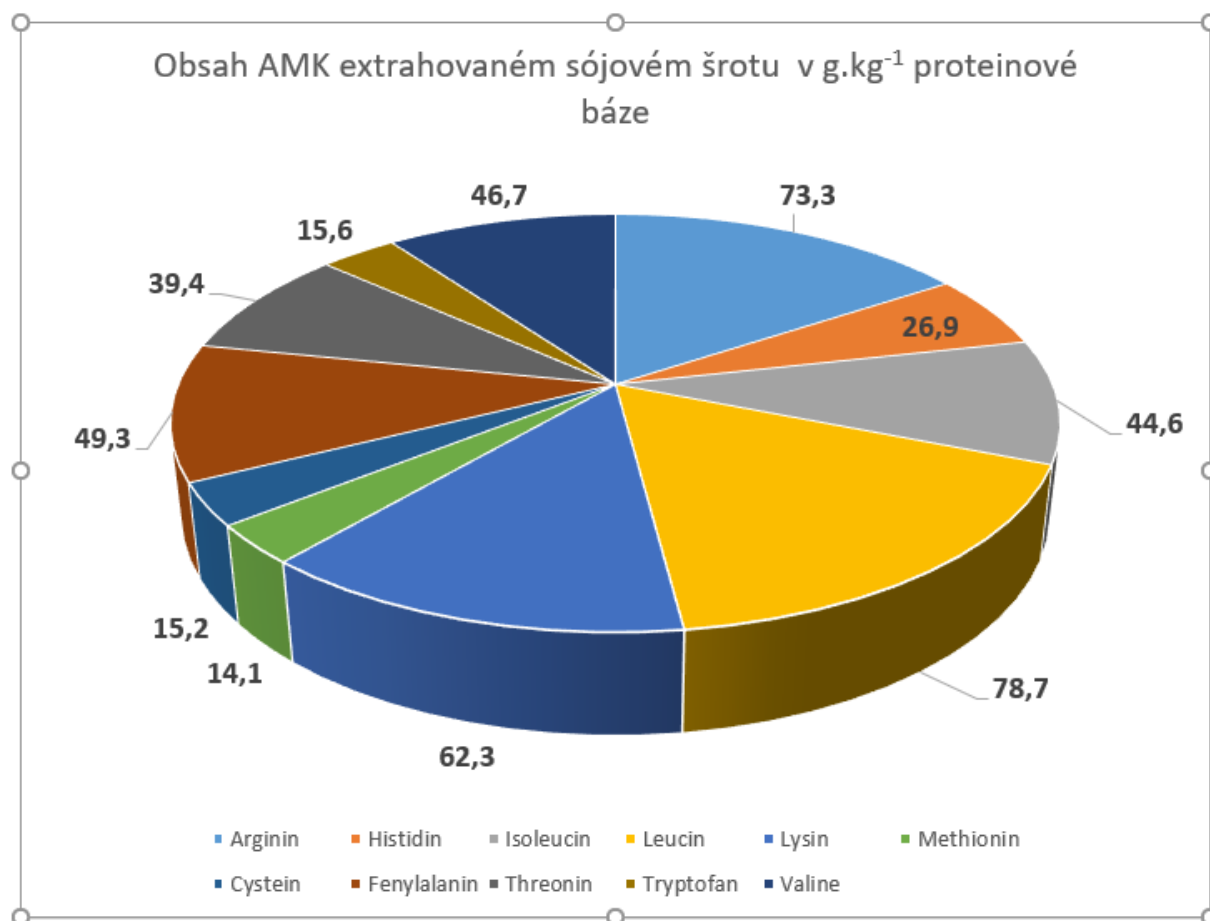
V roce 2009 uveřejnila FAO (2009) prognostickou studii o nárůstu počtu obyvatel na 9,1 miliard do roku 2050. Aby bylo možné zajistit dostatek potravin pro všechny obyvatele, je nutné navýšení produkce potravin o 70 % (FAO 2009). Vzhledem k budoucí nutnosti uspokojit poptávku po potravinách, muselo dojít k „zelené revoluci“ v zemědělství (Danielson & Gerhardsson 2017). Aplikace biotechnologií a genetického inženýrství do zemědělství měla v mimoevropských zemích velký úspěch. Dle slov producentů (Barrows et al. 2014; Klümper & Qaim 2014) plodiny mají vyšší výnos a potřebují menší množství péče (méně pesticidů). Také vysoká vstřícnost amerických úřadů umožnila rychlý vývoj (Bernauer & Meins 2003). I postoj amerických občanů je vůči GMO neutrální či pozitivní (IFIC 2006), narozdíl od evropských zemí, kde proběhla vlna protestů a odporu GMO (Zilberman et al. 2013). (Produkce GM sóji je uvedena v grafu 11). Negativní události posledních let – onemocnění BSE, ptačí chřipka, slintavka a kulhavka – vyprovokovaly skeptické postoje evropských spotřebitelů mimo jiné i k biotechnologickým inovacím a Evropskou komisí k vytvoření legislativních požadavků velmi zaostřených na bezpečnost potravin včetně zacházení

a produkce s GMO (Varzakas et al. 2007). V současné době platí v EU přísná legislativní pravidla pro pěstování GM plodin a jejich schvalovací proces je velmi dlouhý. Navíc veškeré potraviny či krmiva dovezená do EU původem či s obsahem GMO musí být řádně označeny (Mitchell 2003; Varzakas 2007; Raybould & Poppy 2012; Du 2014).



Graf 11 – Produkce GM sóji v USA v % z celkové sójové produkce; zdroj: data USDA (2019), vlastní zpracování grafu

V krmivu je sója preferovaným zdrojem vysoce kvalitních rostlinných proteinů (Dei, 2011). Tvoří přes 60 % celkové produkce bílkovinných krmiv (Oil World 2015) a její krmná hodnota je považovaná za referenční pro ostatní bílkovinné zdroje (Cromwell 1999). Sójové boby obsahují 18,6 % oleje a 78,7 % sušiny (FEFA 2007). Ke krmným účelům využívaný extrahovaný šrot (obrázek 2) obsahuje vysoké množství proteinů a z nutričního hlediska s velmi vhodným profilem aminokyselin - kromě methioninu (zastoupení jednotlivých aminokyselin je v grafu 12), s relativně malým množstvím vlákniny, vysokým množstvím energie a za předpokladu kvalitního zpracování velmi malým obsahem antinutričních látek (Dei 2011).



Graf 12 – Zastoupení jednotlivých aminokyselin;
zdroj dat: Elkin (2002)

Proces zpracování sójových bobů se podílí na snížení či eliminaci antinutričních látek přirozeně se vyskytujících v sóje. Vlhkost, doba ohřevu a teplota mohou inaktivovat trypsinové inhibitory, lektiny, což umožňuje lepší stravitelnost (Araba 1990). Vysoká energetická hodnota je způsobena obsahem tuku s vysokým procentem polyenových mastných kyselin (z nich nejdůležitější kyselina linolová), které jsou snadno utilizovány a využívány jako zdroj energie (Huyghebaert et al. 1988). Další nesporná výhoda spočívá v celoroční dostupnosti (Dei 2011), relativně nízké ceně a vysoké účinnosti (Kerley & Allee 2003). Složení sójového extrahovaného šrotu je v tabulce 1.

Tabulka 1 – Složení sójového extrahovaného šrotu

Živina	Množství (g·kg ⁻¹)
Sušina	890,0
N- látky	500,5
Tuk	17,2
Kyselina linolová	8,7
Škroby	62,0
Cukry	98,4
Vláknina	72,1
BNLV	340,2
PDIE	237,9
PDIN	356,3
NEV (MJ)	8,6

Zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství (2019)

3.4.2 Alternativní zdroje bílkovinných krmiv

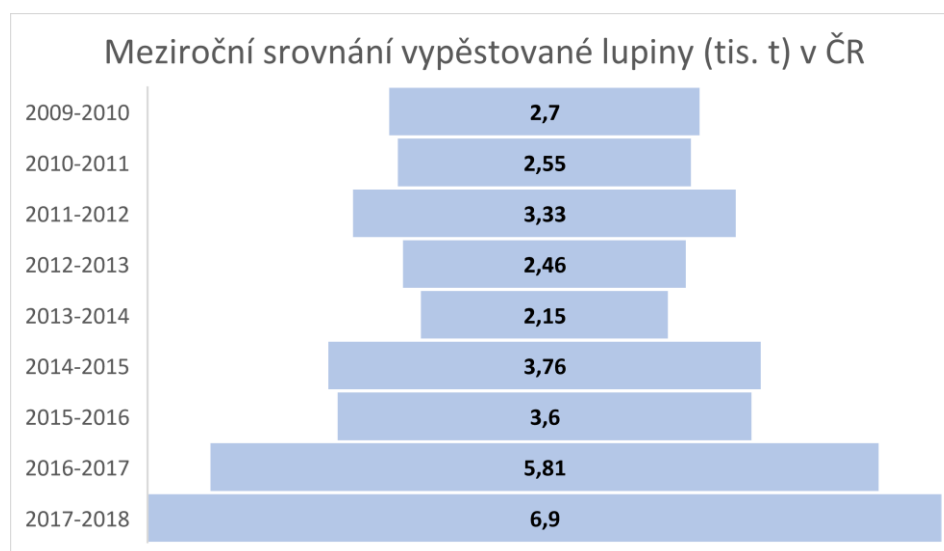
3.4.2.1 Lupina (*Lupinus spp.*)

V rámci strategie EU týkající se zemědělství, je kladen důraz na získání vyššího množství plodin, jež jsou využitelné jako bílkovinný zdroj (Suchý & Straková 2018). V současné době je na území ČR nejvíce pěstován hrách. Dle Suchého & Strakové (2018) by bylo vhodné zvýšit podíl pěstovaných plodin zvýšenou koncentrací na luskoviny a především lupiny, které jsou výhodnými plodinami z pohledu zvýšení kvality půdy, mohou fixovat dusík a obohacovat o něj půdu a tím i snížit potřebné množství dusíkatých hnojiv. Produkce lupiny (obrázek 3) prozatím tvoří v luskovinách menší podíl, ačkoliv v roce 2017 lze pozorovat nárůst oproti roku 2016 (poslední statistické informace) o 16,4 % (ČSÚ 2018). Meziroční srovnání v množství vyprodukované lupiny je v grafu 13.



Obrázek 3 – Lupina bílá (vlevo), semeno lupiny bílé (vpravo), zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství

Další pozitivní vlastností lupin je obsah vysokého množství využitelného proteinu, nejsou geneticky modifikované a náklady na pěstování nejsou závratně vysoké. Kromě toho je na pěstování lupiny možné získat zemědělské dotace. Negativní stránkou pěstování je požadavek na vláhu, nedostatečně propracované agrotechnické postupy z důvodu dřívějších neúspěchů a nedostatečného zájmu šlechtitelů k získání odolnější odrůdy (Suchý & Straková 2018).



Graf 13 – Množství vyprodukované lupiny;
zdroj: data: MZe (2018), vlastní zpracování grafu

V krmivářském průmyslu je lupina užívána jen omezeně, ačkoliv obsahuje poměrně vysoké množství dusíkatých látek (35 - 39 %) a má i požadovanou výživovou hodnotu (ČSÚ 2018). Složení lupiny je uvedeno v tabulce 2. Navíc obsahuje jen velmi nízké množství antinutričních látek a má nízkou alergenicitu. Problémem lupiny je nízký obsah sirných aminokyselin, a naopak vysoký obsah vlákniny (12 - 15 %). Sirné aminokyseliny tedy musí být doplňovány jinými zdroji. Suchý & Straková (2018) zjistili, že v případě oloupaní slupky je možné získat vyšší množství proteinu, úskalí ale spočívá v tom, že není v celé republice stroj, který by nepravidelné semeno lupiny dokázal oloupat.

Tabulka 2 – Složení lupiny

Živina	Množství (g·kg⁻¹)
Sušina	880,0
N- látky	394,5
Tuk	78,9
Kyselina linolová	14,3
Škroby	115,4
Cukry	65,1
Vláknina	164,0
BNLV	316,6
PDIE	98,2
PDIN	228,5
NEV (MJ)	8,5

Zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství (2019)

3.4.2.2 Řepka olejka (*Brassica napus*)

Jedná se o nejrozšířenější plodinu, vhodnou k užití jako bílkovinné krmivo v podobě extrahovaného šrotu (obrázek 4), kterou lze pěstovat v tuzemských podmínkách (Dvořáčková et al. 2019). Z celkové velikosti zemědělských ploch České republiky tvoří řepka 17 % (USDA 2018). Z osevních ploch pro ozimé plodiny (ječmen, pšenice, atd.) patřilo 391 tis. ha řepce, což je přes 40 % (ČSÚ 2019). Za rok 2018 byl zaznamenán nárůst plochy o + 1, 02 % (ČSÚ

2019). Dlouhodobý vývoj velikosti osevních ploch u vybraných plodin dle ČSÚ (2019) je v grafu 14. V poměru množství vyprodukované řepky/velikost osevní plochy drží Česká republika prvenství v celé EU (USDA 2018).

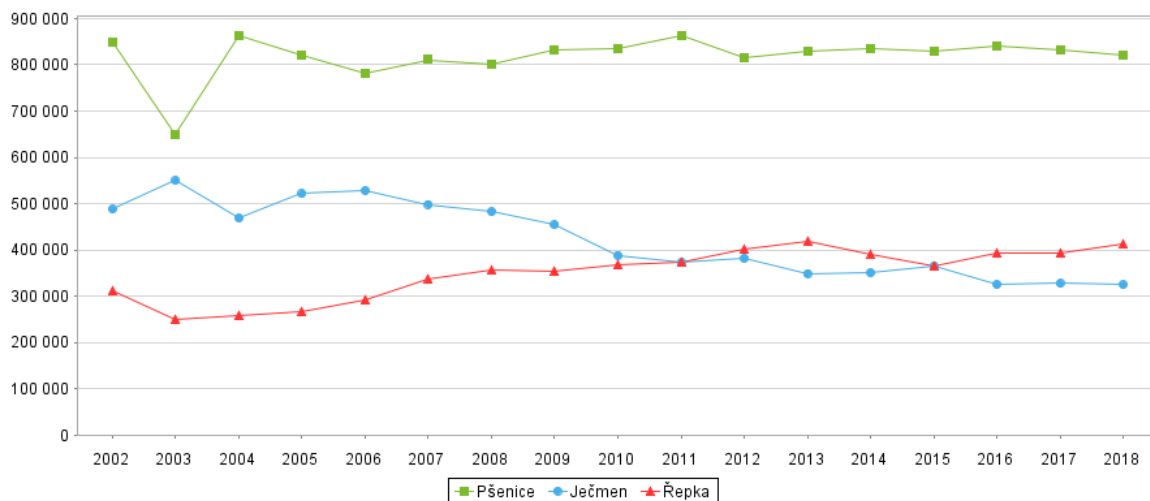


Obrázek 4 – Řepka olejka rostlina (vlevo), řepkový extrahovaný šrot (vpravo); zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství

Osevní plochy zemědělských plodin - k 31.5.

Měřící jednotka: hektar (10 tisíc čtverečných metrů)

Území: Česká republika



Kód: ZEM02/22

Graf 14 – Vývoj velikosti osevních ploch v letech 2002 - 2018 v ČR;

zdroj: ČSÚ (2019)

Existují tři druhy řepkového krmiva uplatňovaného ve výživě hospodářských zvířat – řepkový extrahovaný šrot, řepkové pokrutiny, řepkové výlisky. Žlutozelený až žlutohnědý řepkový extrahovaný šrot obsahuje mezi 32 a 38 % dusíkatých látek. Obsah tuku se odvíjí od způsobu zpracování – pro vyšší zastoupení jsou řepková semena lisována za studena

(18 % tuku), pro nižší procento tuku (12 %) lisování za tepla. Dříve byl u řepky užívané jako krmivo pro hospodářská zvířata problém s vysokým obsahem kyseliny erukové, která má goitrogenní vlastnosti a hořkou chuť. Dalšími antinutričními látkami jsou glukosinoláty přirozeně obsažené v řepce, které mohou způsobovat trávicí potíže. V současné době je na trhu tzv. dvounulková řepka, v níž je obsah kyseliny erukové i glukosinolátů výrazně snížen. Výživové hodnoty řepkového extrahovaného šrotu jsou v tabulce 3.

Tabulka 3 – Složení řepkového extrahovaného šrotu

Živina	Množství (g·kg⁻¹)
Sušina	910,0
N- látky	388,9
Tuk	35,9
Kyselina linolová	4,6
Škroby	38,3
Cukry	78,9
Vláknina	129,1
BNLV	373,2
PDIE	143,6
PDIN	246,8
NEV (MJ)	7,0

Zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství (2019)

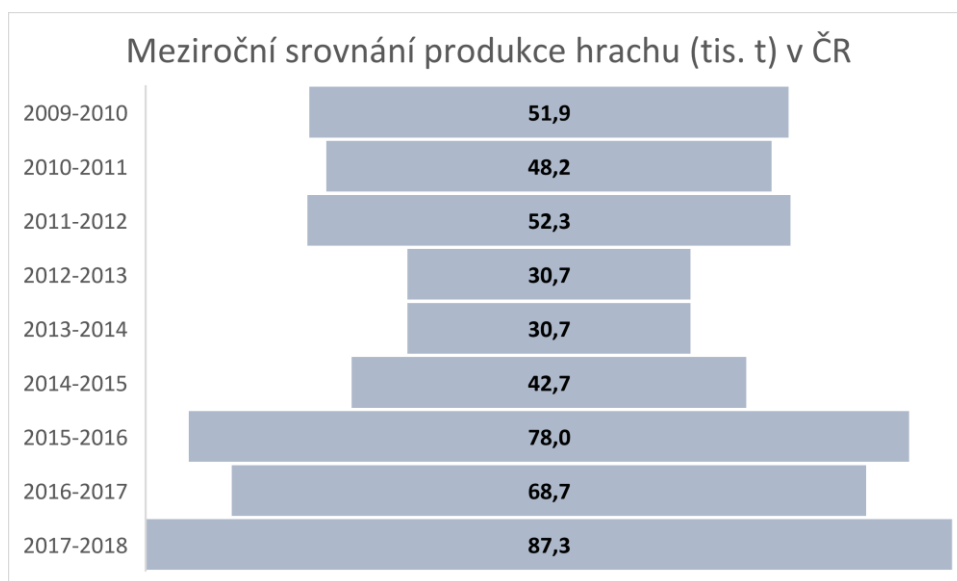
3.4.2.3 Hrách setý (*Pisum sativum*)

Hrách je nejvíce pěstovaná luskovina v České republice. Dle MZe (2018) zaujímala osevní plocha hrachu až 70 % všech luskovin pěstovaných na zmo. Celková velikost osevní plochy hrachu se pohybuje mezi 12,9 a 15,1 tis. ha. Hrách se dokáže adaptovat i v méně ideálních podmínkách, proto je v České republice tak hojně pěstován. Stejně jako lupina patří mezi bobovité rostliny, tedy roste v symbióze s hlízkovými bakteriemi, je schopný fixace dusíku a následného obohacování půdy. Dokáže využít i živiny z méně přijatelných forem, přispívá ke zlepšení půdní struktury. Dobrým výnosům dopomáhá pěstování kvalitní

vyšlechtěné odrůdy, která je odolná vůči škůdcům. Dle Českého statistického úřadu bylo v roce 2017 dosaženo výnosu $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Produkce hrachu v meziročním srovnání je uvedena v grafu 15.



Obrázek 5 – Rostlina hrachu setého (vlevo), zrno hrachu setého (vpravo); zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství



Graf 15 – Produkce hrachu v ČR;

zdroj: data: MZe (2018), ČSÚ (2018); vlastní zpracování grafu

Z krmivářského hlediska hrách obsahuje průměrně 20 – 22 % dusíkatých látek (Ústav výživy zvířat a pícninářství). Obsah bílkovin je dokonce dvakrát vyšší než u obilovin, také skladba aminokyselin je příznivější a má vyšší obsah minerálních látek a vitaminů (MZe 2018).

Má vysoký obsah sacharidů, ale nízký obsah aminokyselin methioninu, cysteinu a tryptofanu. Antinutričními látkami jsou zde především inhibitory proteáz a lektiny (Ústav výživy zvířat a pícninářství). Většina těchto látek je však termolabilní a může být degradována varem. V České republice je hrách jako krmivo užíván jen zřídka, a především ve směsi s obilovinami (MZe 2018). Většina vypěstovaného hrachu je ale exportována a krmnou dávku vyplňuje levnější importovaná sója (MZe 2018).

Tabulka 4 – Složení hrachu setého

Živina	Množství (g·kg⁻¹)
Sušina	880,0
N- látky	245,9
Tuk	17,5
Kyselina linolová	6,4
Škroby	500,1
Cukry	59,1
Vláknina	64,5
BNLV	636,1
PDIE	93,6
PDIN	147,3
NEV (MJ)	8,5

Zdroj: Ústav výživy zvířat a pícninářství (2019)

4 Materiál a metodika

4.1 Výkrmový experiment

Zacházení s pokusnými zvířaty v průběhu experimentu a všechny související procedury byly odsouhlaseny Odbornou komisí pro zajišťování dobrých životních podmínek pokusných zvířat VÚŽV, v. v. i. Výkrmový experiment probíhal v pokusné stáji Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi. Před započítáním samotného testu se zvířata cca 100 dní adaptovala na podmínky ustájení a příjem krmiva z automatických žlabů (obrázek 6). V tomto období denní přírůstek dosahoval 1,5 kg/den s téměř neidentifikovatelnými rozdíly mezi jednotlivými skupinami. Denní spotřeba byla průměrně 18 kg, spotřeba na 1 kg přírůstku 10,7 kg. Do pokusu bylo zařazeno 36 býků plemene českého strakatého skotu ve věku 7 měsíců, kteří byli na základě věku a živé hmotnosti rozřazeni do tří vyrovnaných skupin. Jednotlivé skupiny byly ustájeny za totožných podmínek, dostávaly krmnou dávku identické energetické hodnoty a obsahu dusíku, který pocházel z různých zdrojů (obrázek 7).



Obrázek 6 – Automatické žlaby; zdroj: archiv vedoucího práce

První skupina byla označena jako kontrolní (K), průměrný věk 340 dnů, průměrná hmotnost 424 kg, u níž byl dusík dodán v podobě 250 g·kg⁻¹ krmné dávky močoviny. Ta byla zvířatům předkládána jako zdroj energie pro žaludeční mikroflóru. Druhé skupině – věk 338 dnů, hmotnost 419 kg - byla zkrmována dávka se syrovým drceným semenem rostliny lupiny bílé odrůdy *Amiga* v množství 1 200 g·kg⁻¹ krmné dávky. Tato skupina nesla označení L.

V poslední skupině „R“, o průměrném věku 340 dnů a průměrné hmotnosti 413 kg, byl dusík zastoupen formou extrahovaného řepkového šrotu - 950 g /den. Konkrétní složení krmných dávek je v tabulce 5. V tabulce uvedené průměrné živinové složení bylo stanoveno na základě výpočtu průměrných hodnot čtyř rozborů uskutečněných v průběhu experimentu.



Obrázek 7 – Býci v stájích VÚŽV; zdroj: archiv vedoucího práce

Denní spotřeba krmiva byla evidována pomocí automatických žlabů (Insentec, Marknesse, Nizozemsko), přičemž každá skupina (12 býků) měla svůj žlab. Zvířata byla vždy jednou za dva týdny vážena na váze v přílehlé manipulační uličce zakončené fixační klecí. Přírůstek živé hmotnosti za dobu testu, který trval průměrně 136 dní, byl u kontrolní skupiny 1,43, u jedinců ze skupiny R 1,44 kg/den a u skupiny L 1,41. Tabulka 6 uvádí charakteristiky výkrmu a jatečné hodnoty souboru vykrmovaných býků.

Tabulka 5: Složení krmné dávky jednotlivých skupin

Surovina kg/den	Skupina K	Skupina R	Skupina L
Kukuřičná siláž	9,5	9,5	9,5
Alfaalfa siláž	9	8,2	7,9
Kukuřičná zrna	2,3	2,3	2,4
Pšeničné zrna	1,3	0,6	0,3
Minerální mix	0	0,25	0,25
Minerální mix s močovinou	0,25	0	0
Extrahovaný řepkový šrot	0	0,95	0
Semeno bílé lupiny	0	0	1,2
Celkem	22,35	21,80	21,55

Zdroj: data z experimentu

Tyto rozdíly nebyly zahrnuty do cílů práce, proto jsou v tabulce uvedeny jen průměrné hodnoty. Mezi skupinové difference u spotřeby krmiva na den a na přírůstek 1 kg hmotnosti byly též statisticky zanedbatelné. Hmotnost jedinců na konci výkrmového experimentu se pohybovala okolo 600 kg. Po ukončení výkrmového experimentu byla zvířata bez předchozího vylačnění transportována na porážku na 2 km vzdálené experimentální jatka VÚŽV v Uhřetěvsi.

Tabulka 6 – Základní charakteristiky výkrmnosti a jatečné hodnoty souboru vykrmovaných býků

Parametr	Kontrola (n=12)		Lupina (n= 12)		Řepka (n=12)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Věk na poč. experimentu	340,0	4,5	338,0	4,6	340,4	4,4
Hmotnost na poč. experimentu	423,5	44,6	418,8	71,1	413,0	82,3
Počet dní v experimentu	135,0	21,5	135,0	21,5	135,0	21,5
Hmotnost při porážce	614,5	39,2	606,7	56,3	606,1	89,9
Spotřeba krmiva za den (kg)	20,0	1,8	19,7	1,7	20,0	3,9

Spotřeba krmiva na tvorbu 1 kg přírůstku	13,4	1,8	13,5	2,3	13,4	2,8
Přírůstek v období experimentu (kg/den)	1,4	0,2	1,4	0,3	1,6	0,3
Hmotnost jatečně upraveného těla (kg)	346,5	25,8	338,0	28,6	342,7	50,2
Jatečná výtěžnost (%)	56,4	1,2	55,8	1,8	56,6	1,5

Zdroj: autor práce

4.2 Porážka zvířat a odběr vzorků

Zvířata byla porážena ve věku 19 měsíců. Porážky probíhaly v 6 samostatných dnech v termínech duben - červen 2018. V jednom dni byli poraženi vždy dva býci s nejvyšší živou hmotností z každé skupiny. Zvířata byla omráčena pistolí s upoutaným projektilem, následně vykřvena, v rámci jatečného rozboru byly vyjmuty orgány břišní a hrudní dutiny a stažena z kůže a byla sledována hmotnost jatečného těla, jatečná výtěžnost, hmotnost vnitřních ložů (ledvinový, šourkový, obžaludkový), třída jakosti SEUROP. Jatečné půlky byly skladovány v chladárně při teplotě + 2 °C.

Dva dny po porážce byl proveden technologický rozbor půlek, byly měřeny některé fyzikální vlastnosti. Dále byla zvířata rozbourána na jednotlivé partie, při této příležitosti byly odebrány vzorky největšího svalu *longissimus lumborum* (obrázek 8 a) a svalu *rectus abdominis* (obrázek 8 b) pro další chemickou, fyzikální a senzorickou analýzu. Odebrané svaly byly umístěny do polyethylenových sáčků, označeny, a převezeny do laboratoří VÚŽV k dalšímu zpracování.



Obrázek 8 a) sval *longissimus lumborum*

b) *rectus abdominis*;

zdroj: archiv vedoucího práce

4.3 Fyzikální analýza

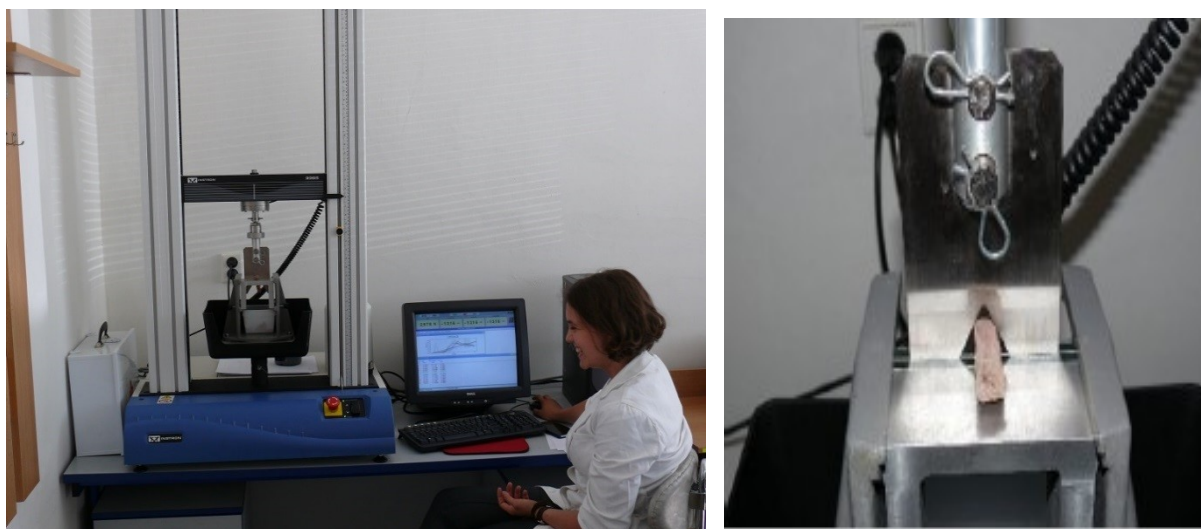
4.3.1 Stanovení pH a barvy masa

V laboratorních podmínkách bylo provedeno měření pH (pH metr 3310, WTW, Weilheim, Německo) s elektrodou SenTix s tepelnou kompenzací. Barva masa byla analyzována přenosným spektrometrem CM-700d – úhel osvětlovacího zařízení 10°, velikost otvoru štěrbin 8 mm (Minolta, Osaka, Japonsko). U každého vzorku byly v prostoru CIE LAB určeny následující fyzikální parametry: světlost L^* , červenost (a^*), žlutost (b^*). Hodnoty byly zaznamenány po expozici 10 minut za pokojové teploty na základě zprůměrování třech měření každého vzorku různě situovaných (vzhledem ke snaze se vyhnout měření oblastí s viditelnými ložisky tukové nebo vazivové tkáně) na řezu plátku masa. Hodnoty a^* a b^* byly následně využity pro výpočet sytosti barvy (C^*), index saturace = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ a odstínu ($^\circ$) = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$.

4.3.2 Stanovení křehkosti

K měření instrumentální křehkosti byl užit Warner-Bratzlerův nůž tvaru V - přístroj Instron Universal Texture Analyzer 3365 (Canton, MA, USA) (obrázek 9). Rychlost stříhu byla 100 mm za minutu. Byla stanovena hodnota maximální síly stříhu na tepelně upravených (grilovaných) vzorcích tvaru kvádrů o ploše 10x10x20 mm napříč svalovými vlákny odebíraných z centra každého svalu. Výsledné hodnoty jsou průměrem deseti stříhů u každého vzorku. Vzorky po grilování byly skladovány při pokojové teplotě a měřeny přibližně

3 hodiny po grilování. Tepelná úprava je popsána v části Senzorická analýza. V rámci přípravy vzorků na senzorickou analýzu byly stanoveny podíly hmotnostních ztrát při procesech zmrazování/rozmrazování a tepelné úpravy. Vzorky byly váženy před zamrazením, po rozmrazení, před tepelnou úpravou, neprodleně po tepelné úpravě a po třech minutách stání za pokojové teploty.



Obrázek 9 - Měření instrumentální křehkosti; zdroj: archiv vedoucího práce

4.3.3 Stanovení odkapu

Ztráty způsobené odkapem byly určeny na základě výpočtu procentuálního podílu hmotnostních ztrát. Dva dny od porážky (48 hodin) byly odebrány vzorky svalů o hmotnosti přibližně 80 g. Stanovení odkapu proběhlo zavěšením na kovový drát a umístěním do polyethylenového sáčku s vnitřním objemem vzduchu, což zamezilo kontaktu stěny sáčku a vzorku. Následně byly vzorky uloženy do chladničky na dobu 24 hodin při teplotě + 4 °C. Po uplynutí stanovené lhůty bylo provedeno opětovné vážení a výpočet Honikel (1998).

4.3.4 Stanovení vaznosti

Vaznost masa byla hodnocena dle ISO 17025. Vzorky o hmotnosti 80 g byly rozmělněny za přidání 120 ml destilované vody a 5 g NaCl. Homogenizát byl kvantitativně převeden do odtárované zkumavky a opětovně zvážen. Poté byly zkumavky umístěny do vodní lázně o teplotě + 75 °C po dobu 30 minut. Následovně byla odpipetována volná tekutina, zkumavky byly po svislé straně otočeny a ponechány tak dalších 30 minut, po uplynutí časové lhůty byly zváženy. Ke stanovení vaznosti byl použit následující výpočet:

$$\% \text{ zvážené vody} = \frac{250 \times (b - 0,4 \times a)}{a}$$

Člen **a** je navážka homogenizované hmoty, člen **b** váha homogenizované hmoty po procesu zahřátí a zchlazení.

4.4 Chemické složení masa

V rámci chemické analýzy byly stanoveny následující parametry: sušina, obsah hrubého proteinu, obsah intramuskulárního tuku, stanovení celkového obsahu kolagenu, podíl rozpustného kolagenu. Pro vlastní analýzu byly vzorky čisté svaloviny o hmotnosti minimálně 200 gramů svaloviny rozemlety, zamrazeny a uchovány při teplotě - 20 °C.

Sušina byla stanovena sušením vzorků v peci při teplotě + 105 °C do konstantní hmotnosti (AOAC, 1990). Hmotnosti byly zaznamenány. Vysušené vzorky byly rozmělněny přístrojem Grindomix GM 200, Retch (Haan, Německo). Dusík ve vzorcích byl mineralizován na amoniak, ten byl destilován a následně titrován. Obsah hrubého proteinu byl určen pomocí přepočítávacího faktoru 6,25 (Kjeltec 2400, sampler unit 2460, FOSS Tecator AB, Höganäs, Švédsko).

Intramuskulární tuk byl extrahován dle ISO 1444 (1996) z vysušeného vzorku petroletherem na přístroji Soxtec Avanti 2055, FOSS Tecator AB, Švédsko). Po ukončení analýzy na přístroji byly dílčí vzorky zváženy a tuk byl určen výpočtem.

K zjištění obsahu celkového kolagenu a podílu rozpustného kolagenu byla užitá metoda dle Hill (1966). Termolabilní – rozpustný – kolagen byl extrahován ve dvou opakováních z 1 g tukuprosté sušiny vzorků zahříváním ve vodní lázni po dobu 63 minut za teploty + 77 °C v ¼ Ringerova roztoku. Následně byly vzorky umístěny do centrifugy a odstředovány 10 minut při 4000 otáčkách, aby bylo dosaženo oddělení supernatantu od rezidua. Filtráty supernatantu i rezidua byly analyzovány na obsah hydroxyprolinu na spektrofotometru Varian Cary 50 Probe (Mulgrave, Austrálie) dle Bergmana a Loxley (1963). Pro výpočet rozpustné a nerozpustné frakce byly užitý faktory 7,52 a 7,25 (Cross et al. 1973). Celkový obsah kolagenu je vyjadřován v gramech na kilogram syrové svaloviny, byl vypočten součtem množství obou frakcí. Podíl tepelně rozpustného kolagenu je stanoven jako % podíl z celkového množství.

4.5 Deskriptivní senzorická analýza

Pro analýzu senzorických vlastností byla užitá metoda kvalitativní deskriptivní analýzy s komplexně vybalancovaným designem. Vzorky určené pro senzorickou analýzu byly očištěny od tukové a vazivové tkáně, označeny, vakuově zabaleny do polyethylenových sáčků a ponechány zrát po dobu 15 dnů od porážky při teplotě + 4 °C. Následně byly vzorky zamrazeny a uchovávány při teplotě - 20 °C v senzorické laboratoři do vlastního dne analýzy přibližně 120 dnů. Jeden den před senzorickou analýzou byly vzorky vyjmuty z mrazáku a vloženy do chladničky, kde za teploty + 4 °C rozmrzly. Následující den byly vzorky vyjmuty ze sáčků, vloženy na vytárovanou misku a zváženy po rozmrazení. Poté byly nakrájeny na plátky o šířce 20 mm a opět zváženy. Do plátků byl vsunut digitální vpichový teploměr (AD14TH, Ama-Digit, Kreuzwertheim, Německo). Plátky byly vloženy na sklokeramický gril (VCR 6l TL, Fiamma, Aveiro, Portugalsko) temperovaný na teplotu + 200 °C a grilovány do dosažení konečné teploty v jádře + 70 °C. Po vyjmutí z grilu byly neprodleně zváženy, ponechány 3 minuty v pokojové teplotě a opět zváženy pro zjištění ztrát grilováním. Dále byly zbaveny okrajových částí a rozkrájeny na kostičky o hraně 20 mm. Takto upravené vzorky byly vloženy do skleněných uzavíratelných nádob, zakódovány třímístnými číselnými kódy uvedenými na víčku nádoby a na nádobě. K zachování teploty byly do doby předkládání hodnotitelům uloženy do sušárny a uchovány při teplotě + 50 °C. Sensorická analýza se konala v laboratoři (ISO 8589, 2007) v individuálních boxech za uplatnění červeného osvětlení, které zabraňovalo diskriminaci vzorků dle barev (obrázek 10). Panel tvořilo deset trénovaných a zkušených hodnotitelů (ISO 8586-1, 1993) majících dlouhodobou zkušenost s hodnocením masa a masných výrobků. Hodnocení probíhalo ve třech samostatných dnech. Každému hodnotiteli bylo předkládáno pět setů o třech vzorcích masa jedinců poražených stejný den tak, aby byly rovnoměrně zastoupeny všechny testované skupiny. Výsledky jednotlivých hodnotitelů byly zapisovány na protokoly s předem stanovenými jedenácti deskriptory (tabulka 7). U každého deskriptoru byla grafická nestrukturovaná 100 mm dlouhá stupnice, která byla později pro statistickou analýzu transformována na číselnou škálu v rozmezí 0 až 100, na níž byly zaneseny všechny 3 vzorky ze setu (celkem pět protokolů na hodnotitele a den). Před prvním senzorickým dnem byla uskutečněna dvě samostatná sezení, kde byl panel obeznámen s problematikou posuzování při zvolených deskriptorech. Každé hodnocení bylo zahájeno zopakováním pravidel senzorické analýzy. Panel měl v jednotlivých boxech k dispozici jako neutralizační sousto chléb a buď pitnou vodu nebo desetistupňové alkoholické

či nealkoholické pivo. Po vlastním hodnocení byly interpretovány a vzájemně porovnávány výsledky jednotlivých hodnotitelů.



Obrázek 10 – Sensorická analýza; zdroj: archiv vedoucího práce

Tabulka 7 – Sensorické deskriptory

Deskriptor	Popis vlastnosti	Škála	Hodnocení
Intenzita vůně hovězího masa	Intenzita vůně typická pro daný druh masa	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Před vložením vzorku do úst
Intenzita cizí vůně	Intenzita abnormální vůně	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Před vložením vzorku do úst
Křehkost	Síla vynaložená na skus stoličkami	0 = velmi tuhé 100 = velmi křehké	Po prvních 2 - 3 skousnutích
Šťavnatost	Množství šťávy uvolněné vzorkem po skousnutí	0 = velmi suché 100 = velmi šťavnaté	Po prvních 3 - 5 skousnutích
Vláknitost	Struktura vláken	0 = velmi hrubé	Po prvních 5 -

		100 = velmi jemné	- 10 skousnutích
Žvýkatelnost	Množství tkáně, která zůstala po téměř úplném rozmělnění	0 = málo žvýkatelné 100 = snadno žvýkatelné	Po 15 skousnutích
Intenzita chuti hovězího masa	Intenzita chuti typická pro hovězí maso	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Žluklá chuť	Intenzita chuti podobná žluklému tuku	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Kyselá chuť	Intenzita kyselé chuti podobná kyselině citronové	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Jádrová chuť	Intenzita chuti podobná játrům	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích
Tučná chuť	Intenzita tučné nebo olejovité chuti	0 = není znatelné 100 = velmi intenzivní	Po prvních 5 - 10 skousnutích

Zdroj: autor práce

4.6 Statistická analýza

Ke zpracování dat byl využit statistický program SAS verze 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Každá proměnná byla podrobena proceduře UNIVARIATE - Kolmogorov-Smirovonu testu s cílem otestovat normalitu rozložení data a relevantnost následujících statistických operací. Následovně byla testována shoda rozptylů v proceduře GLM. Jelikož zjištěné testy ověřily vhodnost analýzy variance pro vyhodnocení souboru, byla data analyzována procedurou MIXED (smíšený lineární model využívající metodu REML (omezená odhadovaná maximální věrohodnost). V případě vlivu složení krmné dávky na chemické

složení a fyzikální vlastnosti byl užit pevný efekt skupiny výživy, náhodný efekt den porážky. U senzorické analýzy byl v modelové rovnici navíc zohledněn náhodný efekt hodnotitele. Statistická významnost rozdílů mezi jednotlivými skupinami byla testována Tukey-Kramerovým testem. V tabulkách prezentovaná data jsou vyjádřena jako nejmenší průměrné čtverce (LSM) s danou standardní chybou (SEM).

Modelová rovnice uplatněná při odhadu efektu výživy na charakteristiku fyzikálních vlastností a chemického složení masa dvou svalů:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + d_j + e_{ijk} ,$$

kde:

Y_{ijkl} = sledovaný ukazatel

μ = průměrná hodnota

V_i = pevný efekt skupiny výživy ($i = 1$ až 3)

d_j = náhodný efekt dne porážky ($j = 1$ až 6)

e_{ijk} = reziduální chyba

Modelová rovnice uplatněná při odhadu efektu výživy na organoleptické vlastnosti masa:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + d_j + h_k + e_{ijkl} ,$$

kde:

Y_{ijkl} = sledovaný ukazatel

μ = průměrná hodnota

V_i = pevný efekt skupiny výživy ($i = 1$ až 3)

d_j = náhodný efekt dne porážky ($j = 1$ až 6)

h_k = náhodný efekt hodnotitele ($k = 1$ až 10)

e_{ijkl} = reziduální chyba

5 Výsledky

Byl hodnocen vliv různých bílkovinných zdrojů na fyzikální vlastnosti, chemické složení a senzorické charakteristiky masa býků českého strakatého skotu. U obou svalů – *longissimus lumborum* i *rectus abdominis* byly nalezeny statisticky signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami charakterizovanými vždy jedním bílkovinným zdrojem: K (kontrola), R (řepka), L (lupina).

5.1 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti měřené u jatečně upravených těl jsou uvedeny v tabulce 8. Bylo zjištěno, že hodnota pH nevykazovala výrazné rozdíly mezi jednotlivými skupinami u svalu RA, mírně vyšší byla u skupiny K oproti skupinám L a R. U svalu LL byla naměřena totožná hodnota pro všechny tři skupiny.

Ztráty odkapem se u svalu LL pohybovaly okolo 1,18 % pro všechny skupiny, u druhého svalu byly nižší, do 1 % pro všechny skupiny. Stejně tak u vaznosti se neprojeví rozdíly mezi jednotlivými druhy výživy.

Při hodnocení barvy syrového masa 48 hod po porážce nebyly v žádném ze sledovaných parametrů shledány statisticky signifikantní diference. Přesto lze sledovat určitou tendenci ($P = 0,0722$) u svalu RA kdy maso býků vykrmovaných krmnou dávkou R bylo červenější, než tomu bylo u vzorků skupiny L.

Síla stříhu měřená Warner-Bratzlerovým nožem (WB SF) u grilovaných vzorků i technologické ukazatele související se skladováním a tepelnou úpravou masa jsou uvedeny v tabulce 9. Instrumentální tuhost masa měřená pomocí WB SF prokázala statisticky významný rozdíl ($P = 0,0169$) u svalu RA. Nejnižší síla stříhu byla potřebná u vzorku L, z čehož vyplývá, že maso skupiny L tohoto svalu vykazovalo asi o 15 % nižší tuhost, než tomu bylo v případě skupiny R. Přestože sledované hodnoty nebyly u svalu LL statisticky signifikantní, rovněž byla zjištěna nejvyšší síla vyvinutá k přestřížení svalových vláken u skupiny L.

Celkové ztráty zmrazením, grilováním a po grilování se pohybovaly okolo 33 % pro LL a 27 % pro RA. Nejvyšší byly u svalu LL pro skupinu řepka, u svalu RA pro skupinu lupina. Poměrně překvapivě vysoké jsou ztráty měřené po 3 minutách po grilování, které činily průměrně 5,6 % pro RA a 6,9 % pro LL. Mezi skupinami se výrazně neliší a u obou svalů vyšly nejvyšší u skupiny R.

Tabulka 8 - Fyzikální vlastnosti svalů *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu

	Kontrola (n = 12) <i>LSM</i>	Výživa		<i>SEM</i>	Významnost
		Řepka (n = 12) <i>LSM</i>	Lupina (n = 12) <i>LSM</i>		<i>P-value</i>
<i>Longissimus lumborum</i>					
pH	5,79	5,79	5,79	0,02	0,9927
Odkap (%)	1,19	1,18	1,17	0,23	0,9967
Vaznost (%)	27,81	26,34	29,40	2,55	0,5376
Barva					
Světlost, <i>L</i> *	40,50	40,38	39,79	0,91	0,7628
Červenost, <i>a</i> *	10,80	11,10	11,22	0,86	0,7652
Žlutost, <i>b</i> *	11,32	11,50	11,59	0,39	0,8655
Sytost barvy, <i>C</i> *	15,76	16,07	16,23	0,57	0,7924
Odstín, <i>h</i>	30,84	33,80	33,52	8,12	0,7355
<i>Rectus abdominis</i>					
pH	5,94	5,89	5,89	0,02	0,1121
Odkap (%)	0,70	0,84	0,85	0,13	0,5977
Vaznost (%)	12,65	11,59	12,26	1,84	0,5963
Barva					
Světlost, <i>L</i> *	42,25	39,63	41,26	1,06	0,1120
Červenost, <i>a</i> *	12,69	13,94	12,16	0,81	0,0722
Žlutost, <i>b</i> *	13,57	14,03	12,69	0,82	0,4363
Sytost barvy, <i>C</i> *	18,71	19,84	17,64	0,88	0,2109
Odstín, <i>h</i>	31,91	37,02	33,1	6,64	0,4293

Tabulka 9 - Instrumentální tuhost a technologické vlastnosti svalů *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu

	Kontrola	Výživa	Lupina	SEM	Významnost
	(n = 12) LSM	Řepka (n = 12) LSM	(n = 12) LSM		P-value
<i>Longissimus lumborum:</i>					
Síla stříhu (N)	36,73	37,84	35,09	9,38	0,7865
Ztráty mrazením (%)	10,67	10,37	9,46	1,67	0,1811
Ztráty grilováním (%)	16,66	16,67	17,05	1,24	0,9681
Ztráty po grilování (%)	6,90	6,83	7,25	0,39	0,7136
Celkové ztráty (%)	33,34	32,97	32,87	1,19	0,9581
<i>Rectus abdominis:</i>					
Síla stříhu (N)	44,68 ^A	41,01 ^{AB}	38,00 ^B	1,48	0,0169
Ztráty mrazením (%)	6,18	5,01	5,72	1,05	0,6631
Ztráty grilováním (%)	15,97	17,21	17,12	2,16	0,8967
Ztráty po grilování (%)	6,68	4,86	5,16	1,92	0,5349
Celkové ztráty (%)	28,49	26,71	27,64	2,59	0,8857

^{A,B,C} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$)

5.2 Chemické složení

Obsah základních složek v tkáních obou svalů je uveden v tabulce 10. Maso z roštěnce (LL) a pupku (RA) obsahovalo průměrně 25,6 %, respektive 25,8 % sušiny, přesto mezi sledovanými skupinami nebyly shledány statisticky signifikantní diference. Jak dále vyplývá z tabulky 10, přestože obsah intramuskulárního tuku byl u obou svalů nejvyšší u skupiny R, (a je příčinou nejvyššího množství sušiny), rozdíly mezi skupinami navzájem byly také velmi malé a neprůkazné.

Obsahu celkového kolagenu u svalu RA byl na hranici statistické významnosti ($P = 0,0530$) mezi bílkovinnými zdroji. Nejvyšší obsah celkového kolagenu měli býci, kteří byli krmeni řepkovým šrotem. Podobně tomu bylo u svalu LL, avšak stanovené rozdíly byly výrazně menší.

Další měřené parametry jako např. obsah hrubého proteinu nepoukazovaly na rozdíly ve vzorcích. Vyšší hladiny významnosti ($P = 0,09$) byly zjištěny u obsahu hydroxyprolinu ve svalu RA, jež byl nejnižší u skupiny L, nejvyšší u kontroly a u procentuálního zastoupení rozpustného kolagenu ve svalu LL opět nejvyšší u kontroly a nejnižší pro skupinu lupina.

Tabulka 10 - Chemické složení svalů *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ syrové svaloviny) u býků českého strakatého skotu

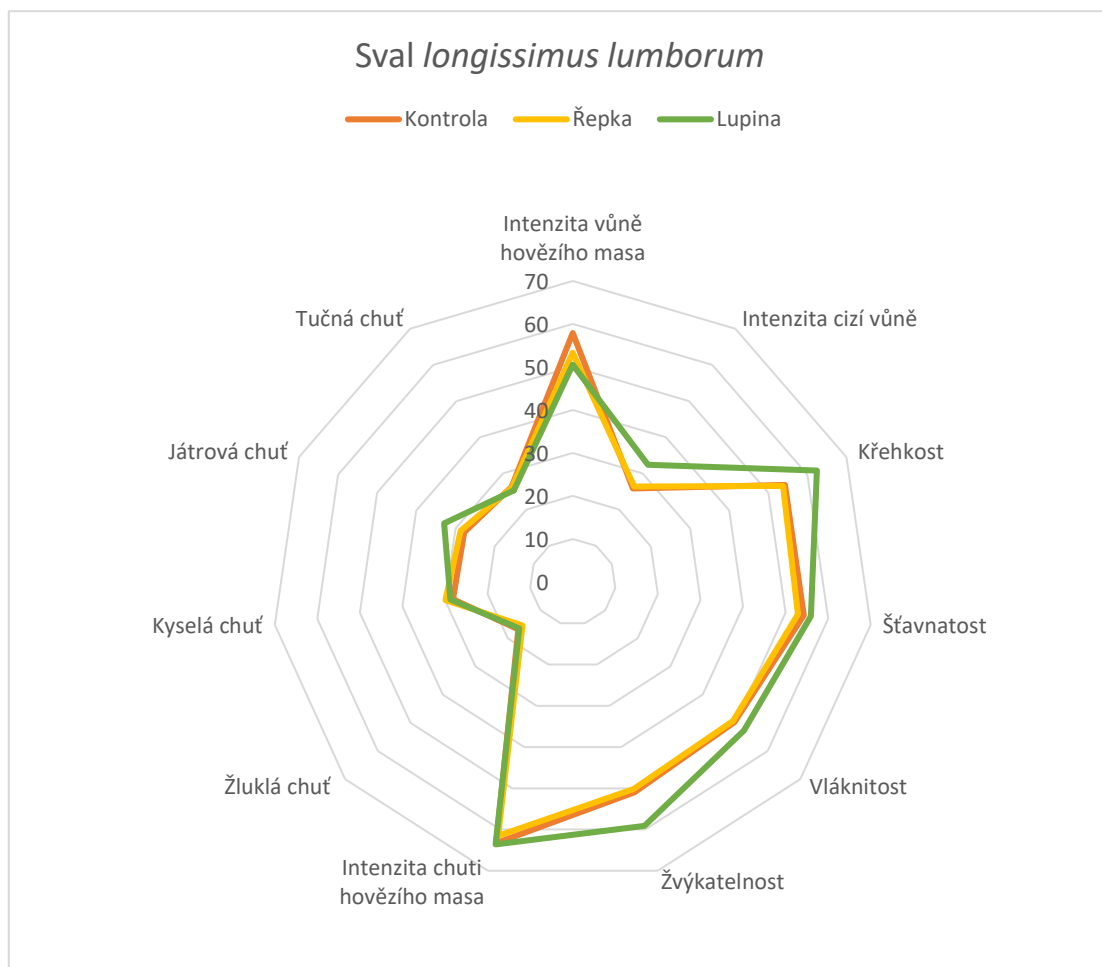
	Kontrola (n = 12) <i>LSM</i>	Výživa Řepka (n = 12) <i>LSM</i>	Lupina (n = 12) <i>LSM</i>	Významnost	
				<i>SEM</i>	<i>P-value</i>
<i>Longissimus lumborum:</i>					
Sušina	252,4	258,3	256,1	2,39	0,2172
Hrubý protein	209,2	208,1	208,7	1,12	0,7593
Hrubý tuk	19,2	24,9	21,5	2,07	0,1582
Hydroxyprolin	0,60	0,59	0,58	0,04	0,8857
Celkový kolagen	3,77	3,87	3,74	0,23	0,8633
Rozpustný kolagen (%)	32,0	28,7	28,0	2,42	0,0978
<i>Rectus abdominis:</i>					
Sušina	256,4	260,1	256,4	3,41	0,5967
Hrubý protein	199,01	196,55	197,40	1,85	0,6368
Hrubý tuk	31,01	37,56	33,79	3,55	0,4189
Hydroxyprolin	0,81	0,74	0,70	0,03	0,0930
Celkový kolagen	5,22^A	4,77^{AB}	4,51^B	0,20	0,0530
Rozpustný kolagen (%)	29,3	25,96	26,21	1,50	0,1109

^{A,B,C} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$)

5.3 Senzorická analýza

Z výsledků deskriptivní senzorické analýzy vyplývá, že použití různých zdrojů bílkovinných krmiv neovlivnilo ani u jednoho ze svalů vláknitost, kyselou a tučnou chuť, avšak statisticky významné diference byly pozorovány u ostatních hodnocených senzorických vlastností. Všechny hodnoty deskriptorů jsou uvedeny v tabulce 11. Grafické znázornění je uvedeno pro sval LL v grafu 16 pro sval RA v grafu 17.

U svalu LL byl zjištěn významný a statisticky průkazný rozdíl ($P = 0,0035$) v intenzitě vůně hovězího masa. Ta byla nejméně intenzivní u býků krměných lupinou, naopak značně dominovala u kontrolní skupiny. Skupina krměná řepkovým šrotem se pohybovala v průměrných hodnotách. Tento výsledek se shoduje s hodnotami u druhého svalu RA ($P = 0,021$). S tímto korespondují i hodnoty uvedené pro intenzitu cizí vůně, které jsou nejvyšší pro skupinu L –LL ($P = 0,0101$, respektive RA $P < 0,001$). Rozdíly diety K a R byly tentokrát velmi nízké a nevykazovaly statisticky vzájemné rozdíly.



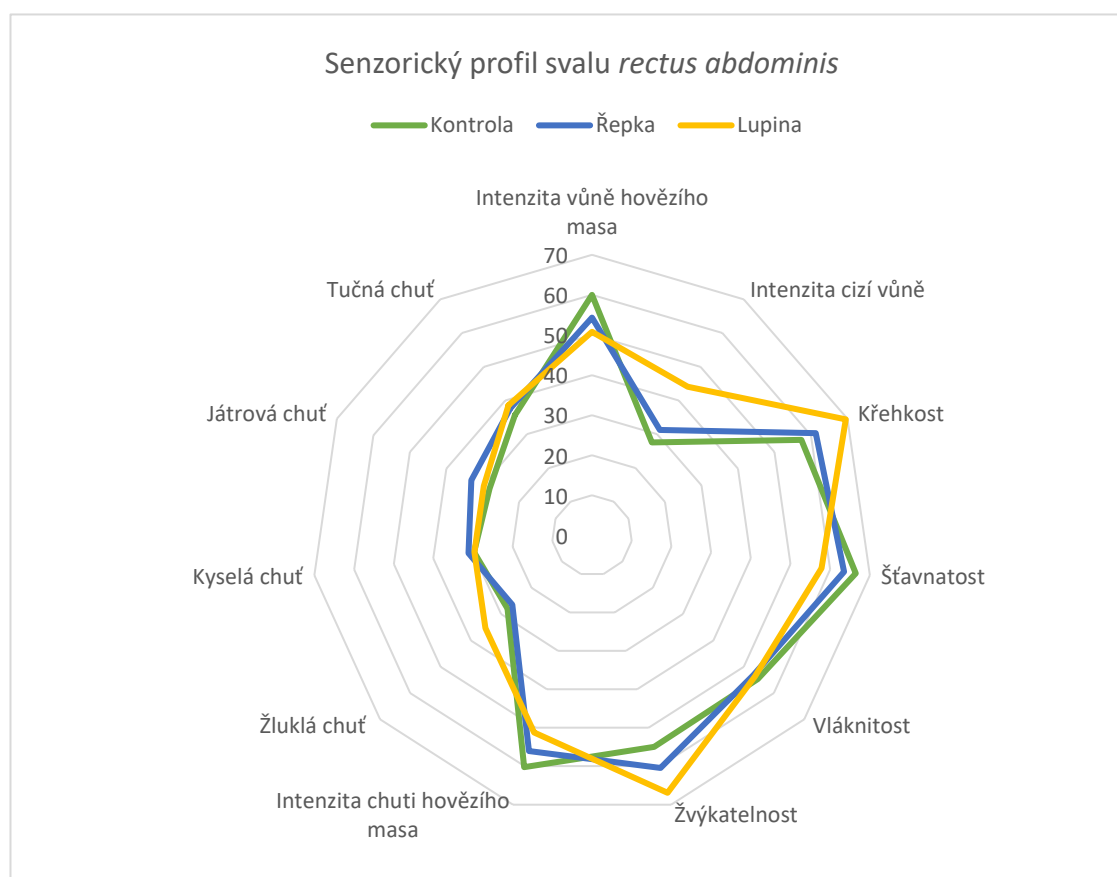
Graf 16 – Sensorické hodnocení svalu *longissimus lumborum*; zdroj: autor práce

Senzorický panel vyhodnotil jako nejkřehčí maso pro oba svaly (LL $P = 0,006$; RA $P < 0,001$) vzorky pocházející ze skupiny L. To plně koresponduje s měřením síly stříhu WB, která byla pro tuto skupinu nejnižší. Vzorky K a R se od sebe odlišovaly jen s nepatrnými odchylkami.

Dále byl statisticky významný rozdíl ($P = 0,0172$) popsán u ukazatele šťavnatosti. Ta byla u svalu RA hodnocena jako nejvyšší u kontrolní skupiny, zatímco nejnižší bodové hodnocení získala skupina L. U svalu LL tyto rozdíly nebyly nalezeny.

Nejsnazší žvýkatelností se vyznačovaly oba svaly zvířat, kterým byla zkrmována lupina pro sval LL ($P = 0,0063$), pro sval RA ($P = 0,0012$). A zatímco u LL dosáhly R a K podobných výsledků, u RA bylo jako nejobtížněji žvýkatelné klasifikováno maso kontrolní skupiny.

Nejvyšší intenzita chuti hovězího masa byla shledána u svalu RA ($P = 0,0243$). Jako s nejvyšší intenzitou bylo hodnoceno maso pocházející z kontrolní skupiny, zatímco nejnižší intenzitu mělo maso pocházející ze skupiny lupina, což je v souladu s hodnocením vůně, kde byla intenzita vůně hovězího masa také nejvyšší u K.



Graf 17 - Senzorické hodnocení svalu *rectus abdominis*; zdroj: autor práce

Signifikantní rozdíly v intenzitě žluklé chuti byly nalezeny pouze u svalu RA ($P = 0,0253$) skupiny L. U druhých dvou skupin nebyly popsány statisticky signifikantní difference. Oproti tomu chuť po játrech byla shledána pouze pro sval LL a opět nejvýraznější pro lupinu ($P = 0,0321$). Nejméně intenzivní byla jádrová chuť vzorků skupiny K.

Při hodnocení organoleptických vlastností dvou svalů býků vykrmovaných krmnou dávkou s různým zdrojem proteinové složky lze shrnout, že kontrolní skupina zaznamenala nejvyšší intenzitu vůně i chuti hovězího masa, zatímco maso býků krmených lupinou vykazovalo nejvyšší intenzitu cizí vůně a nejpříznivější charakteristiky textury masa, tedy zejména křehkosti a žvýkatelnosti.

Tabulka 11 - Sensorický profil grilovaných svalů *longissimus lumborum* a *rectus abdominis* u býků českého strakatého skotu

	Kontrola (n = 12) <i>LSM</i>	Výživa Řepka (n = 12) <i>LSM</i>	Lupina (n = 12) <i>LSM</i>	Významnost	
				<i>SEM</i>	<i>P-value</i>
<i>Longissimus lumborum:</i>					
Intenzita vůně hovězího masa	57,90 ^A	53,30 ^{AB}	50,53 ^B	3,73	0,0035
Intenzita cizí vůně	25,87 ^B	26,36 ^B	32,38 ^A	5,45	0,0101
Křehkost	54,27 ^B	53,75 ^B	62,43 ^A	6,38	0,0060
Šťavnatost	54,29	52,91	55,97	2,38	0,5902
Vláknitost	49,73	49,36	52,73	3,98	0,4478
Žvýkatelnost	50,96 ^B	50,23 ^B	59,12 ^A	6,03	0,0063
Intenzita chuti hovězího masa	63,30	61,53	63,60	4,36	0,5486
Žluklá chuť	16,77	15,46	16,49	2,74	0,6982
Kyselá chuť	28,14	29,91	28,70	4,94	0,7071
Játrová chuť	27,75 ^B	28,65 ^{AB}	32,89 ^A	5,19	0,0321
Tučná chuť	26,25	26,14	25,34	4,97	0,8706
<i>Rectus abdominis:</i>					
Intenzita vůně hovězího masa	60,00 ^A	54,33 ^{AB}	50,79 ^B	3,38	0,0210
Intenzita cizí vůně	27,59 ^B	31,32 ^B	44,10 ^A	4,65	<0001
Křehkost	57,42 ^B	61,36 ^B	69,58 ^A	2,61	0,0010
Šťavnatost	66,45 ^A	63,50 ^{AB}	57,79 ^B	3,33	0,0172
Vláknitost	54,74	53,17	53,70	3,33	0,8901
Žvýkatelnost	55,01 ^B	60,45 ^{AB}	66,91 ^A	2,72	0,0012
Intenzita chuti hovězího masa	60,24 ^A	56,03 ^{AB}	51,26 ^B	3,53	0,0243

Žluklá chuť	27,90^B	26,35^B	35,25^A	3,56	0,0253
Kyselá chuť	29,75	31,15	29,66	3,96	0,8709
Játrová chuť	28,11	33,15	29,73	6,73	0,2305
Tučná chuť	35,65	37,72	38,56	5,21	0,5427

^{A,B,C} Hodnoty označené rozdílnými symboly se navzájem statisticky významně liší ($P < 0,05$)

6 Diskuze

Předložená práce se zabývá vyhodnocením zkrmování různého proteinového zdroje u býků českého strakatého skotu ve výkrmu a vlivem na fyzikální, chemické a organoleptické charakteristiky masa. Zvířata srovnávaných skupin byla chována za identických podmínek, porážena ve stejném věku a zacházení s jatečnými těly a masem po porážce bylo totožné pro všechny jedince. Jelikož parametry kvality u jednoho svalu nelze považovat za relevantní ukazatel kvality celého jatečného těla (Hocquette et al. 2014), bylo cílem předložené práce porovnat kvalitu masa ze dvou svalů býků českého strakatého skotu při užití různých bílkovinných zdrojů v krmné dávce.

V průběhu výkrmového experimentu nebyly zaznamenány statisticky významné difference mezi jednotlivými skupinami v denní spotřebě krmiva či průměrném denním přírůstku. Tímto lze potvrdit, že nízké koncentrace tzv. antinutričních látek, které jsou v druhu lupiny bílé obsaženy (Masoero et al. 2005; Prandini et al. 2005), neovlivňují spotřebu krmiva či chuť býků k jídlu ve srovnání s běžnými druhy krmiv. Toto je v souladu s autory podobných prací, v nichž též nebyly shledány odlišnosti (Vincenti et al. 2009; Dawson 2012; Lestingi et al. 2016; Corazzin et al. 2018) a naopak v kontrastu s autory Tracy et al. (1988), kteří prokázali snížení průměrného denního přírůstku u jehňat krmených lupinou oproti těm, jimž byla zkrmována sója. To by mohlo být způsobeno dvěma faktory: 1) vyšší rozpustnost dusíku obsaženého v lupině oproti sóji (87,1 % ku 12,7 %) a tím i vyšší degradovatelnost v bachoru (Robinson et McNiven 1993; Masoero et al. 2005) a 2) složení lupinového proteinu, který obsahuje méně kyseliny glutamové a sirných aminokyselin (Prandini et al. 2005). Výše dosahovaného přírůstku ve výkrmu však do značné míry závisí na množství energie v krmné dávce. Ta byla v našem experimentu u všech skupiny srovnatelná, a proto nebyly nalezeny statisticky průkazné rozdíly v intenzitě růstu.

Hodnota pH se neodlišovala v rámci jednotlivých skupin u obou svalů a byla naměřena v rozmezí odpovídajícímu masu, u nějž byl standardní průběh postmortálních procesů, které nevykazovalo vadu DFD či jinou vadu způsobenou nesprávným zacházením se zvířaty před porážkou (Mach et al. 2008). Stejně tak Vincenti et al. (2009) neprokázali rozdílné hodnoty pH při zařazení 20 % lupiny bílé (*Lupinus albus*) do krmné dávky mladých býků oproti kontrolní skupině tvořené z 16,5 % sójovou moučkou. Lestingi et al. (2015) dospěli ke stejným závěrům při zkrmování lupiny jehňatům. Corazzin et al. (2018) neidentifikovali statisticky významné rozdíly v hodnotě pH při implementaci hrachu setého do krmné dávky.

Ve shodě s autory Lestingi et al. (2015), Lestingi (2016) a Corazzin et al. (2018) barva syrového masa měřená 48 hod. po porážce nevykázala statisticky průkazné rozdíly při užití alternativních bílkovinných zdrojů. Maso svalu RA bylo nejtmavší a nejčervenější ve skupině, jež konzumovala řepkový šrot, což by mohlo být způsobeno zároveň nejvyšším obsahem tuku ve svalu skupiny R (Page et al. 2001). Ve studii Corazzin et al. (2018) byla barva masa svalu LL skupiny býků, jež konzumovala výhradně sójovou moučku tmavší, nežli u skupiny, které byl zkrmován hrách jako substituent sóji. K totožným závěrům dospěli i Lestingi et al. (2016) při hodnocení barvy masa jehňat, kde nejsvětlejší, ale zároveň nejčervenější maso měla skupina, u které byl protein doplňován pomocí hrachové bílkoviny. Vzhledem k tomu, že barva je podle Garcia-Torés (2016) jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující volbu konzumentů při nákupu masa, mohlo by být pro producenty masa přínosné, se na tento parametr zaměřit.

Chemická analýza svalové tkáně pupku (RA) a roštěnce (LL) prokázala, že různé druhy výživy významně neovlivnily chemické složení masa. To potvrzuje i závěry autorů Vicenti et al. (2009), kteří neprokázali rozdíly v chemickém složení u skupiny krmené sójou oproti skupině krmené lupinou. S tímto souhlasí i Lestingi et al. (2016), kteří taktéž nepopsali odlišné složení jehněčího masa při zkrmování hrachu, směsi hrachu a lupiny a výhradně lupiny. Oproti výše zmíněným stojí práce Calabro et al. (2014), která porovnávala býky dvou skupin krmených buď sójou nebo bobem obecným. Bob v krmné dávce snížil obsah tuku, proteinu i cholesterolu oproti sóji, což dodalo masu pro konzumenty velmi dobré dietetické vlastnosti. Obsah intramuskulárního tuku, který je konzumenty vnímaný jako symbol křehkosti, byl v této studii analyzován jako nejvyšší u skupiny býků krmených řepkovým šrotem, avšak rozdíly oproti ostatním skupinám byly malé a statisticky nevýznamné. Dle vědeckých prací některých autorů lze substitucí sóji jinou alternativní bílkovinnou plodinou, spíše než množstvím intramuskulárního tuku, změnit profil mastných kyselin (Scerra et al. 2011; Calabro et al. 2014; Lestingi et al. 2015). Stanovení profilu mastných kyselin není řešeno v rámci této diplomové práce, ale v rámci většího experimentu a někteří další autoři se tomuto tématu již věnovali. Například Corazzin et al. (2018) neprokázali významný rozdíl v obsahu intramuskulárního tuku při zkrmování hrachu setého oproti sóji, ale prokázali rozdílné zastoupení jednotlivých mastných kyselin, přičemž u skupiny krmené sójou dominovaly kyseliny stearová a olejová, nižší koncentrace byla u kyseliny palmitové a myristové. Na druhou stranu skupina se zastoupením hrachu více ovlivnila aktivitu desaturázy, která v trávicím traktu přežvýkavců přeměňuje nasycené mastné kyseliny na nenasycené a podílí se na vzniku konjugované kyseliny linolové (Lanza et al. 2011). Vincenti et al. (2009) poukazují užitím lupiny ve výkrmu na zlepšení profilu polyenových mastných kyselin masa oproti sóji. Lupina totiž přirozeně

obsahuje vyšší množství kyseliny olejové a linolenové a méně linolové (Ragni et al. 2002). Poměr omega 6/omega 3 je nízký, což je pro lidskou výživu vyžadováno (Moss et al. 2001).

Na základě dat ze sensorické analýzy lze konstatovat, že různé zdroje bílkovinných krmiv ovlivnily sensorické charakteristiky masa. Tato práce je však jedna z mála, která zahrnuje sensorickou analýzu, proto zdrojů pro srovnání výsledků není mnoho. Co se týče texturních charakteristik, statisticky významný rozdíl byl detekován u deskriptorů křehkosti u obou dvou svalů – roštěnce i pupku a jako nejkřehčí bylo popsáno maso býků, jejichž krmná dávka obsahovala lupinu. To bylo objektivně potvrzeno i nejnižší velikostí síly stříhu WB SF. Z dostupných prací zabývajících se vlivem zkrmováním lupiny na organoleptické vlastnosti masa u dalších hospodářských zvířat, popisují Volek et al. (2018) zlepšení textury masa ve zvýšení křehkosti a zjemnění vláknitosti masa u brojlerových králíků, ve srovnání se zvířaty, kterým byla předkládána krmná dávka na bázi sóji. Zajímavé je, že maso bylo klasifikováno jako nejkřehčí, ačkoliv nemělo nejvyšší obsah intramuskulárního tuku, přičemž dle výsledků Bureš et Bartoň (2018) je obsah tuku v pozitivní korelaci s deskriptorem křehkosti. Corazzin et al. (2018) neprokázali žádné statisticky průkazné rozdíly v rámci sensorické analýzy masa býků krmných hrachem oproti sóji, dokonce ani v hodnotách WB SF. Autoři práce tuto skutečnost zdůvodňují téměř identickým chemickým složením mas obou skupin. Navíc Anderson et al. prokázali, že změnu sensorických charakteristik panel nezaznamenal ani při zvýšené koncentraci hrachové bílkoviny. S negativními nálezy u sensorické analýzy se ztotožnili i Vicenti et al. (2009), kteří neshledali signifikantní difference mezi skupinami býků krmnými sójou a lupinou.

V této práci bylo dále prokázáno, že maso obou svalů skupiny L bylo sice nejkřehčí a pro sval RA i nejsnáze žvýkatelné, ale mělo rovněž nejvyšší intenzitu tzv. cizí vůně a s tím související nejnižší intenzitu vůně hovězího masa. To se u prací dalších autorů (Corazzin et al. 2018; Anderson et al. 2011) nepotvrdilo. Corazzin et al. (2018) ve své práci dodává, že někteří konzumenti upřednostňují produkty ekologického zemědělství kvůli jejich původu, což by mohlo zvýšit celkovou oblibu těchto produktů (a tedy i například bio masa bez užití GM krmiv).

Co se týče souhrnných poznatků této studie, bylo potvrzeno, že zařazení alternativních bílkovinných zdrojů je vhodné a možné, aniž by došlo k výrazným změnám fyzikálních vlastností a chemického složení výsledných produktů. Potvrzují se tím tedy například závěry práce Suchý et al. (2006) a následně Suchý et al. (2011) v nichž je doporučeno zařadit luskoviny jako zdroj bílkovin pro optimální doplnění živin. Tefera et al. (2015) upřednostňují konzumaci lupiny k zajištění dostatečného přírůstku u přežvýkavců. Lupina je doporučována i Masucci et al. (2006) pro zlepšení koagulačních vlastností a zvýhodnění profilu mastných

kyselin ovčího mléka. Sensorické vlastnosti jsou málo objasněnou kapitolou a bylo by žádoucí uskutečnit další experimenty ke zjištění, zda deskriptor intenzity cizí chuti a rozdíl v intenzitě hovězího masa dokáže identifikovat i netrénovaný hodnotitel. Z hlediska pěstitelského a krmivářského by lupina mohla být vhodnou alternativou.

Zařazení řepkového šrotu jako alternativního bílkovinného krmiva se prokázalo jako účinné u studií na prasatech i kuřecích brojlerch. Dle výsledků této studie měly hodnoty chemického složení, fyzikálních vlastností průměrnou výši. Jediný výraznější rozdíl byl prokázán v sensorické analýze, kdy bylo maso býků této skupiny považováno za nejméně křehké, což potvrdila i WB SF. Z výše uvedeného je patrné, že i řepkový extrahovaný šrot by mohl být vhodnou alternativou z krmivářského hlediska.

7 Závěr

- Na základě výsledků a diskuze shrnutých v předchozích kapitolách lze konstatovat, že uplatnění různých zdrojů proteinů v krmné dávce vykrmovaných býků českého strakatého skotu neovlivnilo chemické složení masa dvou sledovaných svalů (*longissimus lumborum* a *rectus abdominis*).
- Z fyzikálních vlastností nebyla výživou ovlivněna barva masa ani jeho pH. V případě hodnocení instrumentální tuhosti masa vyjadřované prostřednictvím síly stříhu měřené Warner-Blatzlerovým nožem byla u svalu *rectus abdominis* pozorována nižší hodnota u masa u býků, jejichž krmná dávka obsahovala lupinu ve srovnání s ostatními skupinami. Různá výživa vykrmovaných býků neovlivnila ani technologicky významné ukazatele jako je odkap, vaznost masa nebo ztráty vznikající v průběhu skladování a tepelné úpravy.
- Výsledky hodnocení organoleptických vlastností masa posuzovaných senzoričkým panelem odhalily značný vliv různé proteinové složky krmné dávky zejména na vůni a texturu masa.
- Zařazení lupiny do krmné dávky příznivě ovlivnilo řadu texturních charakteristik, zejména křehkost a žvýkatelnost. Naopak ve srovnání s kontrolní skupinou, jejíž zdroj dusíkatých látek byl zajištěn přídatkem močoviny, docházelo u hodnoceného masa ke snižování intenzity vůně a chuti typické pro hovězí maso.
- U skupiny zvířat krmených lupinou byl zaznamenán také značný nárůst nepřirozené cizí chuti. Oproti těmto zjištěním, zařazení extrahovaného řepkového šrotu do krmné dávky nezpůsobilo žádné statisticky signifikantně odlišné výsledky v senzoričkém profilu masa obou svalů oproti kontrolní skupině.
- Vzhledem ke skutečnosti, že texturní charakteristiky hovězího masa a zejména jeho křehkost představují kritický bod ve vnímání jeho kvality a přijatelnosti konzumenty, představuje využití lupiny bílé zajímavou alternativu pro zlepšení těchto klíčových ukazatelů. Nicméně je zapotřebí současně sledovat i působení na charakteristiky vůně a chuti.

8 Literatura

- Agarwal R. 2011. Vitamin B12 deficiency & cognitive impairment in elderly population The Indian Journal of Medical Research **134 (4)**: 410-412.
- Anderson OS, Sant KE, Dolinoy DC. 2012. Nutrition and epigenetics: an interplay of dietary methyl donors, one-carbon metabolism and DNA methylation. The Journal of Nutritional Biochemistry **23(8)**: 853-859.
- Anderson VL, Maddock-Carlin K, Ilse BR. 2012. Effect of feeding field pea and field pea components in finishing diets on feedlot performance, carcass traits, tenderness and taste panel response from four different muscles in beef cattle. North Dakota Beef Report **1**:30–34.
- Araba M, Dale NM. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of under processing soybean meal. Poultry Science **69**:1749-1752.
- Austin GL, Ogden LG, Hill JO. 2011. Trends in carbohydrate, fat, and protein intakes and association with energy intake in normal-weight, overweight, and obese individuals: 1971–2006 American Journal of Clinical Nutrition **93**: 836-843.
- Avilés C, Martínez AL, Domenech V, Peña F. 2015. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. Meat science **107**: 94-103.
- Azain M. 2003. Conjugated linoleic acid and its effects on animal products and health in single-stomached animals. Proceedings of the Nutrition Society **62**: 319-328.
- Barrows G, Sexton S, Zilberman D. 2014. Agricultural biotechnology: the promise and prospects of genetically modified crops. The Journal of Economic Perspective **28**: 99-119.
- Bayraktaroglu, Alev Gurol; Kahraman, Tolga. 2011. Effect of muscle stretching on meat quality of biceps femoris from beef. Meat science **88.3**: 580-583.

- Beam TM, Jenkins TC, Moate PJ, Kohn RA, Palmquist DL. 2000. Effect of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *Journal of Dairy Science* **83**: 2564-73.
- Beauchesne-Rondeau E, Gascon A, Bergeron J, Jacques H. 2003. Plasma lipids and lipoproteins in hypercholesterolaemic men fed a lipid-lowering diet containing lean beef, lean fish, or poultry. *American Journal of Clinical Nutrition* **77**: 87-593.
- Bejerholm C, Aaslyng MD. 2004 The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork—Depending on the raw meat quality. *Food quality and preference* **15.1**: 19-30.
- Bejerholm C, Tørngren MA, Aaslyng MD. 2014. Cooking of Meat. *Encyclopedia of meat sciences*: 370-376.
- Berger J, Kim YHB, Legako JF, Martini S, Lee J, Ebner P, Zuelly SMS. 2018. Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat science* **145**: 285-291.
- Bergman I, Loxley R. 1963. Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Analytical Chemistry* **35**:1961–1965.
- Bernauer T, Meins E. 2003. Technological revolution meets policy and the market: Explaining cross-national differences in agricultural biotechnology regulation. *European Journal of Political Research* **42.5**: 643-683.
- Bernstein AM, Sun Q, Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Willett WC. 2010. Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women. *Circulation* **122**: 876-883.
- Bhate V, et al. 2008. Vitamin B12. *Food and Nutrition Bulletin* **29**: 249-254.

- Bingham SA, Hughes R., Cross AJ. 2002. Effect of white versus red meat on endogenous N-nitrosation in the human colon and further evidence of a dose response. *Journal of Nutrition*. **132**: 3522-3525.
- Binnie MA, Barlow K, Johnson V, Harrison C. 2014. Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science* **98**: 445-451.
- Bouton PE, Harris PV, Shorthose WR. 1976. Dimensional changes in meat during cooking. *Journal of Texture Studies*, **7**:179-192.
- Boyle P, Boffetta P, Autier P. 2008. Diet, nutrition and cancer: Public, media and scientific confusion. *Annals of Oncology* **19**:1665-1667
- British Nutrition Foundation. 2002. Nutrition labeling and health claims. British Nutrition Foundation, London.
- Bureš D, Bartoň L. 2009. Masná užitkovost, Masný skot od A do Z. Český svaz chovatelů masného skotu, Praha.
- Bureš D, Bartoň L. 2009. Vliv plemenné příslušnosti býků na senzoryckou kvalitu hovězího masa. *Náš chov* **69**: 75-77.
- Bureš D, Bartoň L. 2012. Vliv plemenné příslušnosti býků na chemické složení a senzorycké charakteristiky masa. *Maso* **23**: 57-60.
- Bureš D, Bartoň L. 2014. Organoleptické vlastnosti hovězího masa při odlišné době zrání. *Náš chov* **10**: 32-34.
- Bureš D, Bartoň L. 2018 Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science* **214**: 231-237.
- Bureš D, Kotrba R, Bartoň L, Adamec T. 2010. Antilopa losí – perspektivní druh na talířích českých strávníků? *Maso* **21**: 42-45.

- Bureš D, Bartoň L, Panovská Z. 2018. Hovězí maso: spotřeba, preference a postoje konzumentů v roce 2017. Zpravodaj Českého svazu chovatelů masného skotu. **4**: 40-42.
- Butler LM, Sinha R, Millika RC, Martin CF, Newman B, Gammon MD. Heterocyclic amines, meat intake, and association with colon cancer in a population-based study. 2003. *American Journal of Epidemiology* **57**: 434-45.
- Calabrò S, et al. 2014. Meat quality of buffalo young bulls fed faba bean as protein source. *Meat Science* **96**: 591-596.
- Cashman KD, Hayes A. 2017. Red meat's role in addressing 'nutrients of public health concern'. *Meat science* **132**: 196-203.
- Corrazin M, Piasentier E, Sacca E, Bazzoli I, Bovolenta S. 2018. Organic meat quality of dual purpose young bulls supplemented with pea (*Pisum sativum* L.) or soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **98**: 938-944.
- Cosgrove M, Flynn A, Kiely M. 2004. Impact of disaggregation of composite foods on estimates of intakes of meat and meat products in Irish adults. *Public Health Nutrition* **8**: 327-337
- Cosgrove M, Flynn A, Kiely M. 2007. Consumption of red meat, white meat and processed meat in Irish adults in relation to dietary quality. *The British Journal of Nutrition*, **93**: 933-942.
- Cromwell GL. 1999. Soybean Meal—The “Gold Standard”. *The Farmer's Pride, KPPA News* **11**: 20.
- Cross AJ, Leitzmann MF, Gail MH, Hollenbeck AR, Schatzkin A, Sinha R. A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. 2007. *PLoS Medicine* **12**: 325.
- Cross HR, Carpenite ZL, Smith GC. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science* **38**: 998–1003.

- Cuvelier Ch, Clinquart A, Hocquette JF, Cabaraux JF, Dufrasne I, Istasse L, Hornick JL. 2006. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science* **74.3**: 522-531.
- ČSÚ. 2018. Odhady sklizně. ČSÚ. Available from: <https://www.czso.cz/csu/czso/odhady-sklizne-operativni-zprava-k-15-9-2018> (accessed January 2019).
- ČSÚ. 2019. Spotřeba potravin. Spotřeba masa v hodnotě na kosti. ČSÚ. Available from: https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2017_ (accessed February 2019).
- ČSÚ. 2019. Výroba masa 2000 – 2018. ČSÚ. Available from: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=966&katalog=30840&pvo=ZEM08&pvo=ZEM08#w=_ (accessed February 2019).
- ČSÚ. 2019. Osevní plochy ozimých plodin pro sklizeň v roce 2019. ČSÚ. Available from: https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2019-https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM02&z=G&f=GRAFICKY_OBJEKT&skupId=346&katalog=30840&pvo=ZEM02&u=v46__VUZEMI__97__19#w= (accessed February 2019).
- Danaei G, et al. 2009. The preventable causes of death in the United States: Comparative risk assessment of dietary, lifestyle, and metabolic risk factors. *PLoS Medicine*, (e1000058) DOI: 10.1371/journal.pmed.1000058.
- Danielsson T, Gerhardsson P. 2017. Genetically modified soybean in animal feed. Commercial actors' ethical perspective in the Swedish market. Second cycle. A2E. Uppsala: SLU, Department of Economics.
- Dannenberger D, Nuernberg K, Nuernberg G, Ender K. 2006. Carcass-and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. *Archives Animal Breeding* **49**: 315-328.

- Dawson LER. 2012. The effect of inclusion of lupins/triticale whole crop silage in the diet of winter finishing beef cattle on their performance and meat quality at two levels of concentrates. *Animal feed science and technology* **171**: 75-84.
- De Freitas A, et al. 2014. Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. *Meat science* **96**: 353-360.
- Dei HK. 2011. Soybean as a feed ingredient for livestock and poultry. In *Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products*. IntechOpen. Available from: <http://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products/soybean-as-a-feed-ingredient-for-livestock-and-poultry> (accessed March 2019).
- Derbyshire W, Lues JFR, Joubert G, Shale K, Jacoby A, Hugo A. 2007. Effect of electrical stimulation, suspension method and ageing on beef tenderness of the Bonsmara breed. *Journal of Muscle Foods* **18**: 207-225.
- Domingo JL. 2016. Safety assessment of GM plants: An updated review of the scientific literature, Review. *Food and Chemical Toxicology* **95**: 12-18.
- Dransfield E, et al. 2003. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Science* **76**: 387-399.
- Droulez V, et al. 2006. Nutrient composition of Australian red meat 2002. 2. Fatty acid profile. *Food Australia* **58**: 335-341.
- Du L. 2014. *GMO Labelling and the Consumer's Right to Know: A Comparative Review of the Legal Bases for the Consumer's Right to Genetically Modified Food Labelling*. *McGill Journal of Law and Health* **8**.
- Dvořáčková J, Hladký J, Vyskočil I. 2019. Hodnocení výživové hodnoty krmiv. Multimediální prezentace ústavu výživy zvířat a píceinářství. Available from: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/index.php (accessed January 2019).

- Eastley R, Wilcock GK, Bucks RS. 2000. Vitamin B12 deficiency in dementia and cognitive impairment: The effects of treatment on neuropsychological function. *International Journal of Geriatric Psychiatry* **15**: 226-233.
- Eckel RH, Jakicic JM. 2014. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation* **129**: 76-99.
- EFSA. 2010. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to stearic acid and maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 716, 1657) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* **8**: 1476.
- EFSA. 2011. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to oleic acid intended to replace saturated fatty acids (SFAs) in foods or diets and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 673, 728, 729, 1302, 4334) and maintenance of normal (fasting) blood concentrations of triglycerides (ID 673, 4334) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* **9**: 2043.
- Elkin RG. 2002. Nutritional components of feedstuffs: a qualitative chemical appraisal of protein. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. CAB International, UK.
- Enser M, Hallett K, Hewitt B, Fursey GAJ, Wood JD. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* **42**: 443-456.
- European Feed Manufacturers Federation. 2007. Industrial compound feed production. FEFAC Secretariat General, Brussels.
- Eurostat 2015. Meat production statistics. Eurostat. Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Meat_production_statistics#Beef_and_veal_.28bovine_meat.29 (accessed January 2019).

- Eurostat 2018. Agriculture, forestry and fishery statistics 2018. Eurostat. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9455154/KS-FK-18-001-EN-N.pdf/a9ddd7db-c40c-48c9-8ed5-a8a90f4faa3f> (accessed January 2019).
- FAO. 2009. Global agriculture towards 2050. Rome: Economic and Social Development Division Food and Nutrition Bulletin, **29**: 249
- FAO. 2018. Meat market review. 2018. FAO, Rome.
- FAO. 2019. Meat market review. Overview of global meat market developments in 2018. 2019. FAO, Rome.
- Ferguson DM, Bruce HL, Thompson JM, Egan AF, Perry D, Shorthose WR. 2001. Factors affecting beef palatability—farmgate to chilled carcass. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **41**: 879-891.
- Fiems LO, De Campeneere S, Van Caelenbergh W, De Boever JL, Vanacker JM. 2003. Carcass and meat quality in double-musled Belgian Blue bulls and cows. *Meat Science* **63**: 345-352.
- Flood A, Veile EM, Sinha R, Chatterjee N, Lacey Jr JV, Schairer C. 2003. Meat, fat and their subtypes as risk factors for colorectal cancer in a prospective cohort of women. *American Journal of Epidemiology* **158**: 59-68.
- Fraser G. 1999. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-Day Adventists. *American Journal of Clinical Nutrition* **70**: 532-538.
- French P, et al. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science* **78**: 2849-2855.

- Fruet A, et al. 2018^a. Effects of feeding legume-grass pasture and different concentrate levels on fatty acid profile, volatile compounds, and off-flavor of the *M. longissimus thoracis*. Meat science **140**: 112-118.
- Fruet A, et al. 2018^b. Oxidative stability of beef from steers finished exclusively with concentrate, supplemented, or on legume-grass pasture. Meat science **145**: 121-126.
- Garcia-Torres S, Lopez-Gajardo A, Mesias FJ. 2016. Intensive vs. free-range organic beef. A preference study through consumer liking and conjoint analysis. Meat Science **114**: 114-120.
- Gebrehawerya B, Mezgeboab F, Monahana J, McGeeb M, O'Riordanb EG, Richardson IR, Bruntona NP, Moloneyb AP. 2017. Fatty acid, volatile and sensory characteristics of beef as affected by grass silage or pasture in the bovine diet. Food chemistry **235**: 86-97.
- Gibson RS, Heath AL, Szymlek-Gay EA. 2014. Is iron and zinc nutrition a concern for vegetarian infants and young children in industrialized countries? The American Journal of Clinical Nutrition **100**: 459-468.
- Gibson RS, Ashwell M. 2002. The association between red and processed meat consumption and iron intakes and status among British adults. Public Health Nutrition, **6**: 341-350.
- Gille D, Schmid A. 2015. Vitamin B12 in meat and dairy products. Nutrition Reviews **73**: 106-115.
- Giovannucci E, Rimm EB, Stampfer MJ, Colditz GA, Ascherio A, Willet WC. 1994. Intake of fat, meat and fiber in relation to risk of colon cancer in men. Cancer Research **54**: 2390-2397.
- Givens DI, Gibbs RA. 2006. Very long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in the food chain in the UK and the potential of animal-derived foods to increase intake. British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin, **31**: 104-110.

- Goldbohm RA, et al. 1994. A prospective cohort study on the relation between meat consumption and the risk of colon cancer. *Cancer Research* **54**: 718-723.
- Government of Canada. 2011. Health Canada Eating well with Canada's food guide 2011. Available from <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/index-eng.php> (accessed February 2019).
- Government of England. 2016. Public Health England UK eatwell guide. Available from: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/528193/Eatwell_guide_colour.pdf (accessed February 2019)
- Grandin T. 1993. Handling and welfare of livestock in slaughter plants. *Livestock handling and transport*. CAB International Wallingford, UK.
- Green R, Miller JW. 2005. Vitamin B12 deficiency is the dominant nutritional cause of hyperhomocysteinemia in a folic acid-fortified population. *Clinical chemistry and laboratory medicine: CCLM/FESCC* **43**:1048-1051.
- Guerrero A, et al. 2013. Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. *Animal* **7**: 2063-2072.
- Gyton G. 2015. EU meat production on the up, says new Commission report. *Global meat news*. Available from: <https://www.globalmeatnews.com/Article/2015/03/17/EU-meat-production-on-the-up-says-new-European-Commission-report> (accessed January 2019).
- Hallberg L, Hulthén L. 2000. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *The American Journal of Clinical Nutrition* **71**: 1147-1160.
- Hargrave-Barnes KM, Azain MJ, Milner JL. 2008. Conjugated linoleic acid-induced fat loss dependence on delta 6-desaturase or cyclooxygenase. *Obesity* **16**: 2245-2252.
- Hill F. 1966. Solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science* **31**: 161-166.

- Hocquette et al. 2014. Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Science* **97**: 316-322.
- Hodgson JM, Burke V, Beilin LJ, Puddey IB. 2006. Partial substitution of carbohydrate intake with protein intake from lean red meat lowers blood pressure in hypertensive persons. *American Journal of Nutrition*.**83**: 780-787.
- Honikel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science* **49**: 447-457.
- Honikel KO. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat science* **78**: 68-76.
- Hostetler RL, Landmann WA, Link BA, Fitzhugh Jr. HA. 1970. Influence of carcass position during rigor mortis on tenderness of beef muscles: Comparison of two treatments. *Journal of Animal Science* **31**: 47-50.
- Hu FB, et al. 1999. Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women American. *Journal of Clinical Nutrition* **70**: 1001-1008.
- Hurrell R, Egli I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values 1–4. *The American Journal of Clinical Nutrition* **91**: 1461-1467.
- Huuskonen A, Jansson S, Honkavaara M, Tuomisto L, Kauppinen R, Joki-Tokola E. 2010. Meat colour, fatty acid profile and carcass characteristics of Hereford bulls finished on grazed pasture or grass silage-based diets with similar concentrate allowance. *Livestock Science* **131**: 125-129.
- Huyghebaert G, Munter GD, Groote GD. 1988. The metabolisable energy (AMEn) of fats for broilers in relation to their chemical composition. *Animal Feed Science and Technology* **20**: 45-58.

- Chambaz A, Scheeder M, Richard L, Kreuzer M, Dufey PA. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat science* **63**: 491-500.
- Chan W, Brown J, Church SM, Buss D. 1996. Meat products and dishes. Sixth supplement to the fifth edition of McCance & Widdowson's the composition of foods. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
- Chardigny JM, et al. 2008. Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular risk factors in healthy subjects? Results of the trans fatty acids collaboration (TRANSFACT) study. *American Journal of Clinical Nutrition* **87**: 558-566.
- Choat WT, Paterson JA, Rainey BM, King MC, Smith GC, Belk KE, Lipsey RJ. 2006. The effects of cattle sex on carcass characteristics and *longissimus* muscle palatability. *Journal of Animal Science* **84**: 1820–1826.
- Christensen L, Gunvig A, Tornngren M, Aaslyng M, Knochel S, Christensen M. 2012. Sensory characteristics of meat cooked for prolonged times at low temperature. *Meat Science* **90**: 485-489.
- Christensen M, et al. 2011. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science* **87**: 61-65.
- Ingr I. 2003. Zrání masa a jeho praktický význam. Available from: <http://www.cszm.cz/clanek> (accessed March 2019).
- .
- IFIC Foundation. 2006. Food Biotechnology: A Study of U.S. Consumer Attitudinal Trends, 2006 Report. International Food Information Council IFIC Foundation. Washington, DC, USA.
- Irish Department of Health. 2016. Ireland healthy eating guidelines December 2016. Available from: <http://www.hse.ie/eng/about/Who/healthwellbeing/Our-Priority-Programmes/HEAL/HEAL-docs/food-pyramid-leaflet.pdf> (accessed February 2017).

- Johnston J, Prynne CJ, Stephen AM, Wadsworth MEJ. 2007. Haem and non-haem iron intake through 17 years of adult life of a British Birth Cohort. *British Journal of Nutrition* **98**: 1021-1028.
- Kabat GC, et al. 2009. Meat intake and meat preparation in relation to risk of postmenopausal breast cancer in the NIH-AARP diet and health study. *International Journal of Cancer* **124**: 2430-2435.
- Kameník J. 2014. Maso jako potravina: produkce, složení a vlastnosti masa. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno.
- Kameník J. 2019. Produkce masa v EU v roce 2017. *Maso* **1**: 7-8.
- Kamihiro S, Stergiadis S, Leifert C, Eyre MD, Butler G. 2015. Meat quality and health implications of organic and conventional beef production. *Meat Science* **100**: 306-318.
- Kelemen LE, Kushi LH, Jacobs Jr DR, Cerhan JR. 2005. Associations of dietary protein with disease and mortality in a prospective study of postmenopausal women. *American Journal of Epidemiology* **161**: 239-249.
- Kerley MS, Allee GL. 2003. Modifications in soybean seed composition to enhance Animal feed use and value: Moving from dietary ingredient to a functional dietary component. *Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*. **6**: 14-17.
- Kim YH, Kemp B, Samuelsson R, Linda M. 2016. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat science* **111**: 168-176.
- Klümper W, Qaim M. 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PloS one*, 9 (e111629) DOI: 10.1371/journal.pone.0111629.
- Knize MG, Felton JS. 2005. Formation and human risk of carcinogenic heterocyclic amines formed from natural precursors in meat. *Nutrition reviews* **63**: 158-165.

- Kontogianni MD, Panagiotakos DB, Pitsavos C, Chrysohoou C, Stefanadis C. 2008. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition* **62**: 171-177.
- Lanza M, et al. 2011. Lamb meat quality and intramuscular fatty acid composition as affected by concentrates including different legume seeds. *Italian Journal of Animal Science* **10**: 18.
- Larsson SC, Rafter J, Holmberg L, Bergkvist L, Wolk A. 2005. Red meat consumption and risk of cancers of the proximal colon, distal colon and rectum: The Swedish Mammography Cohort. *International Journal of Cancer* **113**: 829-834.
- Layman DK, Clifton P, Gannon MC, Krauss RM, Nuttall FQ. 2008. Protein in optimal health: Heart disease and type 2 diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition* **87**: 1571-1575.
- Lestingi A, Facciolongo AM, De Marzo D, Nicasastro F, Toteda F. 2015. The use of faba bean and sweet lupin seeds in fattening lamb feed. 2. Effects on meat quality and fatty acid composition. *Small Ruminant Research* **131**: 2-5.
- Lestingi A, Facciolongo AM, Jambrenghi AC, Ragni M, Toteda F. 2016. The use of peas and sweet lupin seeds alone or in association for fattening lambs: Effects on performance, blood parameters and meat quality. *Small Ruminant Research* **143**: 15-23.
- Levine ME, et al. 2014. Low protein intake is associated with a major reduction in IGF-1, cancer, and overall mortality in the 65 and younger but not older population. *Cell metabolism* **19**: 407-417.
- Li DS, Siriamornpun ML, Wahlqvist NJ, Mann AJ. 2005. SinclairLean meat and heart health Asia Pacific. *Journal of Clinical Nutrition* **14**: 113-119.
- Li L, Tian W, Zan L. 2011. Effects of age on quality of beef from Qinchuan cattle carcass. *Agricultural Sciences in China* **10.11**: 1765-1771.

- Lock AL, Corl BA, Barbano DM, Bauman DE, Clement IP. 2004. The anticarcinogenic effect of trans-11 18:1 is dependent on its conversion to cis-9, trans-1 CLA by delta-9-desaturase in rats. *Journal of Nutrition* **134**: 2698-2704.
- Lock AL, Horne CAM, Bauman DE, Salter AM. 2005. Butter naturally enriched in conjugated linoleic acid and vaccenic acid alters tissue fatty acids and improves the plasma lipoprotein profile in cholesterol-fed hamsters. *Journal of Nutrition* **135**: 1934-1939.
- Lucas MM, et al. 2015. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science* **6**: 705.
- Lucht J. 2015. Public acceptance of plant biotechnology and GM crops. *Viruses* **7**: 4254-4281.
- Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science* **78**: 232-238.
- Mandell IB, Gullett EA, Wilton JW, Kemp RA, Allen OB. 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science* **49**: 235-248.
- Mann NJ, et al. 1999. The effect of diet on plasma homocysteine concentrations in healthy male subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* **53**: 895-899.
- Mann NJ. 2000. Dietary lean red meat and human evolution. *European Journal of Nutrition* **39**: 71-79.
- Mann NJ, Pirota Y, O'Connell S, Li D, Kelly F, Sinclair A. 2006. Fatty acid composition of habitual omnivore and vegetarian diets. *Lipids* **41**: 637.
- Mann NJ. 2018. A brief history of meat in the human diet and current health implications. *Meat science* **144**: 169-179.

- Masalha R, Chudakov B, Muhamad M, Rudoy I, Volkov I, Wirguin I. 2001. Cobalamin-responsive psychosis as the sole manifestation of vitamin B12 deficiency. *The Israel Medical Association Journal* **3**: 701-703.
- Masoero F, Pulimeno AM, Rossi F. 2005. Effect of extrusion, expansion and toasting on the nutritional value of peas, faba beans and lupins. *Italian Journal of Animal Science* **4**: 177-189
- Masucci F, Di Francia A, Romano R, di Serracapriola MM, Lambiase G, Varricchio ML, Proto V. 2006. Effect of *Lupinus albus* as protein supplement on yield, constituents, clotting properties and fatty acid composition in ewes' milk. *Small Ruminant Research* **65**: 251-259.
- McAfee AJ, McSorley EM, Cuskelly GJ, Moss BW, Wallace JM, Bonham MP, Fearon AM. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat science* **84**: 1-13.
- McNeill S, Van Elswyk ME. 2012. Red meat in global nutrition. *Meat science* **92**: 166-173.
- Micha RD, Wallace SK, Mozaffarian D. 2010. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus. *Circulation* **121**: 2271-2283.
- Mitchell M. 1978. Carnitine metabolism in human subjects 1. Normal metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*. **31**: 293-306.
- Mitchell P. 2003. Europe angers US with strict GM labeling. *Nature Biotechnologies* **21**:6.
- Monsón F, Sañudo C, Sierra I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat science* **71**: 471-479.
- Moss AR, Deaville ER, Givens DI. 2001. The nutritive value for ruminants of lupin seeds from determinate and dwarf determinate plants. *Animal Feed Science Technology* **94**: 187-198

- MZe. 2015. Situační a výhledová zpráva Skot -hovězí maso. 2015. Ministerstvo zemědělství, České republiky, Olomouc.
- MZe. 2017. Situační a výhledová zpráva Luskoviny. 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- MZe. 2017. Situační a výhledová zpráva Olejniny. 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- MZe. 2018. Situační a výhledová zpráva Luskoviny. 2018. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- MZe. 2018. Ročenka ekologického zemědělství v České republice. 2018. Ministerstvo zemědělství České republiky, Olomouc.
- Norat T, et al. 2005. Meat, fish, and colorectal cancer risk: The European Prospective Investigation into cancer and nutrition. *Journal of the national cancer institute* **97**: 906-916.
- Nuttall FQ, Schweim K, Hoover H, Gannon MC. 2008. Effect of the LoBAG30 diet on blood glucose control in people with type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition* **99**: 511-519.
- Oil World. 2015. Oil World Annual 2015. Available from: <https://www.feedipedia.org/node/22244> (accessed January 2019)
- OECD. 2019 Meat consumption. 2018. OECD Agriculture Statistics: OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2018). Available from: <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm> (accessed March 2019).
- Page JK, Wulf DM, Schwotzer TR. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of animal science* **79**: 678-687.
- Palmquist DL, Lock AL, Shingfield KJ, Bauman DE. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research* **50**: 179-217.
- Pereira PMCC, Filipa ARBV. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* **93**: 586-592.

- Picard B, Gagaoua M, Al Jammas M, Bonnet M. 2019. Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Effect of gender and rearing practices. *Journal of Proteomics* **200**: 1-10.
- Pogorzelska-Przybyłek P, Nogalski Z, Sobczuk-Szul M, Purwin C, Kubiak D. 2018. Carcass characteristics and meat quality of Holstein-Friesian×Hereford cattle of different sex categories and slaughter ages. *Archives Animal Breeding* **61**: 253-261.
- Prandini A, Morlacchini M, Moschini M, Fusconi G, Masoero F, Piva G. 2005. Raw and extruded pea (*Pisum sativum*) and lupin (*Lupinus albus* var. *Multitalia*) seeds as protein sources in weaned piglets' diets: effect on growth rate and blood parameters. *Italian Journal of Animal Science*. **4**: 385-394.
- Prasad AS. 2009. Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of the American College of Nutrition* **28**: 257-265.
- Prynne CJ, Wagemakers JJMF, Stephen AM, Wadsworth MEJ. 2009. Meat consumption after disaggregation of meat dishes in a cohort of British adults in 1989 and 1999 in relation to dietary quality. *European Journal of Clinical Nutrition* **63**: 660-666.
- Ragni M, Vicenti A, Melodia L, Marsico G. 2014. Use of grape seed flour in feed for lambs and effects on performance and meat quality. *APCBEE Procedia* **8**: 59-64.
- Raybould A, Poppy GM. 2012. Commercializing genetically modified crops under EU regulations. *GM Crops Food* **3**: 9-20.
- Robertson DJ, et al. 2005. Fat, fiber, meat and the risk of colorectal adenomas *The American Journal of Gastroenterology* **100**: 2789-2795.
- Robinson PH, McNiven MA. 1993. Nutritive value of raw and roasted sweet white lupins (*Lupinus albus*) for lactating dairy cows. *Animal Feed Science Technology* **43**: 275-290.

- Ruxton CHS, Reed SC, Simpson MJA, Millington KJ. 2004. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: A review of the evidence *Journal of Human Nutrition and Dietetics. The Official Journal of the British Dietetic Association* **17**: 449-459.
- SACN/COT 2004. Advice on fish consumption: Benefits and risks. The Stationery Office, Norwich.
- Scerra M, Caparra P, Foti F, Cilione C, Zappia G, Motta C, Scerra V. 2011. Intramuscular fatty acid composition of lambs fed diets containing alternative protein sources. *Meat Science*. **87**: 229-233.
- Scollan H, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* **74**: 17-33.
- Scott JM. 1999. Folate and vitamin B12. *Proceedings of the Nutrition Society* **58**: 441-448.
- Sethi NK, Robilotti E, Sadan Y. 2005. Neurological manifestations of vitamin B12 deficiency. *The Internet Journal of Nutrition and Wellness* **2**: 1-7.
- Shimada L, et al. 2004. Species and muscle differences in L-carnitine in skeletal muscles based on a new simple assay. *Meat Science* **68**: 357-362.
- Shin A, et al. 2007. Meat and meat mutagen intake, doneness preference and the risk of colorectal polyps: The Tennessee Colorectal Polyp Study. *International Journal of Cancer* **121**: 136-142.
- Siddiqui RA, Harvey KA, Zaloga GP. 2008. Modulation of enzymatic activities by n-3 polyunsaturated fatty acids to support cardiovascular health. *Journal of Nutritional Biochemistry* **19**: 417-437.
- Simpson RJ, McKie AT. 2009. Regulation of intestinal iron absorption: The mucosa takes control? *Cell Metabolism* **10**: 84-87.

- Siri-Tarino PW, Sun Q, Hu FB, Krauss RM. Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. *The American journal of clinical nutrition* **91**: 535-546.
- Shils M, Shike M. 2006. *Modern nutrition in health and disease*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- Smith RD, et al. 2008. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yield and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat science*. **79**: 631-639.
- Souza de RJ, et al. 2015. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *Bmj* **35**: h3978.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2011, *Nové poznatky o využití semen rodu *Lupinus* ve výživě člověka a zvířat*. Vědecký výbor výživy zvířat, Praha.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2016. *Možnosti využití lupiny bílé ve výživě zvířat*. Vědecký výbor výživy zvířat, Praha.
- Suchý P, Straková E. 2018. Zdroj hrubého proteinu. *Zemědělec* **18**: 12.
- Sundram K, Ismail A, Hayes KC, Jeyamalar R, Pathmanathan R. 1997. Trans (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in humans. *The Journal of nutrition* **127**: 514-520.
- Štranc D, Štranc J, Štranc P. 2002. *Pěstování sóji v Česku historie a možnosti*. Available from: <https://www.uroda.cz/pestovani-soji-v-cesku-historie-a-moznosti/> (accessed February 2019).
- Tanpaichitr V, Leelahagul P. 1993. Carnitine metabolism and human carnitine metabolism. *Nutrition* **9**: 246-254.

- Tansawat R, Maughan CA, Ward RE, Martini S, Cornforth DP. 2013. Chemical characterisation of pasture-and grain-fed beef related to meat quality and flavour attributes. *International Journal of Food Science and Technology* **48**: 484-495.
- Tasevska N, et al. 2009. A prospective study of meat, cooking methods, meat mutagens, heme iron, and lung cancer risks. *The American journal of clinical nutrition* **89**: 1884-1894.
- Taylor EF, Burley VJ, Greenwood DC, Cade JE. 2007. Meat consumption and risk of breast cancer in the UK Women's Cohort Study. *British Journal of Cancer* **96**: 1139-1146.
- Tefera G, Tegegne F, Mekuriaw Y, Melaku S, Tsunekawa A. 2015. Effects of different forms of white lupin (*Lupinus albus*) grain supplementation on feed intake, digestibility, growth performance and carcass characteristics of Washera sheep fed Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay-based diets. *Tropical animal health and production* **47**: 1581-1590.
- Tracy A, Barton BA, Anderson GW, Williams MS. 1988. Comparison of sweet white lupin seeds with soybean oil meal as a protein supplement for sheep. *Journal of Animal Science* **66**: 499.
- Tricon S, et al. 2005. Effects of cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on immune cell function in healthy humans. *British Journal of Nutrition* **80**: 1626-1633.
- Truswell A.S. 2002. Meat consumption and cancer of the large bowel. *European Journal of Clinical Nutrition* **56**: 19-24.
- USDA. 2011. National Nutrient Database for Standard Reference. 2011. Available from: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata> (accessed March 2019).
- USDA. 2018. Oilseeds and Products Update. USDA, Vienna.
- USDA. 2019. GM Plants. USDA. Available from: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1000> (accessed January 2019).

- Varzakas TH, Arvanitoyannis IS, Baltas H. 2007. The Politics and Science behind GMO Acceptance. *Critical reviews in food science and nutrition* **47**:335–361.
- Vicenti A, Toteda F, Di Turi L, Cocca C, Perrucci M, Melodia L, Ragni M. 2009. Use of sweet lupin (*Lupinus albus L. var. Multitalia*) in feeding for Podolian young bulls and influence on productive performances and meat quality traits. *Meat science* **82**: 247-251.
- Volek Z, Bureš D, Uhlířová L. 2018. Effect of dietary dehulled white lupine seed supplementation on the growth, carcass traits and chemical, physical and sensory meat quality parameters of growing-fattening rabbits. *Meat science* **141**: 50-56.
- Wagemakers JJ, Prynne CJ, Stephen AM, Wadsworth ME. 2007. Consumption of red or processed meat does not predict risk factors for coronary heart disease; results from a cohort of British adults in 1989 and 1999. *European Journal of Clinical Nutrition* **63**: 303-311.
- Watanabe F. Vitamin B12 sources and bioavailability *Experimental Biology and Medicine* **232**: 1266-1274.
- Watts GF, et al. 1988. Effective lipid lowering diets including lean meat *British Medical Journal* **296**: 235-237.
- WCRF. 2007. Food, nutrition and the prevention of cancer: A global perspective. American Institute for Cancer Research. Washington, DC.
- Weigle DS, Breen PA, Matthys CC, Callahan HS, Meeuws KE, Burden VR, Purnell JQ. 2005. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. *American Journal of Clinical Nutrition* **82**: 41-48.
- WHO. 2014. Frequently asked questions on genetically modified foods. 2014. Available from: https://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/ (accessed March 2019).

- WHO. 2015. Q&A on the carcinogenicity of the consumption of red meat and processed meat. 2015. Available from: [http://www.cancer.ie/content/qa-carcinogenicityconsumption red-meat-and-processed-meat](http://www.cancer.ie/content/qa-carcinogenicityconsumption-red-meat-and-processed-meat) (accessed February 2019).
- Willett WC. 1995. Diet, nutrition, and avoidable cancer. *Environmental health perspectives* **8**: 165-170.
- Williams P. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition and Dietetics*, **64**: 113-119.
- Williamson CS, Foster RK, Stanner SA, Buttriss JL. 2005. Red meat in the diet British Nutrition Foundation. *Nutrition Bulletin* **30**: 323-355.
- Wolmarans P, et al. 1999. Effects of a prudent diet containing either lean beef and mutton or fish and skinless chicken on the plasma lipoproteins and fatty acid composition of triacylglycerol and cholesteryl ester of hypercholesterolaemic subjects. *Journal of Nutritional Biochemistry* **10**: 598-608.
- Wu K, et al. 2006. Meat mutagens and risk of distal colon adenoma in a cohort of US men. *Cancer epidemiology, biomarkers and prevention. Association for Cancer Research* **15**: 1120–1125.
- Wythes JR, Shorthose WR, Schmidt PJ, Davis CB. 1980. Effect of various rehydration procedures after a long journey on liveweight, carcass and muscle properties of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* **31**: 849–855.
- Wythes JR, Shorthose WR, Powell VH. 1988. Cattle handling at abattoirs. 1. The effects of rest and resting conditions before slaughter and of electrical stimulation of carcasses on carcass weight and muscle properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **39**: 87–95.
- Zagorakis K, Liamadis D, Milis Ch, Dotas V, Dotas D. 2018. Effects of replacing soybean meal with alternative sources of protein on nutrient digestibility and energy value of sheep diets. *South African Journal of Animal Science* **48**: 489-496.

Zeisel SH. 2006. The fetal origins of memory: the role of dietary choline in optimal brain development. *The Journal of pediatrics* **149**: 131-136.

Zeisel SH. 2009. Importance of methyl donors during reproduction 1 – 4. *American Journal of Clinical Nutrition* **89**: 673- 677.

Zeman L. 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press, Praha.

Zilberman D, Kaplan S, Kim E, Hochman G, Graff G. 2013. Continents divided: Understanding differences between Europe and North America in acceptance of GM crops. *GM Crops Food* **4**: 202–208.