

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: Zootechnika

Studijní obor: Speciální zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

Disertační práce

**Vliv genotypů pro gen leptin na vybrané kvalitativní ukazatele
hovězího masa**

Doktorand: Ing. Karel Beneš

Školitel: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

České Budějovice, 2017

Na tomto místě bych velice rád poděkoval svému školiteli, doc. Ing. Miroslavu Maršálkovi, CSc. nejen za kvalitní a odborné vedení v průběhu mého studia, ale i za trpělivost, pomoc, podporu a lidský přístup.

Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jarmile Voříškové, Ph. D. a Ing. Jitce Rutkayové Ph. D. za rady v průběhu studia, při práci v laboratoři a pomoc během zpracování disertační práce. Díky i kolektivu Katedry zootechnických věd za pomoc a podporu během mého studia.

Velké díky patří i mé rodině a přátelům, a to jak za materiální, tak psychickou podporu v průběhu studia i během psaní disertační práce.

Práce vznikla za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství ČR, projekt NAZV č. QI 91A055 a interního projektu Grantové agentury JU č. 020/2013/Z.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma: Vliv genotypů pro gen leptin na vybrané kvalitativní ukazatele hovězího masa vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Disertační práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího disertace a děkana ZF JU.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

.....

Ing. Karel Beneš

V Českých Budějovicích dne 15. 8. 2017

Abstrakt

Disertační práce „Vliv genotypů pro gen leptin na kvalitativní ukazatele hovězího masa“ popisuje vliv polymorfismu genu pro leptin na vybrané kvalitativní, morfometrické a hmotnostní ukazatele hovězího masa a jatečně upraveného těla. Analyzováno bylo maso 333 býků českého strakatého skotu, u kterých byla provedena genotypizace vybraného lokusu metodou PCR/RFLP. Tento lokus je, dle předchozích zahraničních studií, spojován s kvalitativními změnami hovězího masa.

Byla zjištěna hmotnost jatečně upraveného těla, přední a zadní čtvrti pravé poloviny JUT, hmotnost jednotlivých tkání (maso, kosti, lůj) a hmotnost hlavních masitých částí z pravé poloviny JUT. Před disekcí byly změřeny vybrané morfometrické ukazatele. Po disekci byl odebrán vzorek *musculus longissimus lumborum et thoracis*, který byl následně analyzován v laboratoři. Zjišťováno bylo základní chemické složení (sušina, tuk, bílkoviny a popeloviny), průměr svalových vláken a profil vybraných mastných kyselin. Dále bylo analyzováno pH, vaznost přidané vody, barva (barevnými koordináty CIE Lab), a to jak jeden den *post mortem*, tak po 14 dnech zrání. Síla stříhu (pomocí sondy Warner-Bratzler) byla hodnocena ve stejných časových úsecích, a to jak u vzorků v syrovém stavu, tak po tepelné úpravě grilováním.

Studovaný polymorfismus *LEP* měl statisticky průkazný vliv na hmotnost jatečného těla v teplém stavu, hmotnost pravé poloviny JUT a přední a zadní čtvrtě. Polymorfismus *LEP* průkazně ovlivnil podíl masa na pravé polovině JUT, hmotnost kostí a celkové hmotnosti masa I. třídy, i hmotnosti masa I. třídy na přední čtvrti. Dále byl prokázán vliv polymorfismu *LEP* na hmotnost kýty bez kosti, plece bez kosti, boku s kostí a bez kosti, žebra, klišky ze zadní čtvrti a ořezu z přední čtvrti. Ve skupině morfometrických ukazatelů pak na délky kýty, plnost kýty a obvod kýty.

V případě chemického složení byl prokázán vliv polymorfismu *LEP* na podíl intramuskulárního tuku. Působení polymorfismu *LEP* na kvalitativní ukazatele byl zjištěno u hodnot pH a vaznosti přidané vody, a to jak jeden den *post mortem*, tak po 14 dnech zrání. V případě křehkosti, byl prokázán vliv na sílu stříhu tepelně upraveného, nevyzrálého masa. Z ukazatelů popisujících barvu byl zjištěn statisticky průkazný vliv na ukazatel světlosti v případě nevyzrálého masa a po 14 dnech zrání pak na ukazatel charakterizující podíl žluté barvy a barevnou sytost.

Stanovení profilu mastných kyselin bylo provedeno pomocí plynové chromatografie. Průkazný vliv studovaného polymorfismu a rozdíly mezi jednotlivými genotypy *LEP* byly zjištěny u kyseliny myristové, palmitové, palmitoolejové, linolové,

γ -linolenové, α -linolenové, konjugované kyseliny linolové, eikosapentaenové, dokosatetraenové, dokosapentaenové n-6 a n-3 a dokosahexaenové. Ze souhrnných ukazatelů pak byl statisticky průkazný vliv polymorfismu *LEP* na podíl PUFA, podíl omega-3 mastných kyselin a poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin.

Při spojení s dalšími lokusy kandidátních genů ovlivňujících kvalitu hovězího masa je možné výsledky disertační práce použít při sestavování připravných plánů zaměřených na produkci kvalitních plemenných zvířat se zdůrazněním vyšších kvalitativních standardů produkovaného masa.

Klíčová slova: český strakatý skot; hovězí maso; kvalita masa; mastné kyseliny; leptin

Abstract

The dissertation “The Influence of Genotype of Leptin Gene on Qualitative Characteristics of Beef” describes the effect of polymorphisms of gene of leptin on selected qualitative, morphometric and weight indicators of beef and carcass. The analysis was carried out on 333 bulls of Czech Fleckvieh, which were genotyped (by PCR/RFLP method) of chosen locus. This locus is associated with qualitative changes in beef according to previous foreign studies.

The weight of carcass, fore and hind quarter of the right half of the carcass, the weight of the individual tissues (meat, bone, and fat) and the weight of main meaty parts from the right half of carcass were measured. Before the dissection chosen morphometric indicators were measured. After the dissection, a sample of the *musculus longissimus lumborum et thoracis* was taken and then analysed in the laboratory. Basic chemical composition (dry matter, fat content, protein, and ash), muscle fibers diameter and fatty acid profile was determined. In addition, pH, added water holding capacity, colour (CIE Lab colour coordinates) were analysed both for one-day *post-mortem* and after 14 days of ageing. The shear force (using the Warner-Bratzler probe) was evaluated at the same time intervals as for both raw and heat-treated samples by grilling.

The studied *LEP* polymorphism had a statistically significant effect on the weight of the hot carcass, the weight of right half of carcass and fore and hind quarter. *LEP* polymorphism significantly affected the proportion of meat on the right half of carcass, the weight of the bones and total weight of the I. class meat, and the weight of the I. class meat in the fore quarter. Further, the effect of *LEP* polymorphism on the weight of boneless round, boneless chuck, plate, flank, rib, hind shank, and meat trimmings of fore quarter was found. In a group of morphometric indicators, the effect was significant on lengths of round, fullness of round and round circumference.

In the case of chemical composition, the effect of *LEP* polymorphism on the intramuscular fat content was significant. From the qualitative indicators, the effect was significant on the pH value and added water holding capacity, both one-day *post-mortem* and after 14 days of ageing. In the case of tenderness, the effect on shear force of heat treated, non-aged meat was significant. From the indicators describing colour, a statistically significant effect on the indicator of lightness was found in the case of unconditioned meat and after 14 days of ageing the effect was significant on the indicator characterising yellow colour and the colour saturation.

Determination of fatty acid profile was carried out by gas chromatography. The effects of studied polymorphism and differences between *LEP* genotypes were found in myristic, palmitic, palmitoleic, linoleic, γ -linolenic, α -linolenic, conjugated linoleic, eicosapentaenoic, docosatetraenoic, docosapentaenoic both n-6 and n-3 and docosahexaenoic acids. From aggregated indicators, the statistical significant effect of *LEP* polymorphisms on PUFA content, omega-3 fatty acids content, and omega-6/omega-3 fatty acids ratio was found.

In connection with other candidate gene loci influencing the quality of beef, the results of dissertation can be used in the preparation of breeding schemes aimed at the production of quality breeding animals, highlighting the higher quality standards of the produced meat.

Keywords: Czech Fleckvieh; Beef; Meat Quality; Fatty Acids; Leptin

Seznam použitých zkratk

a*	červenost – podíl spektra zelené-červené barvy
a*-1	červenost jeden den <i>post mortem</i>
a*-14	červenost po 14 dnech zrání
ATP	adenosintrifosfát
b*	žlutost – podíl spektra modré-žluté barvy
b*-1	žlutost jeden den <i>post mortem</i>
b*-14	žlutost po 14 dnech zrání
C12:0	kyselina laurová
C14:0	kyselina myristová
C14:1	kyselina myristoolejová
C16:0	kyselina palmitová
C16:1	kyselina palmitoolejová
C18:0	kyselina stearová
C18:1n9c	kyselina olejová
C18:2n6c	kyselina linolová
C18:2n6t	kyselina linolelaidová
C18:2n6Σ	součet kyseliny linolové a linolelaidové
C18:3n3	kyselina α-linolenová
C18:3n6	kyselina γ-linolenová
C20:0	kyselina arachová
C20:1	kyselina eikosenová
C20:4n6	kyselina arachidonová
C20:5n3	kyselina eikosapentaenová
C22:4n6	kyselina dokosatetraenová
C22:5n3	kyselina dokosapentaenová n-3
C22:5n6	kyselina dokosapentaenová n-6
C22:6n3	kyselina dokosahexaenová
CAPN1	bílkovina calpain-1 (μ-calpain)
CAST	calpastatin
CIE	Commission internationale de l'éclairage
CLA	konjugovaná kyselina linolenová
CoA	koenzym-A
COMb	karboxymyoglobin
DCB	dark cutting beef (hovězí maso tmavé v řezu)
DFD	dark firm dry (tmavé, tuhé, suché)
DGAT1	diacylglycerol O-acyltransferáza-1
DNA	deoxyribonukleová kyselina
dNTPs	deoxyribonukleotids triphosphates - 2'-deoxynukleosid-5'-trifosfáty
FASN	fatty acid synthase (syntáza mastných kyselin)
FID	flame ionization detector (plamenový ionizační detektor)
GLM	general linear model (obecný lineární model)
HJUT-0	hmotnost jatečně upraveného těla v teplém stavu
Hm.	hmotnost
Hue	úhel odrazivosti při různých vlnových délkách záření

Hue-1	úhel odrazivosti při různých vlnových délkách záření jeden den <i>post mortem</i>
Hue-14	úhel odrazivosti při různých vlnových délkách záření po 14 dnech zrání
Chroma	barevná sytost
Chroma-1	sytost barvy jeden den <i>post mortem</i>
Chroma-14	sytost barvy po 14 dnech zrání
IA	index aterogeneze
ICAR	International Comittee for Animal Recording
IMT	intramuskulární tuk
IT	index trombogeneze
IU	international unit (mezinárodní jednotka)
JUT	jatečně upravené tělo
KU	kontrola užítkovosti
L*	světlost
L*-1	světlost jeden den <i>post mortem</i>
L*-14	světlost po 14 dnech zrání
LEP	leptin
LP	ledvinový a pánevní (lůj)
LSM	least square mean (nejmenší průměrné čtverce)
max	maximum
min	minimum
MK	mastné kyseliny
MLLT	<i>musculus longissimus lumborum et thoracis</i>
MSTN	myostatin
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
n	četnost
n-3	omega-3 polynenasycené mastné kyseliny
n-6	omega-6 polynenasycené mastné kyseliny
n-6/n-3	poměr omega-6 a omega-3 polynenasycených mastných kyselin
NIRS	near infra red spectroscopy (blízká infračervená spektroskopie)
PCR	polymerase chain reaction (polymerázová řetězová reakce)
PCR-RFLP	polymerase chain reaction – restriction fragment lenght polymorphism (polymerázová řetězová reakce – polymorfismus délky restrikčních fragmentů)
pH-1	pH jeden den <i>post mortem</i>
pH-14	pH po 14 dnech zrání
pH ₂₄	pH 24 hodin <i>post mortem</i>
pH _u	ultimátní pH (nejnižší dosažené)
PPČ	pravá přední čtvrt' (JUT)
PSE	pale soft exudative (světlé měkké vodnaté)
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
PZČ	pravá zadní čtvrt' (JUT)
QTL	quantitative trait loci – lokus kvantitativních znaků
SCD1	Stearoyl-koenzym-A desaturáza
SFA	nasyčené mastné kyseliny

SKVS	stanice kontroly výkrmnosti skotu
SNP	single nucleotide polymorphism (jednonukleotidový polymorfismus)
s_x	směrodatná odchylka
TXTG	textura (síla stříhu) tepelně upraveného (grilovaného) masa
TXTG-1	síla stříhu grilovaného masa jeden den <i>post mortem</i>
TXTS	textura (síla stříhu) syrového masa
TXTS-1	síla stříhu syrového masa jeden den <i>post mortem</i>
TXTS-14	síla stříhu syrového masa po 14 dnech zrání
TXTS-14	síla stříhu grilovaného masa po 14 dnech zrání
Vaznost-1	vaznost přidané vody jeden den <i>post mortem</i>
Vaznost-14	vaznost přidané vody po 14 dnech zrání
\bar{x}	aritmetický průměr

Seznam tabulek

Tabulka 1 Podíl plemene sledovaných zvířat	42
Tabulka 2 Hodnoty indexů determinace a reziduálních rozptylů lineárních modelů	49
Tabulka 3 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (hmotnosti a tělesné rozměry) býků českého strakatého skotu (n = 333)	52
Tabulka 4 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (chemické složení a kvalitativní ukazatele) býků českého strakatého skotu.....	54
Tabulka 5 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (profil mastných kyselin) býků českého strakatého skotu (n = 242).....	55
Tabulka 6 Genotypové a alelové frekvence studovaného polymorfismu LEP	57
Tabulka 7 Hmotnost tkání JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů LEP ..	60
Tabulka 8 Hmotnosti hlavních masitých částí JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů LEP	64
Tabulka 9 Morfometrické parametry JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů LEP	66
Tabulka 10 Chemické složení a vybrané fyzikální ukazatele kvality hovězího masa dle genotypů LEP	70
Tabulka 11 Ukazatele barvy hovězího masa dle genotypů LEP	75
Tabulka 12 Profil mastných kyselin hovězího masa dle jednotlivých genotypů LEP	79

Obsah

1.	Úvod	14
2.	Literární přehled	15
2.1	Český strakatý skot – vývoj a současný stav	15
2.2	Kontrola užitkovosti, chovný cíl a plemenný standard českého strakatého skotu	16
2.3	Masná užitkovost a její hodnocení	17
2.4	Kvalita hovězího masa	19
2.5.1	Nutriční hodnota hovězího masa	19
2.5.2	Technologické a senzorické kvalitativní ukazatele hovězího masa	21
2.5	Jakostní odchylky hovězího masa	25
2.6	Faktory ovlivňující masnou užitkovost a jatečnou hodnotu	28
2.4.1	Vnější faktory ovlivňující masnou užitkovost a jatečnou hodnotu	28
2.4.2	Vnitřní faktory ovlivňující masnou užitkovost	31
2.4.3	Genetické markery, masná užitkovost a kvalita hovězího masa	33
2.4.4	Leptin	38
3.	Vědecké hypotézy a cíle práce	41
4.	Materiál a metodika	42
4.1	Materiál	42
4.2	Metodika	43
4.2.1	Stanovení hmotnosti a rozměrů JUT, příprava vzorků	43
4.2.2	Stanovení vlastností hovězího masa	45
4.2.3	Izolace DNA a PCR-RFLP analýza polymorfismu genu pro leptin	48
4.3	Zpracování výsledků	49
5.	Výsledky a diskuse	56
5.1	Genotypové a alelové frekvence pro lokus LEP sledované populace českého strakatého skotu	56

5.2 Vztah genotypů genu pro leptin a vybraných charakteristik jatečně upraveného těla býků českého strakatého skotu	58
5.3 Vztah genotypů genu pro leptin a kvalitativních ukazatelů hovězího masa býků českého strakatého skotu.....	68
5.4 Vztah genotypů genu pro leptin a profilu mastných kyselin hovězího masa býků českého strakatého skotu.....	78
6. Souhrn výsledků	89
7. Závěr.....	95
8. Seznam použité literatury	99
9. Seznam publikovaných prací.....	113

1. Úvod

Chov skotu je jedním ze základních prvků českého zemědělství, a to jak z pohledu údržby krajiny, dodávání organické hmoty do půdy, zaměstnanosti ve venkovských oblastech, tak i z důvodu udržení soběstačnosti v sektorech živočišné výroby – hovězí maso a mléko.

Základním předpokladem pro úspěšnost chovu skotu jako hospodářského zvířete je i cílená šlechtitelská práce. Ta stála za vznikem a směřováním plemene český strakatý skot ke kombinované užitkovosti. Prvotní cíle, které byly zaměřené na mléčnou a masnou užitkovost, stále častěji a s vyšším významem doplňují i ukazatele zdraví (fitness) krav. Tyto ukazatele jsou nyní využívány při selekci zvířat a staly se tak součástí udržitelného šlechtitelského postupu.

S těmito možnostmi je spojena i odpovědnost chovatele, která by se měla soustředit na vybírání plemenný materiál. V současné době se začínají využívat i metody genomické selekce, přičemž podklady z provedených genomických analýz mohou být využity při sestavování přípařovacích plánů a tím podpořit dosažení šlechtitelského cíle. V neposlední řadě je nutné zmínit i možnosti molekulárně genetických analýz, které jsou sice zaměřené spíše cíleně na jednotlivé polymorfismy kandidátních genů, ale i tak poskytují cenné informace k dosaženým výsledkům selekce či lze jejich výsledky využít k cílenému přípařování.

Aktuální výzvou, které český strakatý skot jako domácí plemeno čelí, je především ekonomická situace na trhu s mlékem, pomalu se zvyšující výkupní cena ovlivňuje množství vykupovaného mléka. Tento vliv se může velice negativně podepsat na úrovni českých chovů, a to zejména s ohledem na možný převod krav do systému bez tržní produkce mléka. Určitou výhodou pro český strakatý skot představuje právě kombinovaná užitkovost. Býci tohoto plemene stále dosahují dobré masné užitkovosti a finanční příjem z prodeje jatečných zvířat částečně kompenzuje ztrátovost mléčné výroby.

Výše uvedené možnosti zvyšující genetický zisk by mohly být využity ke zlepšení jak masné užitkovosti, tak i kvality hovězího masa s ohledem na zachování úrovně mléčné užitkovosti, ale i dobrého zdravotního stavu a odolnosti českého strakatého skotu.

2. Literární přehled

2.1 Český strakatý skot – vývoj a současný stav

Historický základ plemene českého strakatého skotu lze datovat ke 30. letům 20. století, kdy se šlechtitelská práce začala soustředit na „vytvoření“ jednotného unifikovaného plemene v rámci Československa. Byl vytvořen seznam plemen (kam patřil mj. simensko-český skot a česká červinka), které bylo možné v pozici otce zařazovat do přípařovacích plánů. Další důležitá změna nastala po 2. světové válce, kdy se šlechtění zaměřilo primárně na kombinovanou (mléko – maso) užitkovost (potřeba tažných zvířat s růstem využití mechanizace klesala). Následně, v 60. letech, bylo prováděno zušlechťovací křížení s plemenem ayrshire a poté docházelo k převodnému křížení s černostrakatým skotem (Kadečka, Rozman, 2006; Růžičková, Čeněk, 2010; Skládanka et al., 2014).

Zušlechťovací křížení vedlo k vytvoření třech plemenných skupin (C1–C3), které se odlišovaly podílem genotypu českého strakatého skotu. Takto vznikly původní linie, které jsou v současné době zařazené do genových zdrojů České republiky (Národní referenční středisko uchování a využití genetických zdrojů hospodářských zvířat, 2013; Skládanka et al., 2014).

Společná aktivita na evropské úrovni, a to jak Svazu chovatelů českého strakatého skotu, který je součástí Evropského sdružení chovatelů strakatého skotu a Světové federace Simmental-Fleckvieh, tak svazů chovatelů v Německu a Rakousku, vedla ke společnému výpočtu plemenných hodnot (zevnějšku, masné a mléčné užitkovosti), což zpřesnilo jak jejich odhad, tak rozšířilo i tolik potřebnou informační základnu pro šlechtitelskou práci (Prýmas, 2015).

Poměrně dynamický vývoj trhu mléka (negativním směrem v důsledku sankcí EU a uvolnění mléčných kvót) ovlivňuje počet dojených krav. Počet zapsaných krav do plemenné knihy spíše stagnuje (osciluje kolem 120 000 zvířat) a stejně tak i počet krav s tržní produkcí mléka, jejichž případný pokles se promítá do vzrůstu počtu krav bez tržní produkce mléka. I přes tyto faktory nedochází k poklesu mléčné produkce právě díky genetickému zisku a vyšší dojivosti plemen mléčného a kombinovaného užitkového typu. Druhou část produkce českého strakatého skotu, tedy masnou, podobné problémy tolik nepostihují. Ekonomická výhodnost exportu živých zvířat

do západní Evropy, případně do Turecka je jednoznačná, ale důsledkem je negativní obchodní bilance v komoditě hovězí maso (Kvapilík et al., 2016).

2.2 Kontrola užitkovosti, chovný cíl a plemenný standard českého strakatého skotu

Základ plemenného standardu a informace o chovném cíli českého strakatého skotu jsou obsaženy v dokumentu s názvem Chovný cíl a standard pro český strakatý skot z roku 2012.

Základem pro kontrolu dosahované užitkovosti, plnění chovného cíle a plemenného standardu s ohledem na užitkovost je kontrola jak mléčné, tak masné užitkovosti. Organizovaná a plošná kontrola mléčné užitkovosti přišla až s kolektivizací a 50. lety 20. století, kdy byl ustanoven dohlížitelství orgán Inspektorát státních plemenářských stanic, což vedlo ke zvýšení počtu krav v kontrole užitkovosti o více jak 5 % během 3 let (Kadečka, Rozman, 2006). Tento státní zásah pak vedl k trvalému zvyšování počtu krav v KU. V roce 1965 bylo do KU zapojeno cca 25 % krav, v roce 1975 již 69,2 % a v roce 1985 98,9 % krav (Hering, 2005). V současnosti je do kontroly užitkovosti zapojeno přes 93 % krav a Česká republika tak patří mezi státy s nejvyšším zapojením krav do kontroly užitkovosti v rámci International Committee for Animal Recording (ICAR), podle jejichž metodiky je kontrola mléčné užitkovosti prováděna (Kvapilík et al., 2016).

Růstová schopnost českého strakatého skotu, s ohledem na jeho kombinovanou užitkovost, je další ekonomický významný faktor. Kromě kontroly vlastní užitkovosti, na jejímž základě jsou následně vybírání býci do plemenitby, jsou prováděny i kontroly potomků testovaných býků ve stanicích kontroly výkrmnosti skotu (SKVS). Tato data jsou dále rozšiřována informacemi (polní test) o zařazení jatečných těl dle systému SEUROP a netto přírůstek. Konkrétní postup jak pro odchovny plemenných býků, tak SKVS a neřízený polní test stanovují Metodický pokyn pro odchovny plemenných býků (2006) a Metodika kontroly masné užitkovosti pro český strakatý skot a fylogeneticky příbuzná plemena (2013), vydané Svazem chovatelů českého strakatého skotu.

Pomocí takto získaných dat lze následně sledovat genetický zisk ve vztahu k užitkovosti, případně k dalším sledovaným ukazatelům jako jsou ukazatele fitness (stav a zdraví mléčné žlázy a končetin) a dále i lineární hodnocení zevnějšku krav,

přičemž jsou takto získané hodnoty využity k odhadu plemenné hodnoty býků v rámci kontroly dědičnosti a k dalším chovatelským aktivitám (podklad pro zpeněžení, zařazení do přípravného plánu, hodnocení chovu atp.).

Aktuální chovný cíl a standard plemene (Chovný cíl a standard – Šlechtitelský program českého strakatého skotu, 2012) je platný od roku 2012 do roku 2017 s výhledem na další období. Zdůrazňuje trend ukazatelů fitness, a to především dlouhověkosti, plodnosti, průběhu porodů a vitality telat a dále všestrannost plemene s ohledem na úroveň masné užitkovosti, neboť existoval předpoklad (a v současnosti se tak již i děje), že se část populace může přesunout do systémů bez tržní produkce mléka. Základem stále zůstává intenzivní, stabilní a hospodárná produkce mléka a masa vysoké kvality. V neposlední řadě je nutné zmínit i požadavek na harmonické a funkční utváření tělesných partií, především vemene a končetin a udržení střední ranosti plemene.

Ze základních parametrů chovného cíle je vhodné zmínit užitkovost dospělých krav na úrovni 6000–7500 kg mléka, při obsahu bílkovin min. 3,5 % a tuku 4–4,1 %, s produkčním využitím 4–5 laktací. V případě masné užitkovosti by měl být dosahovaný přírůstek 1300 g a více a jatečná výtěžnost 57–59 % se zařazením do třídy min. R, optimálně U.

Standard plemene pak uvádí, že hmotnost jalovic ve 12 měsících má být 340–360 kg, v případě býků 500–530 kg. Hmotnost při prvním zapuštění 420–450 kg a hmotnost krav v dospělosti 650–750 kg s výškou v kříži 140–144 cm. V případě býků pak 1200–1300 kg při 152–160 cm v kříži.

2.3 Masná užitkovost a její hodnocení

Masná užitkovost představuje jednu z forem transformace živin, pro člověka jinak nevyužitelných, na maso. Její efektivita je nižší než v případě transformace živin na mléko. Základem pro hodnocení masné užitkovosti jsou výkrmnost (kvantitativní růst) a jatečná hodnota (kvalita jatečného těla, masa a dalších jatečných produktů a jatečná výtěžnost). Postupným růstem dochází ke změnám v podílu jednotlivých tkání. V nižším věku tvoří přírůstek především voda a bílkoviny, ve věku vyšším jej pak tvoří tuk, a to jako energetická zásoba (Skládanka et al., 2014).

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují výkrmnost lze zařadit chovatelské prostředí (Kean, Allen, 1998), genotyp zvířete (Skládanka et al., 2014) a úroveň výživy (intenzita výkrmu) (Keady et al., 2007). Masnou užitkovost je možné charakterizovat jako dědičně podmíněnou schopnost zvířete transformovat živiny z krmné dávky do svaloviny a dalších tkání. Právě intenzita výkrmu rozhoduje o ekonomické efektivitě (v kombinaci s koncentrovanějším krmivem), tj. dosažení porážkové hmotnosti v co nejkratším čase. V případě českého strakatého skotu by měly být průměrné denní přírůstky alespoň 1200 g a více (Skládanka et al., 2014). Hodnocení výkrmnosti lze v praxi vyjádřit podílem spotřeby krmiva na jednotku přírůstku (Steinhauser et al., 2000).

Jatečná hodnota je další složkou masné užitkovosti. Její základ tvoří hodnocení jatečně upraveného těla (JUT), které souvisí s jatečnou výtěžností (Craigie et al., 2012), a netto přírůstek (Tatum et al., 2012), vyjádřený jako podíl hmotnosti JUT a porážkového věku ve dnech (Skládanka et al., 2014). Podstatná je i definice JUT, která vychází z Nařízení ES č. 1249/2008 a Nařízení EU č. 1308/2013, kdy se jedná o „celé tělo nebo dvě půlky téhož zvířete po vykruvení a stažení z kůže bez hlavy oddělené od trupu před prvním krčním obratlem, bez nohou oddělených v dolním kloubu zápěstním a zánártním, bez míchy, bez orgánů dutiny hrudní, břišní a pánevní vyňatých i s přirostlým lojem, bez podkožního loje na vnitřní straně vrchního šálu, bez ledvin, pánevního a ledvinového loje, u mladých býků, býků a volů bez šourkového loje, u jalovic bez vemenního loje, u krav bez vemene a vemenního loje, bez blanité a svalnaté části bránice, bez oháňky oddělené mezi posledním obratlem křížovým a prvním obratlem ocasním a bez krční žíly s přirostlým lojem“ (Bartoň et al., 2014).

S jatečným tělem úzce souvisí hodnocení zmasilosti a podílu tuku. V zemích EU je pro hodnocení JUT skotu zaveden systém SEUROP, přičemž zařídění rozhoduje o výsledné ceně JUT a provádí jej vyškolený pracovník (Oliver et al., 2010). Vlastní zařídění pak zařazuje jatečný skot do kategorií podle věku a pohlaví. V případě zmasilosti dle utváření JUT a vyklenutí ekonomicky důležitých částí, tj. kýta, plec a hřbet. Hodnocení využívá 6 bodovou stupnici s možnými podtřídami (minus, neutrální a plus), kde jednotlivá písmena odpovídají samotnému názvu systému, tedy S – nejvyšší zmasilost, dále E – vynikající, U – velmi dobrá, R – dobrá, O – průměrná, P – špatná zmasilost. Hodnocení protučnělosti se posuzuje dle tloušťky tukové vrstvy

na povrchu JUT a uvnitř hrudní dutiny. Shodným aspektem jako při hodnocení zmasilosti je pětibodová stupnice, ve které odpovídají vyšší hodnoty vyššímu stupni protučnění (1 – velmi slabá protučnělost až 5 – velmi silná protučnělost) (Skládanka et al., 2014).

Obecně lze jatečnou hodnotu popsat jako soubor ukazatelů, které jsou důležité pro výrobce (chovatele), zpracovatelský průmysl a spotřebitele (Steinhauser et al., 2000). Kromě hodnocení výše uvedených ukazatelů (jatečná výtěžnost a netto přírůstek) je nutné brát v potaz i hmotnost a podíl jednotlivých masitých částí (vč. podílů tkání – kostí, masa a šlach). Nutné je zaměřením i na kvalitu masa a tuku, u nichž jsou nejčastěji hodnoceny nutriční, sensorické, zpracovatelské, technologické, hygienické a toxikologické ukazatele (Steinhauser et al., 2000; Skládanka et al., 2014).

2.4 Kvalita hovězího masa

Chápání jatečné hodnoty z hlediska kvality hovězího masa je poměrně komplikované. Vlastní koncept kvality hovězího masa je relativní, protože kromě chemického složení zahrnuje i další vlastnosti jako vzhled, šťavnatost, texturu a barvu, což jsou důležité vlastnosti pro spotřebitele (Lawrie, Ledward, 2006; Correia et al., 2016). Vlastnosti hovězího masa lze rozdělit do čtyř funkčních kategorií: hygienické, fyzikální, technologické a sensorické, přičemž jejich různá kombinace určitým způsobem ovlivňuje právě spotřebitelsky důležité vlastnosti (Nollet et al., 2007).

2.5.1 Nutriční hodnota hovězího masa

Jedním z kvalitativních ukazatelů hovězího masa je i nutriční hodnota, kterou představuje chemické složení hovězího masa, resp. kosterní svaloviny v užším slova smyslu. V průměru obsahuje 75 % vody, 19 % bílkovin, 3,5 % rozpustných nebílkovinných látek (sacharidy a volné aminokyseliny) a 2,5 % tuku (Lawrie, Ledward, 2006).

Bílkoviny hovězího masa jsou vysoce stravitelné a poskytují všechny esenciální aminokyseliny důležité v lidské výživě (Zahrádková et al., 2009). Jsou podstatným faktorem ovlivňujícím křehkost, barvu a další jakostní znaky hovězího masa. Svalové bílkoviny tvoří tři skupiny: myofibrilární bílkoviny, sarkoplazmatické bílkoviny a stromatické bílkoviny. Nejvýznamnější ze sarkoplazmatických bílkovin jsou myoglobin a hemoglobin podílející se na tvorbě barvy masa, ze skupiny

myofibrilárních bílkovin je to aktin a myosin tvořící základní stavební prvky svalových vláken (myofilamenty) a umožňující svalovou kontrakci a tím vykonávání pohybu. Tyto bílkoviny se významně podílí na postmortálních změnách masa a výrazně ovlivňují výslednou křehkost. Mezi stromatické bílkoviny se řadí kolagen tvořící pojivové tkáně, šlachy a obaly jednotlivých svalových vláken (Lawrie, Ledward, 2006; Toit, Oguttu, 2013; Kaplanová et al., 2013). Právě obsah kolagenu stoupá spolu s rostoucím věkem zvířete a jedná se o jeden z dalších faktorů ovlivňující výslednou křehkost masa (Roy et al., 2015).

V případě tuku lze hovořit o tuku depotním (zásobním), podkožním, mezisvalovém a intramuskulárním, který tvoří základ pro chutnost a šťavnatost masa. Mezi tuky převládají triacylglyceroly (cca 99 %), dále fosfolipidy a cholesterol, jehož negativní vliv na kardiovaskulární systém lidí je dlouhodobě zmiňován (Lawrie, Ledward, 2006). Z toho důvodu je poměrně aktuální profil mastných kyselin, především z pohledu produkce zdravějšího masa s vyšším obsahem polynenasycených mastných kyselin a vhodným poměrem n-3 a n-6 PUFA. Mastné kyseliny ovlivňují intramuskulární tuk z pohledu tuhosti, doby skladovatelnosti (oxidace) a chuti. Tuhost souvisí s rozdílnou teplotou rozpouštění mastných kyselin, oxidace s podílem nenasycených mastných kyselin (a výsledné produkty mohou negativně ovlivnit oxidaci svalových pigmentů a tím zhoršit barvu masa) a chuť je vázaná na nestálé, aromatické produkty oxidace lipidů vznikajících při tepelné úpravě, které jsou významně ovlivňovány nenasycenými mastnými kyselinami (Wood et al., 2003).

Svalové sacharidy, jejichž nejvýznamnější zástupce je glykogen, se významně podílejí na procesech *post mortem*, a to především z hlediska jejich rozpadu na kyselinu mléčnou, což vede k okyselení svaloviny, zvýšení její údržnosti a snížení mikrobiální aktivity (Lawrie, Ledward, 2006). Fyzické vyčerpání skotu před porážkou vede k vyčerpání glykogenových zásob ve svalech a následně ke vzniku jakostních odchylek (Pérez-Linares et al., 2015).

Volné aminokyseliny (taurin, glutamin, kyselina glutamová, glycin, lysin, alanin) pak ovlivňují sensorické vlastnosti hovězího masa (Šubrt et al., 2012). V neposlední řadě je hovězí maso výborným zdrojem minerálních látek a vitaminů, zejména železa, vápníku, hořčíku, draslíku a fosforu. Z vitaminů je pak nutné zmínit především

skupinu B (B₁, B₂, B₁₂) a dále lipofilní vitaminy obsažené v tukové tkáni (A, D, E, K) (Velíšek, Hajšlová, 2009).

2.5.2 Technologické a senzorické kvalitativní ukazatele hovězího masa

Prakticky nejvýznamnější technologickou vlastností vypovídající jak o udržitelnosti hovězího masa, tak o jeho kvalitativních (senzorických) vlastnostech je pH. Mezi hodnotou pH a barvou, vazností, křehkostí a dalšími senzorickými vlastnostmi existuje silná korelační závislost (Przybylski, Hopkins, 2015), stejně tak mezi hodnotou pH a instrumentálním stanovením barvy a křehkosti (síly stříhu) (Lawrie, Ledward, 2006). Okyselení svaloviny *post mortem* je naprosto nutnou podmínkou a jeho míra (ultimátní pH a rychlost jeho poklesu) může poskytnout informace o potenciální kvalitě masa, především v situaci, kdy nelze provést jakékoliv další měření či hodnocení (Warris, 2000).

Standardní hodnota pH hovězího masa by se měla pohybovat na úrovni 5,3–5,7, přičemž je této hodnoty obvykle dosaženo do 24 hodin *post mortem* (Przybylski, Hopkins, 2015). Hodnoty pH v rozsahu 5,8–6,3 způsobují zvýšenou tuhost hovězího masa v důsledku stažení sarkomer. Oproti tomu je právě toto vyšší pH vhodné pro aktivaci calpainového systému a proteolýzu myofibrilárních bílkovin, přesto hodnota výsledné křehkosti závisí i na konkrétní partii, při ultimátním pH (pH_u) 5,8–6,1 např. dochází ke zvýšení tuhosti roštěnce a kýty (Jeleníková et al., 2008). Obdobné výsledky zmiňuje Wu et al. (2014), a to nejvyšší křehkost při pH v rozsahu 6,29–6,99 a nejnižší v rozsahu 5,86–6,19. Při hodnotách pH 5,42–5,71 je pak hodnota pH střední a výsledná křehkost (i přes její zvyšování) se mezi skupinami nezměnila v průběhu procesu zrání až do 28 dne.

Na hodnotě pH_u závisí i další technologicky významná vlastnost, a to vaznost vody. Vaznost je schopnost masa zadržet vlastní nebo přidanou vodu. Jak je uvedeno výše, libová svalovina obsahuje přibližně 75 % vody, která je zadržována uvnitř svalových buněk, mezi svalovými buňkami a mezi svalovými vlákny (Przybylski, Hopkins, 2015). Snížená vaznost vede k nižší schopnosti masa zadržovat vodu a v konečném důsledku k ekonomickým ztrátám. Dle Hopkinse et al. (2014) se odkap po 1 dni zrání pohybuje na úrovni 2 %. Právě odkap je poměrně významně ovlivněn podélným a příčným stažením myofibril během *rigoru mortis* a také omezením prostoru mezi

jednotlivými myofilamenty, propustností buněčných membrán a velikostí mezibuněčného prostoru (Hughes et al., 2014).

Pokud probíhá proces *rigoru mortis* běžným způsobem, pak pH klesne natolik, až dosáhne tzv. isoelektrického bodu ($\text{pH} = 5,4$). Dosažení isoelektrického bodu působí na myofibrilární bílkoviny a dochází k jejich stažení. Právě nedostatečné okyselení masa nezpůsobí toto stažení, zvyšuje osmotické síly uvnitř buněk a vaznost masa tak stoupá (až do úrovně pH_u 6,8), ovšem na úkor jeho mikrobiální odolnosti (Jeleníková et al., 2008; Przybylski, Hopkins, 2015).

Vaznost je důležitá nejen z pohledu ekonomického, ale i z pohledu zpracování masných výrobků, kdy je vyšší vaznost žádaná z důvodu možnosti přidání vody a solných roztoků, které vaznost dále zvyšují a tím činí výsledný produkt ekonomicky výhodnější z důvodu nižšího požadavku na množství nejdražších vstupních surovin, masa (Dikeman, Devine, 2014). Vaznost pozitivně ovlivňuje i množství intramuskulárního tuku (Lawrie, Ledward, 2006).

Poměrně významné ukazatele z pohledu senzorického hodnocení spotřebitele jsou barva a křehkost hovězího masa. Jak je uvedeno výše, oba ukazatele mají silnou korelační závislost s hodnotou pH.

Právě barva je prvním charakteristickým znakem, který spotřebitel hodnotí. Jedná se často o jediný ukazatel, který vůbec může v čase nákupu posoudit, a to zejména při současných způsobech distribuce (Przybylski, Hopkins, 2015). Barva masa je ovlivněna množstvím vázané vody, množstvím svalových pigmentů a stavem jejich oxidace, mikrobiální aktivitou, tepelnou úpravou, účinkem přídatných látek, způsobem uchovávání a balení masa (Lawrie, Ledward, 2006; Nollet et al., 2007).

Vnímání barvy ovlivňuje koncentrace a chemický stav myoglobinu jakožto svalového barviva. Podíl tohoto pigmentu má přímý vliv na světlost a červenost povrchu masa. Starší zvířata mají vyšší podíl myoglobinu (při porovnání s telecím masem). Hlavní formy myoglobinu vyskytující se na povrchu čerstvého masa jsou purpurový deoxymyoglobin, sytě červený oxymyoglobin vázající jednu molekulu kyslíku a hnědý, redukovaný, metmyoglobin (Dikeman, Devine, 2014). Právě oxymyoglobin tvoří tolik žádanou světle červenou barvu, díky schopnosti svaloviny *post mortem* částečně absorbovat atmosférický kyslík (či kyslík v ochranné atmosféře) dochází k oxidaci a vzniku oxymyoglobinu (Lawrie, Ledward, 2006).

Možnosti zlepšení barvy masa jsou poměrně hojně využívány, například ve formě přístupu vzdušného kyslíku na pultech obchodů (tzv. „bloomig“), který je intenzivní při nízkých teplotách. Ve spojení se zráním dochází k omezení funkce některých enzymů, což opět urychluje pozitivní změnu barvy, ovšem delší časové úseky zrání většinou zvyšují barevnou nestálost masa. Právě zrání nad 14 dní může negativně ovlivnit sytost červené barvy a obsah oxymyoglobinu. Vlastní kategorii zlepšení barvy pak představuje balení masa do ochranné atmosféry, kterou většinou tvoří 80 % kyslíku a 20 % oxidu uhličitého. Z hlediska spotřebitele je ovšem zmiňována koncentrace kyslíku na úrovni 40–50 %. Případně je možné využít i oxidu uhelnatého, který tvoří karboxymyoglobin (COMb), poměrně stabilní formu myoglobinu s třešňově rudou barvou. V tomto případě pak ochranná atmosféra obsahuje přibližně 0,4 % CO a žádný kyslík, aby mohlo dojít k vytvoření COMb (Suman et al., 2014).

Měření barvy (v systému CIE L* a* b*) *post mortem* je možné využít pro predikci výsledné křehkosti hovězího masa. Jako nejvhodnější se jeví využití hodnot C* (chroma – barevná sytost), která umožňuje pomocí regresní kubické rovnice odhadnout texturu hovězího masa po 7 dnech zrání (Goñi et al., 2007). Chroma představuje sílu či slabost chromatické barvy vyjádřenou jako slabou, střední nebo silnou, zmiňována bývá také jako tzv. saturační index. Pro výpočet slouží koordináty a* a b*, kdy $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (AMSA, 2012). Využití instrumentálního měření barvy hovězího masa zmiňuje studie Wulf et al. (1997). Uvádí korelační závislost hodnoty b* (žlutost) se silou stříhu na úrovni $r = -0,38$. Odhad křehkosti pomocí analýzy barvy s využitím multispektrální kamery zmiňuje i Sun et al. (2012).

Nejdůležitějším kvalitativním parametrem z pohledu spotřebitele je křehkost, kterou lze definovat jako snadnost, se kterou může být maso přeráženo nebo rozkousáno (Przybylski, Hopkins, 2015). Jedná se o komplexní vlastnost, která záleží na mnoha faktorech (pH a teplotní změny *post mortem*, glykolýza, a zpracování) a jejich vzájemné interakci (Dikeman, Devine, 2014).

Hodnota křehkosti může být vztažena k obsahu bílkovin v mase, a to především myofibrilárních (aktin, myosin) a stromatických (kolagen, elastin, riticulin). Právě jejich relativní obsah ve svalovině odpovídá stupni stažení myofibril a druhu svalu (Lawrie a Ledward, 2006). Jak je uvedené výše, tak stažení myofibril je

významně ovlivněno pH. Jeleníková et al. (2008) uvádí korelaci mezi hodnotou pH₂₄ a křehkostí na úrovni $r = 0,64$. Dále zmiňuje, že výslednou křehkost může ovlivnit i stav masa, tj. syrové a vařené, a případně i způsob tepelné úpravy, resp. teplota.

Mezi další faktory, které ovlivňují křehkost, lze zařadit věk zvířete, způsob výkrmu, pohlaví, plemeno a genetické založení (Toit, Oguttu, 2013).

Významným faktorem, kterým lze výslednou křehkost masa ovlivnit, je zrání masa. Klasický způsob zrání využívá teplot 2–4 °C po dobu 5–21 dnů, kdy dochází ke zvyšování křehkosti. Další možností je využití elektrické stimulace jatečného těla. Ta může zlepšit křehkost hovězího masa díky urychlení poklesu pH a rozpadu myofibril proteolýzou troponinu rychlejší aktivací calpainového systému (Kim et al., 2013; Dikeman, Devine, 2014; Juárez et al., 2016).

Křehkost významně ovlivňuje i předporážkové zacházení, kdy za určitých okolností může vzniknout abnormalita v průběhu postmortálních změn, což vede ke vzniku jakostní odchylky DFD (dark-firm-dry).

Výše uvedené technologické i senzorické ukazatele je možné exaktně stanovit instrumentálním měřením. Pro zjištění hodnoty pH se nejběžněji využívají přenosné pH metry s vpichovými sondami (Lawrie, Ledward, 2006; Jeleníková et al., 2008; Wu et al., 2014). Stanovení barvy v systému CIE L* a* b* je nejčastěji prováděno přenosnými kolorimetry. Vlastní výsledky měření ovšem může značně zkreslit doba povrchové oxidace masa – blooming (Tapp et al., 2011). V případě hodnocení křehkosti se nejčastěji jako instrumentální, objektivní metoda využívají tenzometry zaznamenávající sílu potřebnou pro přeříznutí testovaného vzorku (sílu stříhu). Vlastní přeříznutí pak vykonávají různé druhy sond, mezi něž patří např. Warner-Bratzlerova sonda s vyříznutím do V (Lawrie, Ledward, 2006; Kemp et al., 2010; Avilés et al., 2013). Měření vaznosti vody může být provedeno několika způsoby – ztráta odkapem, kdy je vzorek masa zavěšen v nepropustném sáčku a po určitém časovém úseku se měří jeho hmotnost a zjišťuje se hmotnostní úbytek (Dikeman, Devine, 2014). Další možností je využití filtračního papíru a lisování po stanovenou dobu (5 minut), následně je nutné zpracovat výsledný otisk na filtračním papíře pomocí analýzy obrazu (Modzelewska-Kapituła et al., 2015).

2.5 Jakostní odchylky hovězího masa

Za určitých okolností existují rozdíly v průběhu posmrtných procesů v mase. Především v průběhu hodnoty pH, což má vliv na další vlastnosti masa. Vznik těchto abnormálních odchylek je způsoben různým genetickým základem jatečných zvířat, způsobem zacházení se zvířaty před porázkou, ale i způsobem jatečního opracování (Pipek, Jirotková, 2001). Podle Yan et al. (2009) byl vliv předporážkového zacházení (počet zvířat ve skupině, teplota a vlhkost v nákladovém prostoru a krátká přepravní vzdálenost) na vznik jakostních odchylek nižší než v případě doby porážky, ročního období, času přepravy a porážkové metody, přesto je důležité zmínit, že dodržování porážkových standardů jednoznačně vede k poklesu výskytu jakostních odchylek.

Abnormální pokles hodnoty pH zapříčiňuje neadekvátní rychlost glykolytických procesů *post mortem*. Pomalý pokles této hodnoty v kombinaci s udržení teploty masa poblíž teploty *in vivo* napomáhá rozběhu prvotních procesů zrání a funkci proteolytických enzymů calpainů (Lawrie, Ledward, 2006).

Mezi dvě hlavní skupiny jakostních odchylek je možné zařadit vady PSE (pale-soft-exudative) a DFD (dark-firm-dry), které ovlivňují výslednou sensorickou jakost masa. Přestože se vada PSE vyskytuje převážně u vepřového masa, byly popsány případy vzniku PSE i u skotu, především u hluboko uložených svalů kýty (*musculus pectineus*, *musculus adductor*, *musculus biceps femoris*) anebo u *musculus longissimus dorsi* ve hřbetu, a to u plemen vyšlechtěných na vysokou masnou užitkovost – např. belgického modrobílého skotu (Warris, 2000; Ingr, 2003).

Rychlé a provozní zjištění obou jakostních vad lze provést měřením pH. Odchylna PSE je způsobena nižší hodnotou pH na úrovni přibližně 5,6 (45 minut po porážce je pH nižší než 6,0 (Adzitey, Nurul, 2011)) a k dalšímu poklesu během následných 24 hodin po porážce nedochází. Toto je způsobené glykogenolýzou a zvýšenou tvorbou kyseliny mléčné. Snížená hodnota pH při vyšší teplotě JUT pak vede k částečné denaturaci svalových bílkovin, což způsobuje světlejší barvu a zároveň nižší hodnota pH snižuje schopnost masa vázat vodu (Velíšek, Hajšlová, 2009).

Odchylna DFD (či DCB – dark cutting beef, hovězí maso tmavé v řezu) působí především neatraktivně na spotřebitele, zejména v případech, kdy si spotřebitel může vybrat z více kusů hovězího masa stejné partie. Toto způsobuje ekonomické ztráty pro výrobce a prodejce masa (Viljoen et al., 2002; Rosa et al., 2016). Normální pH

m. longissimus dorsi by mělo být v rozmezí 5,4–5,7 24 hodin po porážce (pH₂₄). Pouze Austrálie a dva státy USA označují maso s pH₂₄ vyšším než 5,8 jako DFD. Celosvětově přibližně 41 % zemí označuje jako DFD maso s pH vyšším než 6,0 a 18 %; 17 % a 7 % států pak s pH vyšším než 6,1; 6,2 a 6,3 (Przybylski, Hopkins, 2015).

Mezi významné faktory, které ovlivňují vznik této odchylky, patří změny v počasí, podmínky během přepravy, způsob zacházení se zvířaty, čekání před vlastní porážkou, způsob omráčení a vlastní provedení usmrcení (vykrvení), dále i velikost skupin porážených zvířat a jejich stálost a dlouhá doba lačnění před porážkou (Steinhauser et al., 1995; Adzitey, Nurul, 2011; Pérez-Linares et al., 2015). Jedním z možných faktorů, který dále působí na vznik odchylky DFD, je úroveň výživy. Při porovnání intenzivního stájového výkrmu s přídatkem jádra do krmné dávky a pastevního výkrmu bylo zjištěno, že pastevně vykrmovaný skot má ve svalovině více látek ovlivňující glykolytický potenciál, což vede k vyšším hodnotám pH a nižšímu obsahu kyseliny mléčné ve svalovině *post mortem*. Na základě těchto zjištění je výskyt vady DFD u pastevně vykrmovaného skotu vyšší než u zvířat vykrmovaných intenzivně ve stáji (Vestergaard et al., 2000; Apaoblaza et al., 2016). Kromě dodržování výše uvedených zootechnických opatření je dle Steinhausera et al. (1995) vhodné užití sacharidového roztoku, po jeho podání zvířatům dojde k obnově glykogenové zásoby ve svalech. Ta by se měla pohybovat nad úrovní 47–57 mmol/kg (Kahn, Cottle, 2014). Egea et al. (2015) zmiňuje možnost využití glycerolu, který vzniká při výrobě bionafty jako odpadní produkt. Při zkrmování přežvýkavců (jako doplněk v napájecí vodě) dochází v bachoru k jeho přeměně na propionát, který je následně transformován na glukózu, která je glukoneogenezí v játrech přeměněna na glykogen. Toto potvrzuje dvojnásobným zvýšením hladiny glukózy v krevním séru po aplikaci glycerolu v napájecí vodě (dávka 2 g.kg⁻¹ živé hmotnosti zvířete). Příklad této látky měl průkazný vliv na vaznost vody. I přes korelaci mezi vazností a pH se hodnota pH masa pokusné skupiny od kontrolní skupiny nelišila. Zároveň nebyl zjištěn průkazný rozdíl v kvalitě jatečně upraveného těla ani masa zvířat.

Vznik jakostní odchylky DFD je způsobený v čase před porážkou, a to stresem či fyzickou aktivitou, které vedou k vyčerpání svalového glykogenu, což má za následek zvýšení pH nad 5,8. Jako důsledek těchto vyšších hodnot (v ČR bývá zmiňována hodnota 6,2 a více, pod 6,0 začíná pH působit bakteriostaticky (Ingr, 2003) je pak snížena údržnost takového hovězího masa (Pérez-Linares et al., 2015). Navíc je

takové maso tmavší, má kratší dobu trvanlivosti, může mít odlišnou chuť a nekonzistentní křehkost (Reis, Rosenvold, 2014). Vyšší hodnota pH vede k poměrně nízké denaturaci bílkovin, k pevnější vazbě vody a k minimální tvorbě exudátu, což je způsobené minimálním nebo žádným stažením myofilament. Maso má uzavřenější strukturu a prostup kyslíku do masa je omezený, navíc je využit pro aktivitu cytochromů, která je znásobena vyšší hodnotou pH. V důsledku je pak vytvořena tenká vrstva světle červeného oxymyoglobinu, skrze kterou je viditelná nafialovělá vrstva redukovaného myoglobinu a maso tak vypadá tmavší (Adzytei, Nurul, 2011; Crichton et al., 2017). Předporážkový fyzický či psychický stres zvyšuje vyplavování katecholaminů, které zvyšují úroveň glykogenolýzy aktivací svalové fosforylázy vedoucí ke tvorbě ATP (Dikeman, Devine, 2014).

Vlastní diagnostiku masa na jakostní odchylku DFD lze provést nejen měřením pH, ale poměrně dobře jej lze predikovat i podle světlosti (L^*) masa (Kerry, Ledward, 2002) či ztrátou odkapem (Adzytei, Nurul, 2011). Predikce vady DFD může ovšem vycházet i z analýzy hyperspektrálního obrazu ($\lambda = 928\text{--}2524$ nm) ve spojení s odrazivostí a absorbancí povrchu masa, kdy je dosahováno úspěšnosti odhadu kolem 93 % (Nubiato et al., 2016). Výsledné ultimátní pH (pH_u – nejnižší hodnota pH *post mortem*) může být také odhadnuto pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS), kdy dojde k nasnímání *m. longissimus dorsi* na čerstvé straně řezu. Metoda je úspěšná přibližně z 90 %. Tato technika je využitelná především v masokombinátech, kde je prováděno bourání teplého jatečného těla, např. v Austrálii, protože měření je vhodné provést v průměru 30 minut *post mortem* po zatřídění JUT (Reis, Rosenvold, 2014). Dle Nubiata et al. (2016) je požadavek masného průmyslu na hodnocení těchto vad dán především způsobem provedení dané metody, která musí být neinvazivní, nedestruktivní, rychlá, přesná, konzistentní a při přijatelných nákladech. Měření klasickou vpichovou metodou a přenosným pH metrem je ovšem jak destruktivní, tak pracné (Crichton et al., 2017).

2.6 Faktory ovlivňující masnou užitkovost a jatečnou hodnotu

Primární faktory ovlivňující masnou užitkovost a jatečnou hodnotu (tj. kvalitu masa v širším slova smyslu) lze rozdělit na vnější a vnitřní. Mezi vnější vlivy lze zahrnout především výživu, stájové prostředí a techniku (systém) chovu. Významné z vnitřních faktorů jsou pak plemenná příslušnost a užitkový typ, věk, hmotnost, pohlaví a genetické založení jedince (Zapletal, Macháček, 2015).

2.4.1 Vnější faktory ovlivňující masnou užitkovost a jatečnou hodnotu

Patrně nejvýznamnější vnější faktor ovlivňující masnou užitkovost skotu je výživa a krmení. Náklady na krmiva tvoří přibližně 60 % celkových nákladů výkrmu (Kvapilík et al., 2016). Vyváženost výživy výrazně ovlivňuje dosahování ekonomických výsledků výkrmu (Strapák et al., 2013). Vhodným složením krmné dávky lze upravit skladbu jatečného těla a předejít tak vyššímu podílu tuku. Navíc má výživa vliv i na kvalitu masa, a to zlepšením vnitřních i vnějších vlastností svaloviny (Przybylski, Hopkins, 2015).

Samotný růst lze chápat jako zvýšení hmotnosti a také jako změny v utváření těla a jeho funkcí (vývin). Vlastní růst lze rozdělit přibližně na tři etapy – krátká počáteční fáze s nízkými hmotnostními přírůstky (po narození), následována fází explozivního růstu (růst nervové, kostní a svalové tkáně) a závěrečnou fází velmi pomalého růstu, kdy je hmotnostní přírůstek tvořen především tukovou tkání (Lawrie, Ledward 2006). Důležité je využití růstového potenciálu s ohledem na respektování biologických zákonitostí a fází růstové křivky (Zahrádková et al., 2009) a tomu přizpůsobit skladbu krmné dávky, která musí respektovat specifické nároky na výživu dané kategorie skotu. Případné nesplnění tohoto požadavku vede ke snížení užitkovosti, v extrémních případech k narušení zdravotního stavu zvířat. Krmná dávka zabezpečuje požadovanou úroveň příjmu živin s ohledem na fyziologické potřeby zvířat a dále zaručuje vysoké denní přírůstky a podporuje intenzivní tvorbu masa (Strapák et al., 2013).

Krmná dávka ovlivňuje intenzitu výkrmu. Intenzivnější výkrm a tím dosahovaný vyšší denní přírůstek je závislý na využívání koncentrovanějších a dražších krmiv. Zkrácení doby výkrmu při vyšší intenzitě je natolik významné, že vykompenzuje i vyšší cenu krmiv. Obecně lze říci, že je požadavkem dosáhnout co nejvyšší živé (porážkové) hmotnosti za co nejkratší dobu (Skládanka et al., 2014). Energeticky

bohatá krmiva tvoří jednu z nejdražších položek krmné dávky. V českých podmínkách je pak skot nejčastěji vykrmován stájovým způsobem, kdy jsou zkrmována objemná, konzervovaná krmiva s přídatkem jadrné směsi (Zahrádková et al., 2009). Huuskonen (2009) zkoumal vliv přídatku energeticky bohatých krmiv (mačkaný ječmen, oves a pokrutiny řepky olejky) do krmné dávky na růstovou schopnost holštýnských býků. Ze závěrů jeho studie vyplývá, že nejvyšších denní přírůstků bylo dosaženo zkrmování mačkaného ječmene (1270 g) a pokrutin (1223 g). Zároveň zmiňuje, že nebyl prokázán vliv zkrmování jednotlivých energeticky bohatých krmiv na kvalitu jatečně upraveného těla.

Vlastní intenzita výkrmu ovšem neovlivňuje jen růst, ale i např. kvalitu intramuskulárního tuku (IMT). Porovnáním podílů IMT a profilu mastných kyselin pastevně a intenzivně vykrmovaných býků byl zjištěn pozitivní vliv pastvy jak na nižší podíl IMT, tak na preferovanější skladbu mastných kyselin, především z pohledu nenasycených mastných kyselin – omega-3 a poměru n-6 : n-3 (Przybylski, Hopkins, 2015; Mazzucco et al., 2016). Jednou z možných nevýhod pastevního výkrmu je nekonzistentnost objemného krmiva v průběhu roku jak z hlediska množství, tak především z hlediska nutričního a je nutné využívat doplňkové přípravky či přímo přikrmovat konzervovaným krmivem (Przybylski, Hopkins, 2015). Podle Daley et al. (2010) má maso pastevně vykrmovaných zvířat nižší podíl nasycených mastných kyselin, především kyseliny myristové a olejové, které významně ovlivňují hladinu sérového cholesterolu. Naproti tomu má maso pastevně vykrmovaných zvířat při porovnání s masem intenzivně vykrmovaných zvířat nižší podíl monoenoových mastných kyselin, jako např. kyseliny olejové, což je jedna ze základní mastných kyselin hovězího masa. Při zkrmování přídatků semen bohatých na polynenasycené mastné kyseliny (jako je slunečnice, lněné semínko apod.) je často vhodné provést jejich úpravu, např. mletí nebo mačkání, protože následně dochází k vyššímu využití mastných kyselin v nich obsažených (Wood, Enser, 1997).

Kromě profilu mastných kyselin výživa výrazně ovlivňuje i podíl antioxidantů v mase. Realini et al. (2004) zkoumal vliv přídatku α -tokoferolu na jeho podíl v mase intenzivně vykrmovaných býků. Při porovnání s pastevním výkrmem bylo přídatkem 1000 IU α -tokoferolu dosaženo stejné hladiny tohoto vitamínu, ale maso intenzivně vykrmovaných býků bylo světlejší, méně žluté a také méně křehčí. Pouzo et al. (2016) zkoumal vliv rozdílných hladin (0,125 % a 0,250 % krmné dávky) přídatku lněného

semínka v krmné dávce volků. Zjistil, že přídavek lněného semínka pozitivně ovlivňuje hladinu antioxidantů v mase, a to jak α -tokoferolu, tak γ -tokoferolu a dále β -karotenu a luteinu. Suplementace vitamínu D₃ v krmné dávce podle Lobo-Jr. et al. (2012) pozitivně působí na křehkost a barvu masa, zvyšuje hladinu vápníku v krevní plazmě a stejně tak i jeho anti-oxidační kapacitu. Hypervitaminóza D₃ má ovšem negativní vliv na příjem krmiva, průměrný denní přírůstek a v konečném důsledku i na hmotnost jatečného těla. Přídavek tohoto vitamínu navíc ovlivňuje barvu masa (jeho červenost a žlutost).

Kritických bodů majících vliv na výslednou masnou užitkovost, či dokonce jatečnou hodnotu, existuje v intenzivních, a především stájových, systémech několik a týkají se především welfare zvířat. Zmínit lze vhodnost povrchů, přivazování či jiné druhy dlouhodobé fixace, způsob ustájení, podestýlku a její stav, venkovní výběh či přístup na pastvu apod. (Przybylski, Hopkins, 2015). Dalším důležitým faktorem je vlastní management výkrmu. Do výkrmu je nutné vybírat zvířata s předpoklady pro intenzivní růst, zvířata zdravá a dobře osvalená. V průběhu výkrmu je nutné sledovat růst zvířat a zjišťovat jejich živou hmotnost alespoň jednou za čtvrt roku. Zvířata, která v růstu zaostávají, je nutné vyšetřit, léčit, případně z výkrmu vyřadit. Stejně tak je nutné z výkrmu vyřazovat zvířata agresivní. Po vyřazení zvířete ze skupiny se již další zvíře nedoplňuje. Dalším faktorem, který významně ovlivňuje výsledky výkrmu býků při volném, kotcovém, ustájení je tvorba skupin. Do skupiny je nutné zařazovat zvířata vyrovnaná jak věkem, tak hmotností, která by neměla mezi zvířaty dosahovat vyšších rozdílů než 25–30 kg. Kombinace rohatých a bezrohých zvířat je velmi nevhodná, vhodnější je chovat bezrohá zvířata, protože možné riziko zranění ošetřovatelů při manipulaci se zvířaty je nižší. Skupina by měla být tvořena 10–12 zvířaty o živé hmotnosti vyšší než 350 kg. Pokud je hmotnost nižší, může být skupina tvořena 20–25 zvířaty. Zároveň by v jednom objektu mělo být pouze jedno pohlaví a při vyskladňování zvířat a jejich odvozu na jatka je nutné dodržovat již vytvořené skupiny jako preventivní opatření proti zvýšení stresu (Strapák et al., 2013).

Vlastní prostředí výkrmny (stáje) pak přímo ovlivňuje i welfare zvířat, a to jak teplotou a vlhkostí, tak i rychlostí výměny vzduchu a koncentrací nebezpečných plynů, především amoniaku, sirovodíku a prachu (Przybylski, Hopkins, 2015). Vyšší koncentrace prachových částic nepředstavuje nejen nebezpečí pro skot,

ale i pro ošetřovatele a zootechniky, protože prach organického původu většinou obsahuje i endotoxiny (Basinas et al., 2015). Z mikroklimatických podmínek má velký význam především teplota prostředí. Extrémní teploty snižují přírůstky a zvyšují spotřebu krmiv a živin na jednotku přírůstku hmotnosti (Strapák et al., 2013).

2.4.2 Vnitřní faktory ovlivňující masnou užitkovost

Z vnitřních faktorů masnou užitkovost ovlivňuje významně užitkový typ skotu a plemeno (Przybylski, Hopkins, 2015). V případě kombinovaného skotu je pak zachována jak dobrá úroveň mléčné produkce s vysokým obsahem mléčných složek, tak i relativně vysoká růstová schopnost, dobré osvalení a kvalita JUT (Zahrádková et al., 2009). Porovnáním masné užitkovosti plemene kombinovaného užitkového typu (českého strakatého skotu) a plemene masného užitkového typu (charolais) bylo zjištěno, že při stejné porážkové hmotnosti 600 kg dosáhli býci českého strakatého skotu vyššího příjmu krmiva při nižším hmotnostním přírůstku. V případě jatečné hodnoty pak byla JUT býků plemene charolais zaříděna do vyšších tříd zmasilosti s lepší jatečnou výtěžností (56,3 % a 58,5 %), měla nižší podíl ledvinového a pánevního loje, vyšší podíl cenných partií a nízký podíl oddělitelného tuku (Bartoň et al., 2007).

Porovnání plemen v rámci kombinovaného užitkového typu – montbeliarde a český strakatý skot bylo provedeno v několika studiích (Chládek et al., 2005; Šubrt et al., 2008; Zapletal et al., 2009). Bylo zjištěno, že hmotnost JUT býků plemene montbeliarde a české strakaté je při shodné porážkové hmotnosti stejná. Patrný rozdíl byl ovšem v porážkovém věku, který byl o 64 dnů nižší u plemene montbeliarde, což odpovídalo i vyšším denním a netto přírůstkům (cca 100 g resp. 60 g). Zařídění dle systému SEUROP bylo příznivější u JUT býků českého strakatého skotu, dále u nich byl zjištěn vyšší podíl přední čtvrti a nižší podíl zadní čtvrti. Co se týče skladby JUT, tak nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl. Z hlediska kvality masa nebyly na dané hladině významnosti ($P < 0,05$) zjištěny žádné průkazné odlišnosti, a to jak v případě obsahu hydroxyprolinu, tak v obsahu intramuskulárního tuku, ale i v dalších aspektech chemického složení (sušina, bílkoviny, popeloviny). Přesto maso býků montbeliarde vykazovalo částečně světlejší maso, nižší schopnost vázat vodu a nižší podíl hydroxyprolinu. Za stejných podmínek výkrmu (kukuřičná siláž ad libitum a 3 kg jaderné směsi – 50 % mačkaný ječmen, 50 % sója s přísadkou minerálních doplňků) byla provedena i analýza profilu mastných kyselin. Chemické

složení (sušina, bílkoviny, popeloviny a intramuskulární tuk) masa obou plemen nebylo odlišné. Potvrdila se odlišnost profilu mastných kyselin intramuskulárního tuku. Maso býků českého strakatého skotu vykazovalo nižší hodnoty obsahu kyseliny stearové (C18:0) a arachové (C20:0), dále vyšší hodnoty kyseliny myristové (C14:0), myristoolejové (C14:1), palmitové (C16:0) a palmitoolejové (C16:1), přesto nebyl celkový obsah nasycených (SFA), mono- (MUFA) a poly- (PUFA) nenasycených mastných kyselin statisticky průkazně odlišný.

Z výše uvedeného je patrné, že existuje jak rozdíl mezi užitkovými typy, tak i v rámci jednoho užitkového typu existují odlišnosti mezi plemeny. V rámci jednoho plemene ovšem vznikají rozdíly i mezi různě starými zvířaty stejného pohlaví, resp. zvířaty stejného pohlaví s různou hmotností a v neposlední řadě i mezi zvířaty s různým pohlavím.

Vliv porážkového věku na kvalitu hovězího masa býků českého strakatého skotu zmiňuje studie Beneš et al. (2013). Průkazný vliv věku byl zjištěn v případě křehkosti *musculus longissimus dorsi* po tepelné úpravě, kdy maso mladších býků bylo křehčí, a to i po 14 dnech zrání. Obdobných výsledků pak bylo dosaženo v případě vzhledu masa, jeho světlosti, maso mladších býků bylo světlejší oproti masu starších zvířat.

Věk při porážce, jako důležitý faktor ovlivňující masnou užitkovost, zmiňuje i Studený et al. (2012). Porovnáním 3 skupin jalovic českého strakatého skotu (porážkový věk 18–22, 23–27 a 28–32 měsíců) bylo zjištěno, že nejlehčí JUT měly nejmladší jalovice. Rozdíl mezi druhou a třetí skupinou nebyl průkazný. Stejně tak zmasilost a protučnělost dle SEUROP nebyla ovlivněna porážkovým věkem, byť se projevil mírný trend zhoršujícího se průměrného zatřídění. Jako optimum pak autoři uvádějí porážkový věk do 27 měsíců, s rostoucím věkem pak již dochází k nízkému přírůstku hmotnosti a ten je ještě tvořen především tukovou tkání, což dokládá klesajícím netto přírůstkem s rostoucím věkem (444 g při porážkovém věku 20,4 měsíců, resp. 390 g při porážkovém věku 29,7 měsíců).

Filipčík et al. (2006) popsal vliv porážkového věku na zatřídění JUT býků českého strakatého skotu. S rostoucím věkem došlo k zatřídění do lepších tříd zmasilosti. Rozdíly mezi třídami protučnělosti nebyly průkazné. Zajímavé ovšem je, že stejně tak nebyl průkazný rozdíl, pokud se zohlednil pouze vliv hmotnosti JUT na zatřídění SEUROP za zmasilost. Protučnělost vykazovala diferenci mezi skupinou do 310 kg

a skupinou 361–400 kg. S rostoucím netto přírůstkem pak docházelo i ke zlepšení průměrného zatřídění JUT v případě zmasilosti, ale ne protučnělosti.

Dosahovaná porážková hmotnost býků a volků při stejném porážkovém věku je rozdílná, obdobně tak i jatečná výtěžnost, a to ve prospěch býků. Hmotnost jatečně upraveného těla býků je v průměru o 12,1 % vyšší, jatečná výtěžnost o 1,7 % (55,2 % oproti 53,5 % u volků). Lépe jsou hodnoceny JUT býků, a to z pohledu zmasilosti, což se projevuje plochou *m. longissimus dorsi* (68,6 cm² oproti 63,3 cm²) a vyšším podílem svaloviny (Moleta et al., 2014).

Pohlaví, jako vnitřní faktor, ovlivňuje nejen masnou užitkovost, ale i jatečnou hodnotu. Maso jalovic je chutnější, křehčí a červenější než maso býků nebo volků. Vyšší podíl intramuskulárního tuku je v mase volků než v mase býků. Intramuskulární tuk kladně ovlivňuje chuť a křehkost. Podíl intramuskulárního tuku masa volků je vyšší než v mase jalovic, maso volků je z toho důvodu častěji hodnoceno jako šťavnatější. Často bývá zmiňován vztah křehkosti masa a věku zvířete, zejména u krav. Porovnáním křehkosti masa jalovic a krav bylo zjištěno, že právě vyšší věk hraje značnou roli ve vztahu ke křehkosti a s rostoucím věkem krávy klesá i křehkost masa (Przybylski, Hopkins, 2015). Vliv pohlaví na masnou užitkovost kříženců skotu plemen limousine a holštýn zkoumali Modzelewska-Kapituła a Nogalski (2014). Prokázali vliv pohlaví na množství celkového, rozpustného i nerozpustného kolagenu, který byl nejvyšší v mase býků. Naměřené síla stříhu byla ale nejvyšší v mase volků a nejnižší v mase jalovic.

2.4.3 Genetické markery, masná užitkovost a kvalita hovězího masa

Aktuálním, na významnosti nabývajícím, je další vnitřní faktor ovlivňující masnou užitkovost, ale i kvalitu masa, a to genetický základ jedince. Zvýšení masné užitkovosti pomocí genetického pokroku bylo založeno na selekci fenotypových údajů (vlastností) bez hlubší znalosti genetické variability. Díky zlepšení technik molekulární genetiky bylo umožněno jak šlechtitelům, tak chovatelům studovat genetické založení jedince na úrovni DNA (Przybylski, Hopkins, 2015). V posledních letech se navíc zvyšuje pozornost v oblasti kvality masa a možností zlepšení jeho kvality. Jednou z možností, kromě běžně využívaných šlechtitelských a zootechnických opatření, je využívání právě moderních molekulárně-genetických metod (Čítek et al., 2010).

Důležitý je ovšem dostatek kvalitních dat podložených kontrolou užítkovosti, které představují právě ony fenotypové údaje. Světově se začíná prosazovat genomická selekce, s využitím čipů, umožňujících zjistit široké údaje o jednotlivých SNP (single nucleotide polymorphism – jednonukleotidový polymorfismus). V případě získávání genomických informací v chovech českého strakatého skotu se využívají čipy s vysokou hustotou, které poskytují informace o několika desítkách tisíců těchto polymorfismů (Kučera, 2011).

Komerční využití těchto čipů je možné, a to především v propojení informací o několika SNPs, které ovlivňují křehkost masa, což dokládají např. podané patenty (Riggs, Vaughn, 2015). Dále je možné sestavení čipu přímo „na míru“ pro potřeby šlechtitele či chovatele tak, aby o chovaných zvířatech zjistil relativně snadno požadované informace, tj. genotypy jednotlivých lokusů ovlivňujících např. masnou užítkovost, dědičné choroby anebo mléčnou užítkovost (Mullen et al., 2013).

Masná užítkovost skotu a kvalita hovězího masa jsou vlastnosti ovlivňované velkým množstvím genů s malým účinkem (polygenní kvantitativní znaky) a projevuje se na nich i vliv prostředí (Przybylski, Hopkins, 2015). Analýzou genů, resp. polymorfismů lokusu kvantitativních znaků (QTL – quantitative trait loci), pak lze odvodit, jaký vliv příslušný polymorfismus na danou užítkovou vlastnost či kvalitu výsledného produktu má (Tothová, 2013). Problematické je jejich využití v praxi právě z důvodu, že fenotypový znak je podmíněn větším množstvím genů, přičemž menší efekt na příslušný znak nemusí být podchycen. Navíc v určitých populacích může být exprese daného polymorfismu menší, než v populaci jiné a průkaznou asociaci tak případně nelze zjistit vůbec (Knoll, Vykoukalová, 2012). Může se jednat i o působení podmiňujícího genu, který není identifikován a je ve vazbové nerovnováze právě s daným QTL (Ron, Weller, 2007).

Mezi nejvýznamnější QTL, které ovlivňují masnou užítkovost skotu a kvalitu hovězího masa, lze v současnosti zařadit myostatin (*MSTN*), diacylglycerol O-transferázu 1 (*DGATI*), stearyl-CoA desaturázu 1 (*SCD1*), syntázu mastných kyselin (*FASN*), calpain (*CAPN*), calpastatin (*CAST*), leptin (*LEP*) a další geny malého účinku (Zahrádková et al., 2009; Knoll, Vykoukalová, 2012; Dikeman, Devine, 2014; Przybylski, Hopkins, 2015).

Gen myostatinu se nachází na druhém bovinním chromozomu. Myostatin je protein s regulační funkcí ovlivňující v prenatalním období fúzi buněk do svalových myofibril. Mutace genu způsobuje inaktivaci tohoto proteinu, což vede ke svalové hypertrofii a hyperplazii, tedy vzniku tzv. dvojitého osvalení, typického např. u plemene belgické modrobílé (Zahrádková et al., 2009; Przybylski, Hopkins, 2015). Svalová hypertrofie ovšem není v celém těla stejná, existují isotrofická, ale i hypotrofická místa. Hypertrofie se běžně projevuje na vnějším osvalení, výrazněji na zadní než na přední polovině těla (Dikeman, Devine, 2014).

Myostatin tak lze částečně chápat jako transmittor informace o stavu jednotlivých svalových skupin, což umožňuje vyvážený nárůst svalové tkáně (Arnold et al., 2001). Fyziologická funkce myostatinu spočívá v omezení svalového růstu. Jedná se o růstový regulátor v raných růstových fázích (Dikeman, Devine, 2014). Exprese myostatinu probíhá v buňkách uvnitř myotomů a v rostoucích kosterních svalech, kde reguluje počet tvořících se svalových vláken. V dospělosti je myostatin tvořen kosterním svalstvem a omezuje růst svalových vláken (Lee, 2004).

Kromě dvojitého osvalení myostatin ovlivňuje poměr masa a kostí, masa a tuku, jatečnou výtěžnost a obsah vody v mase (Dikeman, Devine, 2014). Dále i obtížnost telení a hmotnost při narození. Uváděn je i vliv na mramorování masa (nižší podíl intramuskulárního tuku), chutnost či podíl mastných kyselin (SFA, MUFA, PUFA). Nižší míra mramorování negativně ovlivňuje chutnost a současně i podíl PUFA. Právě podíl PUFA v profilu mastných kyselin, a rychlost jejich počáteční oxidace, částečně ovlivňuje výslednou chutnost (Weiner et al., 2009; Semler et al., 2014). Některé studie (Lines et al., 2009; Allais et al., 2010) zmiňují změnu v křehkosti, způsobenou nižším podílem kolagenu a průměrnou plochou svalového vlákna. Jeden z dalších kvalitativních vlivů myostatinu je na barvu masa. Recessivní polymorfismus genu pro myostatin způsobuje nižší podíl myoglobinu. Proto je maso skotu s dvojitým osvalením světlejší. Svalovina navíc obsahuje vyšší podíl svalových vláken I-typu. Zvířata jsou citlivější na stres a vznik vady DFD (dark-firm-dry – tmavé-tuhé-suché maso). V důsledku většího objemu svalové hmoty je důležité rychlé a dostatečné zchlazení JUT, aby se předešlo ztuhnutí masa, které u teplého JUT nastává při poklesu pH pod 6 při teplotě vyšší než 35 °C a negativně ovlivňuje výslednou jakost (Przybylski, Hopkins, 2015).

Další z genů, které ovlivňují kvalitu hovězího masa, jsou *DGATI* a *SCDI*, které působí na podíl intramuskulárního tuku a mramorování hovězího masa. *DGATI* je mikrozomální enzym katalyzující finální syntézu triglyceridů. Původní vliv byl připisován pouze obsahu mléčného tuku, stejná recesivní alela (K) ovšem působí i na obsah intramuskulárního tuku (Przybylski, Hopkins, 2015). Vyšší míru mramorování (a podíl intramuskulárního tuku) potvrzují i další studie, např. Pannier et al. (2010), Li et al. (2013), Gorlov et al. (2014). Přestože je často zmiňován pozitivní vliv mramorování na křehkost, vliv *DGATI* na tento kvalitativní ukazatel není potvrzen (Avilés et al., 2015). Potvrzený je vliv na tloušťku hřbetního tuku (Kelava et al., 2013; Bennet et al., 2014; Avilés et al., 2015).

Gen kódující *SCDI* se nachází na 26. boviním chromozomu (Bartoň et al., 2010a). Stearoyl-CoA desaturáza 1 je enzym podporující *de novo* biosyntézu mastných kyselin (Przybylski, Hopkins, 2015), konkrétně izomery cis-9, trans-11 konjugované kyseliny linolové (CLA) (Bartoň et al., 2010a). Katalyzuje desaturaci nasycených mastných kyselin na monoenoové mastné kyseliny (Li et al., 2013). Toto potvrzuje studie Bartoň et al. (2010a), kde je zmiňován vliv polymorfismu *SCDI* na obsah kyseliny myristoolejové (C14:1) v intramuskulárním i podkožním tuku, jejíž podíl byl nejnižší u recesivních homozygotů. Stejně závěry týkající se obsahu intramuskulárního tuku zmiňuje i Kaplanová et al. (2013).

Výše uvedené vlivy polymorfismu *DGATI* a *SCDI* mají užití především v populacích, ve kterých již byla potvrzena asociace těchto markerů s intramuskulárním tukem a nedoporučuje se širší užití u jiných plemen nebo populací skotu (Przybylski, Hopkins, 2015).

Jedním z významných faktorů, který ovlivňuje výslednou chuť a vůni hovězího masa jsou mastné kyseliny (Dikeman, Devine, 2014), z nichž některé jsou spojovány s kardiovaskulárními onemocněními, zejména nasycené mastné kyseliny, např. kyselina myristová a palmitová (Oh et al., 2013). Gen kódující syntázu mastných kyselin (*FASN*) se nachází na 19. boviním chromozomu (Kaplanová et al., 2013). Jedná se o multifunkční enzym, který provádí biosyntézu mastných kyselin prodlužováním molekuly acetyl-CoA, jejímž výsledným produktem je palmitát C₁₆, základ kyseliny palmitové (C_{16:0}). Nenasycené mastné kyseliny a mastné kyseliny

s dlouhým řetězcem jsou potom z této kyseliny dále syntetizovány jinými enzymy (Koolman, Roehm, 2012).

Rozdíly v profilu mastných kyselin intramuskulárního tuku masa býků různých polymorfismů *FASN* popisuje Kaplanová et al. (2013). Potvrzuje rozdíly v obsahu kyseliny myristové, myristoolejové, palmitové, palmitoolejové a stearové. Shodný vliv popisuje i Oh et al. (2013). Dále potvrzuje rozdíl v případě mramorování (v případě recesivně homozygotních jedinců bylo mramorování nižší) a tloušťce hřbetního tuku. Vliv polymorfismu *FASN* na podíl výše uvedených mastných kyselin potvrzuje také Zhang et al. (2008).

Křehkost masa je významně ovlivňována proteolytickými procesy *post mortem*. Zvýšení křehkosti je ovlivňováno enzymatickou degradací myofibrilárních bílkovin pomocí proteázy μ -calpain, jehož inhibiční proteázou je calpastatin. Tyto enzymy jsou kódovány geny *CAPNI* (μ -calpain) a *CAST* (calpastatin), které se nacházejí na 29., resp. 7. bovinním chromozomu (Przybylski, Hopkins, 2015).

Vlastní aktivace μ -calpainu probíhá pomocí mikro- a milimolárních koncentrací (3–50 μ M) vápenných iontů (Ca^{2+}) při pH do úrovně 6,1–6,2 (Dikeman, Devine, 2014). Aktivita probíhá do 3 dnů po porážce (Kemp et al., 2010). Myofibrilární bílkoviny, které následně degradují, jsou nebulin a desmin. Tyto bílkoviny jsou součástí myofilament v místě (*Z*-linie), kde se spojují bílkoviny aktin a myosin (Lawrie, Ledward, 2006). Inaktivace je pak založená jednak na dalším poklesu pH a dále v důsledku jejich vlastní autolýzy, která je velice snižena při teplotách nad 30°C. Činnost calpainu ve svalovině živých zvířat blokuje calpastatin. Přesto, že je *post mortem* aktivita calpainů omezená (pH pod 5,8), míra vlivu nízkého pH je několikanásobně vyšší v případě calpastatinu, takže rozpad myofilament neblokuje (Dikeman, Devine, 2014).

Polymorfismy genů *CAPNI* a *CAST* jsou nejčastěji spojovány se změnou křehkosti hodnocenou senzoricou analýzou (Lee et al., 2014), ale i změnami síly stříhu zjištěné při texturní analýze hovězího masa (Avilés et al., 2013; Kaplanová et al., 2013). Jedna ze studií (Kaplanová et al., 2013) zmiňuje vliv *CAPNI* i *CAST* na hodnotu pH, kdy heterozygotní zvířata vykazovala nejvyšší hodnotu (5,552). Další vliv *CAST* zmiňuje Castro et al. (2016), který popisuje vliv *CAST* na hodnotu b^* (žlutá část viditelného spektra). Homozygotní genotyp *CAST* je spojován s 35% poklesem tuhosti

masa po 7 dnech zrání, dále s vyšším podílem tuku v JUT poražených zvířat (1,44 + 0,56 %) a nižším podílem kostí (Dikeman, Devine, 2014).

Jedním z význačných genetických markerů vztahujících se k uvedeným kvalitativním ukazatelům hovězího masa je leptin.

2.4.4 Leptin

Leptin je bílkovinný hormon skládající se ze 167 aminokyselin (Buchanan et al., 2002). Produkci tohoto hormonu zajišťuje bílá adipocytární tkáň a další tkáně, které bílé adipocyty obsahují. V mnohem nižší míře pak i plodové tkáně, mléčné žlázy, bачor, slez a dvanácterník, hnědá adipocytární tkáň a hypofýza (Buchanan et al., 2002; Chillard et al., 2005).

Způsob fungování leptinu v energetickém a lipidovém metabolismu popisuje Chillard et al. (2005), Chillard et al. (2001) a Houseknecht et al. (1998). Leptin funguje centrálně a inhibuje vliv neuropeptidu Y (Dikeman, Devine, 2014), konkrétně blokováním jeho syntézy v hypothalamu, což vede ke snížení příjmu krmiva (poklesu apetitu), zvýšení energetického výdeje a zvýšení fyzické aktivity (Houseknecht et al., 1998). Zvýšená sekrece leptinu adipocyty pak vede ke zvýšení koncentrace sérového leptinu, který působí jak na mozkovou tkáň, tak na periferní tkáně, a kromě výše uvedené regulace příjmu krmiva a změn ve fyzické aktivitě způsobuje i zvýšenou aktivitu vaječníků (Chillard et al., 2001 a 2005). Podle Daix et al. (2008) právě ono centrální působení vede ke snížení hladiny insulínu a glukokortikoidů, stimuluje působení růstového hormonu, sekreci katecholaminů a hormonů štítné žlázy.

Omezení příjmu krmiva má za následek snížení produkce leptinu, v důsledku čehož dochází ke zvýšení exprese leptinového receptoru v hypothalamu (Delavaud et al., 2000). Protože je koncentrace leptinu v krevním séru ovlivněna i množstvím tukové tkáně, může při vyšších koncentracích leptinu dojít k blokaci či omezení funkce leptinového receptoru, tj. ke vzniku leptinové rezistence a nedochází k omezení příjmu potravy (Myers et al., 2008). Podle studie Foote et al. (2016) se koncentrace leptinu v krevním séru skotu v průměru pohybuje na úrovni mezi 7–10 ng.ml⁻¹.

Leptin kódující gen (často nazývaný též „obese gene“ neboli gen obezity (Li et al., 2013) se nachází na 4. bovinním chromozomu. Celá sekvence genu má více než 15 000 bp. Obsahuje 3 exony, které jsou odděleny 2 introny. Kódující oblast *LEP* se nachází na exonech 2 a 3 oddělených intronem o velikost 2 kb (Trakovická et al.,

2015). Polymorfismy v kódující oblasti jsou spojovány se změnami koncentrace leptinu v krevním séru, příjmem krmiva a podílem tělesného tuku (Kaplanová et al., 2009). Nejčastěji zkoumaný jednonukleotidový polymorfismus (SNP) leptinového genu (tranzice cytosinu za thymin v exonu 2, kódována změnou aminokyseliny arginin za cystein (Arg25Cys) je spojovaný právě s koncentrací leptinu v krevním séru (Pavlík et al., 2013a). Tomuto SNP odpovídají dvě alely – *C* a *T*, které se následně projevují třemi různými genotypy – homozygotními *TT* a *CC* a heterozygotním genotypem *CT*.

Obsah sérového leptinu je pak spojován s příjmem krmiva, denním přírůstkem, konverzí krmiva a skladbou jatečného těla. S rostoucím věkem a koncentrací roste i hodnota těchto ukazatelů (Foote et al., 2016). Vyšší podíl tuku v mase a větší pokryv jatečně upravených těl tukem zmiňuje Buchanan et al. (2002). Další studie (Kaplanová et al., 2009) potvrzuje vliv genotypu *LEP* na ukládání ledvinového a pánevního loje, kdy homozygotní *TT* zvířata měla nejvyšší podíl tohoto tuku a obdobné výsledky byly zjištěny i pro netto přírůstek. Anton et al. (2011) zmiňuje vliv polymorfismu *LEP* na podíl intramuskulárního tuku, což odpovídá tvrzení Nogalski et al. (2017), že je možné použít leptin jako jeden z faktorů pro odhad podílu intramuskulárního tuku hovězího masa.

Vliv polymorfismu *LEP* na barvu hovězího masa potvrzuje Li et al. (2013), a to v sytosti barvy (c^* – chroma) a obsahu deoxymyoglobinu. Dále zmiňuje asociaci genotypu *LEP* a hodnoty a^* (sytost červené části barevného spektra) a relativního obsahu oxymyoglobinu. Vliv genotypu *LEP* na koncentraci leptinu v krevním séru zmiňuje Pavlík et al. (2013a; 2013b) právě ve vztahu k obsahu zinku a insulinu, který je spojovaný s metabolismem tuků. Právě to, spolu s oxidací tuků, může ovlivňovat výslednou barvu masa, protože i rychlost oxidace tuků je spojována s rychlostí oxidace myoglobinu (Li et al., 2013). Možný vliv polymorfismů *LEP* na křehkost (sílu stříhu) hovězího masa popisuje Schenkel et al. (2005). Toto zmiňuje i Dračková et al. (2012) ve spojení s obsahem intramuskulárního tuku a Knoll, Vykoukalová (2012) ve spojení s možnou regulací růstu svalových vláken.

Zmiňován bývá i nepřímý vliv genotypu *LEP* na profil mastných kyselin hovězího masa. Studie Orrù et al. (2011) poukazuje na možný vliv genotypu *LEP* na obsah MUFA, kyseliny stearové, olejové a myristoolejové. Jako hlavní příčinu pak uvádí

regulační efekt leptinového genu a sérového leptinu na *SCD1*, který reguluje přeměnu SFA na MUFA.

Z výše uvedeného je patrné, že gen kódující leptin má významný vliv jak na výslednou masnou užitkovost, tak jatečnou hodnotu, a to jak ve vztahu ke kvalitě jatečně upraveného těla, tak ve vztahu ke kvalitě hovězího masa.

3. Vědecké hypotézy a cíle práce

Kandidátní gen pro leptin ovlivňuje nejen hladinu sérového leptinu, ale dále (jako důsledek jeho hladiny v krvi) potřebu přijímat živiny. Existuje předpoklad, že jednotlivé genotypy studovaného polymorfismu (exon 2, 305 SNP, tranzice C>T; genotypy *CC*, *CT* a *TT*) genu pro leptin ovlivňují úroveň masné užitkovosti, v konečném důsledku i jatečnou hodnotu.

Na základě toho je možné očekávat, že pomocí vybraných genotypů genu pro leptin u býků českého strakatého skotu lze cíleně produkovat i kvalitnější hovězí maso, které bude vykazovat lepší sensorické vlastnosti a motivovat spotřebitele ke koupi masa domácí provenience.

Stanoveny byly následující cíle:

1. Vyhodnotit vliv jednotlivých genotypů leptinového genu na vybrané kvalitativní ukazatele hovězího masa a popsat rozdíly kvalitativních ukazatelů v rámci jednotlivých genotypů.
2. Určit rozdíl mezi jednotlivými genotypy genu pro leptin v rámci podílů hlavních masitých částí a morfometrických parametrů jatečně upraveného těla.
3. Stanovit difference mezi sledovanými genotypy genu pro leptin v obsahu vybraných mastných kyselin a indexů mastných kyselin.

4. Materiál a metodika

4.1 Materiál

Výzkum probíhal na vykrmovaných býcích českého strakatého plemene skotu, kteří byli vykrmováni dle metodiky Svazu chovatelů českého strakatého skotu (2013) ve stanici kontroly výkrmnosti skotu (SKVS) firmy Reprogen a.s. v Želči a ZD Dřevohostice. V SKVS jsou dodržovány základní chovatelské podmínky, provozně vyhovující a kapacitně navazující oddělení mléčné výživy, rostlinné výživy a výkrmu s technologií založené na volném ustájení zabezpečující poměr míst u žlabu 1:1 a s volným přístupem k napáječkám.

Do stanice jsou zastavována telata, synové jednotlivých testovaných otců, v počtu minimálně 12 ks ve věku do 4 týdnů (rozpětí ± 7 dnů). Synové býků jsou zastoupeni zpravidla ve 3 turnusech a při sestavování skupin se přihlíží k vyrovnanosti jednotlivých zvířat. Pro vyhodnocení skupiny je nutný minimální počet 4 ks zvířat. Po naskladnění jsou býčci ustájeni v oddělení mléčné výživy. Do 150 (± 7) dnů věku probíhá předvýkrm býků a krmná dávka v tomto období zajišťuje průměrný denní přírůstek na úrovni 950 g. Výkrm je ukončen ve věku 610 \pm 10 dní (Svaz chovatelů českého strakatého skotu, 2013).

Krmná dávka umožňuje adlibitní zkrmování objemných krmiv zajišťujících požadovanou úroveň masné užitkovosti. Krmná dávka byla sestavena tak, aby odpovídala průměrnému dennímu přírůstku na úrovni minimálně 1300 g v průběhu testu. Získaná data z pěti let (2009–2013) obsahovala informace o 333 býcích, přičemž 50 % údajů bylo získáno v letech 2011 a 2012. V ostatních letech bylo získáno průměrně 16 % celkových údajů ročně. Porážka probíhala v masokombinátu Polička, Písek a Kostelec. Podíly plemene českého strakatého skotu v rámci souboru sledovaných zvířat jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Podíl plemene sledovaných zvířat

Podíl plemene	n	%
C100	130	39,0
C76-88	122	36,6
C50-75	81	24,4

4.2 Metodika

4.2.1 Stanovení hmotnosti a rozměrů JUT, příprava vzorků

Jatečně upravená těla byla rozpůlena, v teplém stavu zvážena a zaříděna dle metodiky SEUROP. Po vychlazení jatečných těl (24 hodin *post mortem*) bylo provedeno stanovení hmotnosti pravé poloviny JUT. Po rozčtvrcení mezi 9. a 11. hrudním obratlem bylo provedeno měření jednotlivých částí JUT (dle Filipčíka, 2007 a 2008):

Délka kýty 1: vzdálenost mezi distálním okrajem hleznového kloubu a kraniálním okrajem pánevní spony (A-B)

Délka kýty 2: vzdálenost distálního okraje kličky a kraniálního okraje pánevní spony (R-B)

Plnost kýty: vyjádřena jako šířka, hloubka a klenutí (M-N)

Šířka kýty: šířka kýty v nejširším místě (O-P)

Obvod kýty: obvod kýty na úrovni pánevní spony (E-F)

Spirální obvod kýty: křížový obvod od kraniálního okraje pánevní spony po ocasní obratel (G-H)

Délka přední čtvrti: vzdálenost od kraniálního okraje prvního žebra ke čtvrticímu řezu (D-C)

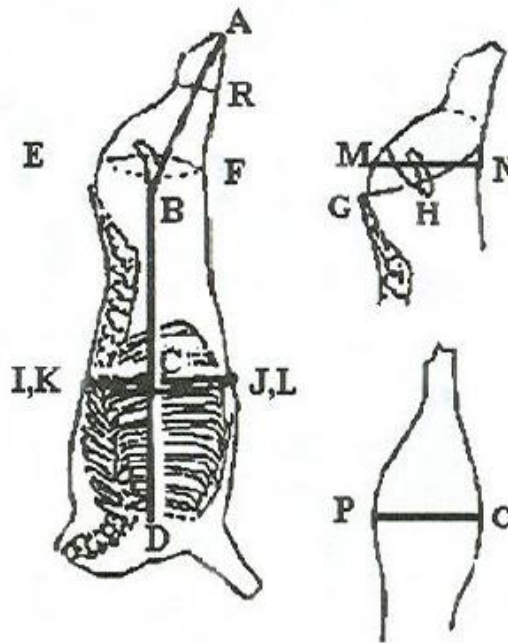
Délka zadní čtvrti: vzdálenost od čtvrticího řezu po kaudální okraj pánevní spony (C-B)

Hloubka hrudníku: přímá délka mezi dorzálním a ventrálním okrajem na vnitřní straně jatečné čtvrti na úrovni 8. hrudního obratle (I-J)

Poloobvod hrudníku: obvod poloviny hrudníku měřený z vnější strany jatečné čtvrtě na úrovni 8. hrudního obratle (K-L)

Délka roštěnce: délka nízkého roštěnce z pravé zadní čtvrti po disekci

Obr. 1 - Vybrané rozměry JUT (zdroj: Filipčík, 2007)



Z pravé poloviny JUT byl po disekci, dle norem masného průmyslu (ČSN 57 6510), odebrán vzorek nízkého roštěnce (*musculus logissimus lumborum et thoracis* – *MLLT*). Ze zjištěných údajů po disekci byly stanoveny podíly masa, tuku a kostí. Pro stanovení porážkové hmotnosti byl využit přepočtový koeficient pro jatečně upravená těla býků 1,78 (dle Vyhlášky č. 354/2001 Sb.) a to z důvodu, že se na jatkách individuální vážení zvířat před porážkou neprovádělo.

Celková hmotnost odebraného vzorku byla přibližně 1200–1500 g. Vzorek masa byl rozdělen na dvě poloviny, přičemž obě byly samostatně zabaleny a zavakuovány do polypropylenového sáčku. První polovina byla zpracována v den disekce JUT (1 den *post mortem*), druhá polovina byla analyzována po 14 dnech zrání v kontrolovaném prostředí při teplotě 2–4 °C a relativní vzdušné vlhkosti 80 % (vyzrálé maso). Tyto vzorky byly použity pro stanovení fyzikálních a chemických ukazatelů kvality hovězího masa.

4.2.2 Stanovení vlastností hovězího masa

Přibližně 20 g a 5 g vzorku (1 den *post mortem*) bylo homogenizováno a umístěno do vzorkovnic, následně zamrazeno na teplotu -18 – -20 °C pro pozdější zpracování pro chemickou analýzu a analýzu polymorfismů genu pro leptin. Dále bylo odebráno přibližně 80–100 g vzorku, který byl označen a zamrazen (-18 °C) k pozdějšímu stanovení profilu mastných kyselin. Z chemických ukazatelů byl stanoven podíl sušiny, obsah bílkovin dle Kjeldahla, obsah intramuskulárního tuku (Soxhletovou metodou dle ČSN 57 0185) a popelovin.

Z fyzikálních ukazatelů bylo stanoveno pH, barva masa, vaznost přidané vody a síla stříhu pomocí sondy Warner-Bratzler a tenzometru, a to jak u vzorků nevyzrálého (1 den *post mortem*), tak vyzrálého (14 dní) masa.

Po rozbalení vzorků ze sáčku bylo do 5 minut provedeno měření pH pomocí přenosného pH metru GMH 3350 s vpichovou sondou HC123. Stanovení barvy v barevném systému CIE L* (světlost, hodnoty 0-100, vyšší hodnota znamená světlejší barvu) a* (zeleno-červené spektrum, hodnoty 0-100, vyšší hodnota znamená červenější barvu) b* (modro-žluté spektrum, hodnoty 0-100, vyšší hodnota znamená žlutější barvu) bylo provedeno přenosným spektrofotometrem ColorEye XTH firmy GretagMacbeth. Měření bylo provedeno po 20–30 minutách od otevření sáčku se vzorkem. Vlastní měření bylo provedeno na straně, která byla položena na podložce a nebyla přístupná vzduchu. Tím bylo zabezpečeno, že nedojde ke zkreslení v důsledku oxidativních změn na povrchu masa, kdy dochází ke tvorbě oxymyoglobinu. Byla provedena 4 opakování v ploše měřeného vzorku, výsledná hodnota byla průměrná z opakovaných měření a její výpočet provedl měřicí přístroj. Ze zjištěných barevných koordinátů byla dále dopočítána hodnota Chroma (barevná sytost) dle rovnice: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ a hodnota Hue (úhel odrazivosti jednotlivých vlnových délek světla od povrchu utvářející barevný vjem) dle rovnice: $h_{ab} = \arctg(\frac{b^*}{a^*})$.

Vzorky *MLLT* byly následně upraveny, aby mohla být provedena analýza síly stříhu. Úprava spočívala v překrojení vzorků na dvě stejné části o tloušťce přibližně 2,5 cm a dále nakrájení jedné poloviny vzorku na kvádry o šířce 2 cm. Měření síly stříhu zajišťovalo pohyblivé rameno tenzometrického přístroje (analyzátoru textury) TA.XT Plus firmy Stable Micro Systems. Konec tenzometrického ramene byl opatřen sondou Warner-Bratzler, která působila kolmo na měřené vzorky, a tlakové senzory

v tenzometru zaznamenávaly odpor, který vzorek kladl vůči sondě. Měření probíhalo po dobu 12 vteřin, vlastní detekce síly byla spuštěna automaticky, když senzory zaznamenaly vzrůstající odpor (min. 5 g). Posun ramene tenzometru, resp. měřící sondy byl $3,33 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro vyhodnocení síly stříhu bylo provedeno na jednom vzorku 10 opakovaných měření. Pomocí software Exponent (Stable Micro Systems) bylo provedeno vyhodnocení maximálních naměřených hodnot v jednotlivých měřeních a vypočtena průměrná hodnota, která byla použita ve statistickém zpracování.

Vzorky, u kterých byla stanovena síla stříhu, byly následně zbaveny tukové a šlachové tkáně. Takto upravené vzorky byly použity při stanovení vaznosti přidané vody dle Ingra (1977). Homogenizace vzorků se solným roztokem byla provedena pomocí laboratorního mlýnku Grindomix GM200 (firma Retsch). Ke stanovení bylo použito 80 g homogenizovaného vzorku (30 s, $10\,000 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$), při homogenizaci bylo přidáno 120 ml destilované vody a 5 g soli (NaCl). Homogenát byl následně převeden do saturační zkumavky o známé hmotnosti. Tepelná úprava homogenizovaných vzorků byla provedena ve vodní lázni WNB 22 (firma Memmert) při $75 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 30 minut. Poté se nechala vytéct volná voda ze saturační zkumavky (30 minut) a zvažila se. Množství vázané vody bylo stanoveno dle vzorce: $x = \frac{250 \cdot (b - 0,4 \cdot a)}{a}$, kde a – hmotnost homogenátu před zahříváním [g] a b – hmotnost homogenátu po záhřevu, vychladnutí a odkapání.

Extrakce intramuskulárního tuku ze vzorku byla provedena Soxhletovo metodou dle ČSN 57 0185. Transesterifikace a plynová chromatografie za účelem stanovení profilu mastných kyselin byly provedeny dle metodiky Komprdy et al. (2005). Použit byl plynový chromatograf HP4890 s kapilární kolonou DB-23 (60 m x 0,25 mm x 0,25 μm). Měření probíhalo při teplotním programu: $100 \text{ }^\circ\text{C}/3 \text{ minuty}$, $10 \text{ }^\circ\text{C}/1 \text{ minuta}$, $170 \text{ }^\circ\text{C}/0 \text{ minut}$, $4 \text{ }^\circ\text{C}/1 \text{ minuta}$, $230 \text{ }^\circ\text{C}/8 \text{ minut}$, $5 \text{ }^\circ\text{C}/1 \text{ minuta}$, $250 \text{ }^\circ\text{C}/15 \text{ minut}$, teplota injektoru $270 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota detektoru $280 \text{ }^\circ\text{C}$. Nástřík vzorku 2 μl . Jako nosný plyn byl použit dusík. Plamenový ionizační detektor (FID) byl umístěn na konci kolony. Profil mastných kyselin byl stanoven u vzorků z let 2010–2013, celkem bylo analyzováno 242 vzorků.

Ze zjištěných profilů mastných kyselin byly dále stanoveny následující souhrnné ukazatele:

SFA – nasycené mastné kyseliny (Σ C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0)

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny (Σ C14:1 + C16:1 + C18:1n9c + C20:1)

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (Σ C18:2n6 Σ + C18:3n6 + C18:3n3 + CLA + C20:4n6 + C20:5n3 + C22:4n6 + C22:5n6 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-3 – omega-3 nenasyčené mastné kyseliny (Σ C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-6 – omega-6 nenasyčené mastné kyseliny (Σ C18:2n6 Σ + C18:3n6 + C20:4n6 + C22:4n6 + C22:5n6)

Poměr n-6/n-3

IA – index aterogeneze (index vzniku aterosklerózy, Garaffo et al., 2011), vypočtený

$$\text{dle rovnice: } IA = \frac{[(4 \times C14:0) + C16:0 + C18:0]}{\Sigma MUFA + \Sigma n-6 + \Sigma n-3}$$

IT – index trombogeneze (index vzniku sraženin v krevních cévách, Garaffo et al.,

$$2011), \text{ vypočtený dle rovnice: } IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5 \cdot MUFA + 0,5 \cdot n-6 + 3 \cdot n-3 + n-3/n-6}$$

Plocha *musculus longissimus lumborum et thoracis* byla stanovena pomocí planimetru na vzorku odebraném z jatečně upraveného těla.

Průměr svalových vláken by stanoven po rozpuštění pojivové tkáně mezi jednotlivými vlákny, které bylo založeno na maceraci ve 20% roztoku kyseliny dusičné. Vlastní analýza byla provedena pomocí mikroskopu a počítačového software Leica. Měření bylo do analýz zařazeno až v průběhu sledování, celkem bylo analyzováno 248 vzorků.

Druhá polovina vzorku byla použita pro stanovení síly stříhu u tepelně upravených vzorků. Tepelná úprava byla provedena na kontaktním grilu APEXA, kde byly vzorky grilovány po dobu 7 minut při 180 °C. Po tepelné úpravě se nechalo maso po dobu 5 minut vychladnout a bylo opět upraveno do tvaru kvádrů o šířce 2 cm tak, aby bylo možné stanovit sílu stříhu. Vlastní měření síly stříhu bylo shodné jako v případě tepelně neupravených vzorků.

Výše uvedené analýzy fyzikálních vlastností (pH, vaznost přidané vody barva, síla stříhu syrového a tepelně upraveného masa) hovězího masa byly provedeny po 14 dnech zrání shodným postupem.

4.2.3 Izolace DNA a PCR-RFLP analýza polymorfismu genu pro leptin

Pro izolaci DNA byly využity odebrané a zamrazené vzorky (-20 °C) z průběhu let 2009–2013. Analýza genotypů genu pro leptin byla provedena na genomové DNA, která byla izolována ze vzorků masa pomocí dvou technik. První byla fenol-chloroformová extrakce dle metodiky laboratoře. Druhým způsobem bylo využití komerčních kitů NucleoSpin Tissue fi. Macharey-Nagel dle manuálu výrobce. Kvalita izolované DNA byla ověřena elektroforeticky na 1% agarózovém gelu (Serva, Biotech).

Sledovaným lokusem byl leptin (GenBank *U50365*). Pro stanovení studovaného polymorfismu byla využita metodika dle Buchanan et al. (2002), která byla dále optimalizována na podmínky laboratoře. Stejně tak byly převzaty sekvence primerů a restrikční enzymy.

Sekvence použitých primerů:

LEP1 (forward) 5' - ATGCGCTGTGGACCCCTCTATC – 3'

LEP2 (reverse) 5' - TGGTGTCATCCTGGACCTTCC - 3'

Reakční směs pro PCR (20 µl) byla následující 10x pufr PCR, 1,5 mM MgCl₂, 200 µM dNTPs, 10 pm primeru 1 a 2, 1U Taq polymerázy, 80-100 ng genomické DNA. Amplifikace byla provedena pomocí termocykleru Biometra. Teplotní profil byl následující predenaturace při 94 °C po dobu 2 minut, poté 35 cyklů – 94 °C/45 s, 52 °C/45 s, 72 °C/55 s, 72 °C/3 min a následně 4 °C/∞ min. Vzorky byly uchovávány při 4 °C pro další uchování.

Výsledný PCR produkt byl štěpen restrikční endonukleázou *Kpn2I* při 37 °C po dobu min. 12 hodiny. Stanovení jednotlivých fragmentů bylo provedeno elektroforeticky na 3,5 % agarózovém gelu (Serva, Biotech). Doba trvání elektroforézy byla přibližně 2 hodiny. Na základě rozdílných délek fragmentů byly stanoveny genotypy. V případě alely *C* byla délka fragmentu 95 bp, fragment alely *T* odpovídal délce 75 bp. Analyzováno bylo celkem 333 vzorků.

4.3 Zpracování výsledků

Před vlastní analýzou dat byla provedena jejich vstupní analýza, tedy otestování normality dat, a to jak graficky, pomocí P-P grafu (Ghasemi, Zahediasl, 2012), tak i pomocí Shapiro-Wilkova testu normality (Razali, Wah, 2011). V případě proměnných, u kterých nebyla potvrzena normalita dat byla provedena nelineární, logaritmická transformace (Osborne, 2010). Výsledky analýz poté byly zpětně transformovány na původní hodnoty.

Pro analýzu celého souboru bylo vypracováno několik lineárních modelů (GLM) tak, aby odpovídaly sledovaným ukazatelům. Výběr vhodných modelů byl proveden pomocí porovnání velikosti reziduálních rozptylů. Hodnoty reziduálních rozptylů (s^2) a indexy determinace (R^2) jednotlivých modelů jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka 2 Hodnoty indexů determinace a reziduálních rozptylů lineárních modelů

	R^2	s^2
Model pro stanovení vlivu polymorfismu <i>LEP</i> na hmotnost a tělesné rozměry		
Model 1	0.636	10.107
Model 2	0.696	9.337
Model 3	0.665	9.616
Model 4	0.823	9.936
Model pro stanovení vlivu polymorfismu <i>LEP</i> na kvalitativní ukazatele hovězího masa		
Model 5	0.216	11.076
Model 6	0.208	11.237
Model 7	0.242	10.695
Model 8	0.205	11.254
Model pro stanovení vlivu polymorfismu <i>LEP</i> na profil mastných kyselin hovězího masa		
Model 9	0.103	2.678
Model 10	0.127	2.048
Model 11	0.255	1.810

Na základě těchto zjištění byly vybrány modely 4, 7 a 11, které jsou uvedeny níže.

1. Model pro stanovení vlivu polymorfismu *LEP* na hmotnost jednotlivých partií a rozměrů JUT býků českého strakatého skotu

$$Y_{ijklmn} = \mu + LEP_i + PV_j + PH_k + NET_l + jatky_m + e_{ijklmn}$$

kde:

Y_{ijklmn} – sledovaný znak
 μ – průměr celého souboru
LEP – efekt genotypu (*TT*, *CC*, *CT*)
PV – porážkový věk (ve dnech)
PH – porážková hmotnost (v kg)
NET – netto přírůstek (v g)
jatky – místo porážky (Kostelec, Polička a Písek)
 e_{ijklmn} – náhodná chyba měření

2. Model pro stanovení vlivu polymorfismu *LEP* na kvalitativní ukazatele hovězího masa

$$Y_{ijklmno} = \mu + LEP_i + PV_j + PH_k + NET_l + jatky_m + rok_n + e_{ijklmno}$$

kde:

$Y_{ijklmno}$ – sledovaný znak
 μ – průměr celého souboru
LEP – efekt genotypu (*TT*, *CC*, *CT*)
PV – porážkový věk (ve dnech)
PH – porážková hmotnost (v kg)
NET – netto přírůstek (v g)
jatky – místo porážky (Kostelec, Polička a Písek)
rok – rok porážky (2009, 2010, 2011, 2012, 2013)
 $e_{ijklmno}$ – náhodná chyba měření

3. Model pro stanovení vlivu polymorfismu *LEP* na profil mastných kyselin hovězího masa

$$Y_{ijkl} = \mu + LEP_i + rok_j + chov_k + e_{ijkl}$$

kde:

Y_{ijkl} – sledovaný znak
 μ – průměr celého souboru
LEP – efekt genotypu (*TT*, *CC*, *CT*)
rok – rok porážky (2009, 2010, 2011, 2012, 2013)
chov – Reprogen, ZD Dřevohostice
 e_{ijkl} – náhodná chyba měření

Sledované ukazatele byly hodnoceny na následujících hladinách významnosti:

$\alpha = 0,05 - P \leq 0,05$ (^{a, b} *) statisticky významné

$\alpha = 0,01 - P \leq 0,01$ (^{A, B, C} **) statisticky středně významné

$\alpha = 0,001 - P \leq 0,001$ (***) statisticky vysoce významné

Využité modely jsou smíšené GLM, tedy modely obsahující jak kategoriální proměnné (*LEP*, jatky, rok, chov), tak proměnné spojité – celočíselné (porážkový věk, hmotnost a netto přírůstek). Zjištěny byly průměrné hodnoty nejmenších čtverců (LSM – least square means) a směrodatné odchylky.

Příprava dat pro statistickou analýzu byla provedena pomocí software Excel 2016 (Microsoft). Pro stanovení Hardy-Weinbergovy rovnováhy byl použit χ^2 test v software Statistica 12 CZ (Statsoft, Dell Inc.). Vlastní statistická analýza byla provedena pomocí modulu GLM v software Statistica 12 CZ (Statsoft, Dell Inc.).

V tabulce č. 3, 4 a 5 jsou uvedeny základní popisné statistiky sledovaného souboru. Uvedeny jsou četnost (*n*), průměr (\bar{x}), směrodatná odchylka (s_x), minimální (min) a maximální (max) hodnota.

Tabulka 3 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (hmotnosti a tělesné rozměry) býků českého strakatého skotu (n = 333)

Ukazatel	\bar{x}	s_x	min	max
Porážkový věk [dny]	603,8	88,7	520	791
Porážková hmotnost [kg]	649,4	142,9	412,1	1236,0
Třída zmasilosti	4,141	0,412	3	5
Třída protučnělosti	2,171	0,443	1	4
Netto přírůstek [g]	598,68	72,98	437,48	931,55
HJUT-0 [kg]	363,01	77,67	231,48	679,10
Hmotnost PPČ-24 [kg]	86,2	19,3	51,4	145,7
Hmotnost PZČ-24 [kg]	93,5	18,4	62,2	158,3
Hmotnost PP-24 [kg]	179,7	37,3	116,3	304,0
Lůj LP [kg]	10,00	4,46	1,10	28,30
Podíl kostí a masitých částí PPČ	6,91	1,82	3,30	12,00
Hmotnost kostí PPČ [kg]	7,16	1,10	4,30	10,70
Ořez PPČ [kg]	11,56	3,25	5,60	25,40
Lůj PPČ [kg]	2,27	1,76	0,10	13,60
Podíl kostí a masitých částí PZČ	5,13	1,18	2,90	9,40
Hmotnost kostí PZČ [kg]	11,332	1,982	6,900	17,000
Ořez PZČ [kg]	11,60	2,26	5,40	19,70
Lůj PZČ [kg]	2,90	1,87	0,60	11,70
Kližka PZČ [kg]	3,95	1,30	1,60	7,50
Maso celkem [kg]	144,03	29,40	93,30	242,90
Maso celkem [%]	80,19	1,43	75,04	83,813
Maso I. třídy [kg]	54,75	11,099	35,000	95,700
Maso I. třídy [%]	38,07	1,803	34,311	45,446
Maso I. třídy z PP [%]	30,53	1,551	26,508	36,074
Maso I. třídy z PPČ [%]	14,45	1,868	9,748	20,000
Maso I. třídy z PZČ [%]	45,27	2,95	37,47	53,28
Poměr masa I. třídy PZČ a PPČ	3,20	0,55	2,27	4,76
Hmotnost kostí [kg]	30,54	5,69	18,90	47,10
Poměr masa a kostí	2,72	0,50	1,70	4,25
Podíl kostí [%]	17,10	1,28	13,92	22,05
Hmotnost loje [kg]	5,17	3,49	0,80	25,30
Podíl loje [%]	2,71	1,29	0,55	8,87
Kýta bez kosti [kg]	32,50	6,17	20,60	53,20
Roštěnec [kg]	7,09	1,06	4,60	11,50
Svíčková [kg]	2,50	0,40	1,60	4,00
Plec bez kosti [kg]	12,66	4,03	5,90	27,00
Bok s kostí [kg]	8,51	2,33	4,10	18,80
Bok bez kosti [kg]	7,98	2,12	4,20	16,40
Žebro [kg]	17,68	3,30	10,30	28,90

Tabulka 3 – pokračování

Ukazatel	\bar{x}	s_x	min	max
Podplečí [kg]	12,55	3,68	4,90	26,30
Kližka [kg]	6,38	1,88	3,00	11,80
Délka kýty-1 [cm]	84,53	5,23	70,00	100,00
Délka kýty-2 [cm]	71,91	4,49	62,00	85,00
Plnost kýty [cm]	46,09	5,04	23,00	59,00
Šířka kýty [cm]	28,28	3,78	22,00	47,00
Obvod kýty [cm]	120,83	8,38	106,00	144,00
Spirální obvod kýty [cm]	175,89	11,01	147,00	208,00
Délka přední čtvrti [cm]	45,27	3,94	35,00	58,00
Hloubka hrudníku [cm]	39,62	3,10	33,00	50,00
Poloobvod hrudníku [cm]	97,00	19,83	68,00	401,00
Délka zadní čtvrti [cm]	94,63	4,57	79,00	109,00
Délka roštěnce [cm]	67,29	4,25	57,00	85,00
Plocha <i>MLLT</i> [cm ²]	92,90	16,37	50,00	159,00

HJUT0 – hmotnost jatečného těla v teplém stavu

Třída zmasilosti dle SEUROP (S=1, E=2, U=3, R=4, O=5, P=6)

Třída protučnělosti (1 = velmi slabé protučnění, 2, 3, 4, 5 = velmi silné protučnění)

Hmotnost PPČ 24 – hmotnost pravé přední čtvrti po vychlazení

PZČ – hmotnost pravé zadní čtvrti po vychlazení

Hmotnost PP 24 – hmotnost pravé poloviny JUT po vychlazení

Lůj LP – hmotnost ledvinového a pánevního loje

Maso I. třídy – součet hmotnosti roštěnce, kýty bez kosti, svíčkové a plece bez kosti

MLLT – *musculus longissimus lumborum et thoracis*

Tabulka 4 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (chemické složení a kvalitativní ukazatele) býků českého strakatého skotu

Ukazatel	n	\bar{x}	s_x	min	max
Sušina [%]	333	25,363	1,247	21,840	30,790
IMT [%]	333	2,173	1,269	0,260	9,350
Bílkoviny [%]	333	21,215	0,704	19,020	22,720
Celkový N [%]	333	3,393	0,113	3,040	3,640
Popeloviny [%]	333	1,079	0,047	0,830	1,240
Průměr svalového vlákna [μm]	248	39,907	3,173	27,250	52,740
pH-1	333	5,660	0,310	5,320	7,020
pH-14	333	5,655	0,300	5,260	6,880
Vaznost-1 [%]	333	36,408	28,280	14,294	168,250
Vaznost-14 [%]	333	46,848	30,095	13,970	155,433
L*-1	333	36,986	3,086	26,320	57,020
a*-1	333	6,642	1,608	2,360	13,860
b*-1	333	5,676	1,492	1,820	10,320
Chroma-1	333	8,771	2,049	3,563	17,280
Hue-1 [°]	333	40,386	5,399	24,597	56,310
L*-14	333	37,368	3,351	24,640	53,940
a*-14	333	8,308	1,991	3,110	14,110
b*-14	333	7,329	1,834	2,230	12,600
Chroma-14	333	11,119	2,539	4,349	17,497
Hue-14 [°]	333	41,328	5,029	28,080	62,580
TXTS-1 [kg]	333	5,949	1,181	3,301	9,956
TXTS-14 [kg]	333	5,957	1,128	2,817	9,643
TXTG-1 [kg]	333	22,589	5,710	5,796	37,581
TXTG-14 [kg]	333	14,796	4,651	4,311	27,130

IMT – intramuskulární tuk
N – dusík
1 – 1 den *post mortem*, 14 – po 14 dnech zrání
TXTS – síla stříhu syrového masa
TXTG – síla stříhu tepelně upraveného (grilovaného) masa

Tabulka 5 Základní popisné statistické charakteristiky sledovaného souboru (profil mastných kyselin) býků českého strakatého skotu (n = 242)

Ukazatel	\bar{x}	s_x	min	max
C12:0	0,068	0,021	0,034	0,206
C14:0	2,659	0,480	1,411	4,035
C14:1	0,420	0,180	0,085	1,127
C16:0	27,815	2,042	21,088	32,788
C16:1	2,937	0,689	1,134	5,177
C18:0	19,459	2,993	12,941	27,904
C18:1n9c	41,037	3,265	26,908	50,994
C18:2n6t	0,235	0,050	0,097	0,367
C18:2n6c	3,390	1,593	1,030	16,240
C18:2n6Σ	3,624	1,577	1,242	16,374
C18:3n6	0,130	0,036	0,012	0,298
C18:3n3	0,429	0,119	0,064	1,350
C18:2n9 (CLA)	0,211	0,076	0,007	0,458
C20:0	0,145	0,048	0,083	0,496
C20:1	0,179	0,048	0,082	0,478
C20:4n6	0,491	0,549	0,008	5,376
C20:5n3	0,051	0,079	0,002	0,630
C22:4n6	0,095	0,101	0,003	0,954
C22:5n6	0,054	0,087	0,004	0,736
C22:5n3	0,152	0,155	0,013	1,275
C22:6n3	0,045	0,066	0,003	0,584
SFA	50,145	3,084	41,434	60,026
MUFA	44,573	3,693	28,729	54,912
PUFA	5,282	2,550	1,561	26,184
n-3	0,677	0,358	0,137	3,042
n-6	4,394	2,236	1,417	23,148
n-6/n-3	6,616	0,983	3,761	10,589
IA	1,171	0,151	0,829	1,757
IT	1,889	0,242	1,278	2,830

CLA – konjugovaná kyselina linolová

SFA – nasycené mastné kyseliny (C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0)

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny (C14:1 + C16:1 + C18:1n9c + C20:1)

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (C18:2n6Σ + C18:3n6 + C18:3n3 + CLA + C20:4n6 + C20:5n3 + C22:4n6 + C22:5n6 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-3 – omega-3 nenasycené mastné kyseliny (C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-6 – omega-6 nenasycené mastné kyseliny (C18:2n6Σ + C18:3n6 + C20:4n6 + C22:4n6 + C22:5n6)

IA – index aterogeneze

IT – index trombogeneze

5. Výsledky a diskuse

V práci byl analyzován vliv genotypů genu pro leptin na vybrané ukazatele kvality jatečně upraveného těla, hmotnost vybraných jatečných partií a vybraných rozměrů jatečně upraveného těla. Hodnoceno bylo zařídění v systému SEUROP (třída zmasilosti a protučnělosti), hmotnost jatečně upraveného těla (a následně hmotnost pravé poloviny JUT, přední a zadní čtvrtě pravé poloviny JUT), hmotnost kostí a oddělitelného a ledvinového a pánevního tuku. Dále byly zjišťovány podíly masa, masa I. třídy, poměry masa a kostí, hmotnosti ořezu a dále hmotnost jednotlivých partií: svíčková, roštěnec, kýta bez kosti, plec bez kosti, bok s kostí a bez kosti, žebro, podplečí a klišky. Z tělesných rozměrů byly hodnoceny následující ukazatele: délka kýty (1 a 2), plnost kýty, šířka kýty, obvod a spirální obvod kýty, délka přední čtvrti, hloubka hrudníku, poloobvod hrudníku, délka zadní čtvrti a délka roštěnce.

V laboratoři byl hodnocen vliv genotypů genu pro leptin na vybrané kvalitativní ukazatele hovězího masa, a to jak 1 den *post mortem*, tak po 14 dnech zrání. Ze sledovaných ukazatelů byl hodnocen podíl sušiny, intramuskulárního tuku, bílkovin, celkového dusíku a popelovin. Dále byla hodnocena plocha *musculus longissimus lumborum et thoracis* a průměr svalového vlákna. Z dalších kvalitativních ukazatelů bylo stanoveno pH, barva a síla stříhu, které představují základní ukazatele ovlivňující sensorické a technologické vlastnosti a jako takové spoluvytváří kvalitativní základ výsledného produktu.

V poslední části práce je hodnocen vliv genotypů genu pro leptin na profil mastných kyselin analyzovaného masa býků českého strakatého skotu a dále vliv těchto genotypů na podíl jednotlivých skupin mastných kyselin – nasycených, mono a polynenasycených mastných kyselin aj.

5.1 Genotypové a alelové frekvence pro lokus *LEP* sledované populace českého strakatého skotu

U sledovaného souboru zvířat ($n = 333$) byly na základě analýzy genotypů genu pro leptin vypočteny genotypové a alelové frekvence. Ze zjištěných výsledků pak byla ověřena Hardy-Weinbergova rovnováha pomocí χ^2 testu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Genotypové a alelové frekvence studovaného polymorfismu *LEP*

Frekvence	Genotyp			Alela	
	<i>CC</i>	<i>CT</i>	<i>TT</i>	<i>C</i>	<i>T</i>
Absolutní	192	116	25	308	141
Relativní	0,577	0,348	0,075	0,751	0,249
Očekávaná	187,688	124,625	20,688		
	$\chi^2 = 1,595$		P = 0,550		

Nejvíce zastoupeným genotypem byl homozygotní genotyp *CC* (četnost 0,577), jako druhý byl zastoupen heterozygotní genotyp *CT* (četnost 0,348) a jako poslední, s nejnižší četností, homozygotní genotyp *TT* (četnost 0,075). Četnost alely *C* byla 0,751 a četnost alely *T* 0,249. Sledovaná populace býků českého strakatého skotu je v Hardy-Weinbergově rovnováze (P = 0,550), zjištěné rozdělení jednotlivých genotypů odpovídá očekávané absolutní frekvenci jejich výskytu.

Dle Buchanan et al. (2002) je průměrná četnost alel u čtyř plemen 0,54 u alely *C* a 0,46 u alely *T*. Nkrumah et al. (2004) zmiňuje frekvenci alely *T* na úrovni 0,21 a alely *C* na úrovni 0,79, což odpovídá zjištěným výsledkům alelových frekvencí. Obdobnou četnost výskytu alely *T* zmiňuje také Kawaguchi et al. (2017) a to 0,30. Shodné četnosti udává i Mazzucco et al. (2016), v případě plemene aberdeen angus četnost výskytu alely *T* 0,26 a *C* 0,74, u plemene hereford pak 0,67 u alely *C* a 0,33 u alely *T*. V případě simenského skotu pak 0,68 u alely *C* a 0,32 u alely *T*. Nižší četnost alely *T* u 5 masných plemen skotu (angus, charolais, hereford, limousine a simentál) zmiňuje Li et al. (2013), a to 0,26, četnost alely *C* pak 0,74. Kaplanová et al. (2009) pro populaci českého strakatého skotu udává alelické frekvence 0,23 pro *T* a 0,77 pro *C*, což odpovídá zjištěným výsledkům sledované populace býků českého strakatého skotu. Čsátečné odlišné četnosti genotypů udává Kononoff et al. (2005), pro genotyp *TT* 24,6 %, *CC* 24,9 % a *CT* 50,5 %. Podle Kern et al. (2014) se u populaci skotu vyskytuje genotyp *CT* téměř v 50 % porážené populace skotu. Identické, jako zjištěné výsledky, uvádí Anton et al. (2011), genotypy genu pro leptin u sledované maďarské populace plemene aberdeen angus byly v Hardy-Weinbergově rovnováze, přičemž frekvence jednotlivých genotypů byla 0,561 (*CC*), 0,382 (*CT*) a 0,058 (*TT*). Zastoupení jednotlivých genotypů *LEP* je dle Li et al. (2013) 0,57

pro genotyp *CC*, 0,35 pro genotyp *CT* a 0,08 pro genotyp *TT*, což koresponduje se zjištěnými výsledky.

5.2 Vztah genotypů genu pro leptin a vybraných charakteristik jatečně upraveného těla býků českého strakatého skotu

Základní charakteristiky popisující kvalitu jatečně upraveného těla – podíly jednotlivých tkání byly rozděleny dle jednotlivých genotypů genu pro leptin. Jednotlivé hodnoty průměrných nejmenších čtverců a směrodatných odchylek jsou uvedeny v tabulce 7.

Třída zmasilosti se pohybovala na úrovni 4, tj. třída R (4,156 u genotypu *CC*, 4,120 u genotypu *CT* a 4,057 u genotypu *TT*). Rozdíly mezi genotypy nebyly statisticky průkazné. Nejvyšší hodnota třídy protučnělosti byla zaznamenána u genotypu *CC* (2,193) a průkazně se odlišovala od genotypu *TT* (1,962). Protučnělost jatečného těla býků s genotypem *TT* byla nižší než býků s genotypem *CC* a protučnělost JUT býků genotypu *CT* (2,181) se od ostatních genotypů průkazně nelišila. Průkazné rozdíly mezi všemi genotypy byly zjištěny u hmotnosti jatečně upraveného těla v teplém stavu (HJUT-0). Nejvyšší hmotnost byla zjištěna u JUT býků s genotypem *CC* (370,6 kg), resp. *CT* (355,2 kg), a nejnižší hmotnost u JUT býků genotypu *TT* (348,2 kg). Porovnáním hodnot hmotnosti pravé poloviny JUT 24 hodin po porážce byly zjištěny průkazné rozdíly mezi genotypy *CC* (183,2 kg) a *CT* (176,3 kg), resp. *TT* (176,8 kg). Statisticky významné rozdíly byly zjištěny i u přední čtvrti pravé poloviny JUT. Hmotnost u genotypu *CC* byla 87,9 kg, zatímco u genotypu *CT* 83,9 kg a 83,7 kg u genotypu *TT*. Dále byly shodné, průkazné, rozdíly zjištěny v případě zadní čtvrti pravé poloviny JUT. Hmotnost pravé zadní čtvrti u genotypu *CC* byla 95,2 kg, u genotypu *CT* 91,6 kg a u genotypu *TT* 89,3 kg. S ohledem na korelační závislost mezi hmotností pravé poloviny JUT a podílem masa (maso celkem) byly zjištěny průkazné rozdíly i v případě hmotnosti masa na pravé polovině JUT, a to mezi genotypy *CC* (146,8 kg/80,28 %) a *CT* (140,5 kg/80,13 %) a mezi genotypy *CC* a *TT* (138,6 kg/80,16 %).

Bartoň et al. (2007) pro hmotnost teplého JUT býků českého strakatého skotu udává hmotnost 329,7 kg při průměrném porážkovém věku 536 dní. Jako zatřídění za protučnělost udává průměrnou hodnotu 6,8, tj. třída 2+ resp. 3-. Pro zatřídění JUT

za zmasilost pak znižuje hodnotu 7,5, tj. třídu R- resp. R0. Podíl masa na pravé polovině JUT charakterizuje na úrovni 78,3 %. Uvedené hodnoty odpovídají zjištěným hodnotám sledované populace českého strakatého skotu. Obdobné hodnoty pro zařazení za protučnělost uvádí i Filipčík et al. (2015), a to 2,2 při porážkovém věku 647 dní. Ovšem hmotnost jatečně upraveného těla byla nižší, 343 kg a také i třída zmasilosti – 3,0. Pro hmotnost pravé poloviny JUT znižuje hodnotu 163,21 kg a hmotnost JUT 332 kg.

Téměř identické hmotnosti popisuje i Dračková et al. (2016), a to 337 kg při zařazení za zmasilost na úrovni 4,09 (třída R) a za protučnělost 2,25. Sochor et al. (2005) znižuje hmotnost jatečně upraveného těla 339,8 kg při porážkovém věku 505 dní a porážkové hmotnosti 587,3 kg. Zapletal et al. (2009) udává hmotnost teplého JUT býků českého strakatého skotu na úrovni 360 kg při porážkovém věku 572 dní, což koresponduje se zjištěnými výsledky. Obdobnou hmotnost (384 kg, resp. 382,6 kg) znižuje i Šubrt et al. (2008) a Chládek et al. (2005). Korelační závislost mezi obsahem sérového leptinu a hmotností jatečně upraveného těla v teplém stavu popisuje Geary et al. (2003) na úrovni 0,14, ale jako neprůkaznou. Průkazný vliv genotypu leptinového polymorfismu popisuje Buchanan et al. (2007), a to jak pro živou (porážkovou) hmotnost, tak pro hmotnost jatečně upraveného těla, právě v důsledku odlišných koncentrací leptinu v krevním séru zvířat s genotypem *TT*. Vyšší hmotnost ale byla spojena s vyšší tloušťkou hřbetního tuku, v případě 8 mm byla zvířata s genotypem *TT* lehčí než ta s genotypem *CC*. Pokud byla tloušťka hřbetního tuku 12 mm, tak byla hmotnost jatečných těl zvířat genotypu *TT* vyšší. Pozitivní, průkaznou korelační závislost mezi sérovým leptinem a hmotností JUT popisuje Foote et al. (2015) na úrovni $r = 0,14$.

Tabulka 7 Hmotnost tkání JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp					
	CC (n = 192)		CT (n = 116)		TT (n = 25)	
	LSM	± s _x	LSM	± s _x	LSM	± s _x
Třída zmasilosti (SEUROP)	4,156	± 0,026	4,120	± 0,032	4,057	± 0,068
Třída protučnělosti	2,193 ^A	± 0,032	2,181	± 0,039	1,962 ^B	± 0,084
HJUT-0 [kg]	370,6 ^A	± 82,966	355,2 ^B	± 69,849	348,2 ^C	± 64,632
Hm. PP-24 [kg]	183,2 ^A	± 37,757	176,3 ^B	± 33,942	176,8 ^B	± 30,412
Hm. PPČ-24 [kg]	87,9 ^A	± 20,320	83,9 ^B	± 17,942	83,7 ^B	± 16,146
Hm. PZČ-24 [kg]	95,2 ^A	± 19,780	91,6 ^B	± 16,467	89,3 ^B	± 14,699
Maso celkem [kg]	146,8 ^A	± 31,238	140,5 ^B	± 26,809	138,6 ^B	± 24,301
Maso celkem [%]	80,28 ^A	± 1,556	80,13 ^B	± 1,224	80,16 ^B	± 1,330
Hmotnost kostí [kg]	29,76 ^{Aa}	± 5,970	30,01 ^B	± 5,271	30,58 ^b	± 5,289
Podíl kostí [%]	17,00	± 0,084	17,11	± 0,104	17,34	± 0,224
Poměr masa a kostí	2,75	± 0,017	2,75	± 0,021	2,76	± 0,046
Hm. kostí PPČ [kg]	7,084 ^a	± 1,093	7,167 ^b	± 1,111	7,311 ^b	± 1,082
Hm. kostí PZČ [kg]	11,199 ^a	± 1,499	11,379 ^b	± 1,963	11,430 ^b	± 1,921
Podíl kostí a masitých částí PPČ	6,63	± 1,008	6,65	± 1,011	6,88	± 1,023
Podíl kostí a masitých částí PZČ	5,18	± 0,043	5,19	± 0,053	5,22	± 0,114
Lůj LP [kg]	9,11	± 1,029	8,95	± 1,036	8,69	± 1,082
Hmotnost loje [kg]	4,49	± 0,019	4,64	± 0,024	4,24	± 0,053
Podíl loje [%]	2,55	± 0,017	2,62	± 0,021	2,41	± 0,046
Lůj PPČ [kg]	1,93	± 0,018	1,99	± 0,023	1,96	± 0,049
Lůj PZČ [kg]	2,64	± 0,019	2,52	± 0,024	2,26	± 0,053
Maso I. třídy [kg]	55,5 ^A	± 11,831	53,8 ^B	± 9,959	54,2	± 9,870
Maso I. třídy [%]	37,97	± 1,692	38,14	± 2,007	38,33	± 1,653
Maso I. třídy z PP [%]	30,49	± 0,109	30,55	± 0,136	30,68	± 0,292
Maso I. třídy z PPČ [%]	14,65 ^A	± 1,757	14,11 ^B	± 1,919	14,22	± 2,286
Maso I. třídy z PZČ [%]	45,41	± 0,169	45,37	± 0,210	45,94	± 0,452
Poměr masa I. třídy PZČ a PPČ	3,13 ^A	± 0,497	3,28 ^B	± 0,602	3,23	± 0,637

Třída zmasilosti dle SEUROP (S=1, E=2, U=3, R=4, O=5, P=6)
 Třída protučnělosti (1 = velmi slabé protučnění, 2, 3, 4, 5 = velmi silné protučnění)
 HJUT-0 – hmotnost nezchlazeného jatečně upraveného těla
 Hmotnost PPČ 24 – hmotnost pravé přední čtvrti po vychlazení
 Hmotnost PZČ – hmotnost pravé zadní čtvrti po vychlazení
 Hmotnost PP 24 – hmotnost pravé poloviny JUT po vychlazení
 Lůj LP – hmotnost ledvinového a pánevního loje
 Maso I. třídy – součet hmotnosti roštěnce, kýty bez kosti, svíčkové a plece bez kosti
 Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost:
 a, b P ≤ 0,05; A, B, C P ≤ 0,01

Nejnižší hmotnost kostí byla zjištěna u JUT býků genotypu *CC* (29,76 kg) a byla průkazně odlišná od hmotnosti kostí JUT genotypu *CT* (30,01 kg) a *TT* (30,58 kg). Průkazné rozdíly mezi genotypy byly zjištěny v případě hmotnosti kostí přední pravé čtvrti – nejnižší hmotnost u genotypu *CC* (7,084 kg) byla odlišná od hmotnosti u genotypu *CT* (7,167 kg) a *TT* (7,311 kg). Shodné difference byly zjištěny i u hmotností kostí pravé zadní čtvrti – nejnižší hmotnost u genotypu *CC* (11,199 kg) byla odlišná od hmotnosti kostí u genotypu *CT* (11,379 kg) a *TT* (11,430 kg). Rozdíl mezi podíly kostí na hmotnosti teplého JUT (podíl kostí) nebyl průkazný a podíl se pohyboval na úrovni kolem 17 %. Stejně tak poměr masa a kostí byl 2,75 u genotypů *CC* a *CT*, u genotypu *TT* 2,76. Průkazné rozdíly nebyly zjištěny ani mezi podílem masa a kostí u přední a zadní čtvrtě pravé poloviny JUT.

Filipčík et al. (2015) udává pro JUT býků českého strakatého skotu s genotypem leptinu *CT* a *TT* podíl kostí 20 % a poměr masa a kostí na úrovni 3,58. Podíl kostí a šlach na pravé polovině JUT pro stejné plemeno udává Bartoň et al. (2007), a to 18,5 %. Podle Bartoně et al. (2003) je podíl kostí a šlach na pravé polovině jatečně upraveného těla býků českého strakatého skotu 18,19 %, což představuje poměr masa a kostí na úrovni 4,358. Chládek et al. (2005) udává podíl kostí na hmotnosti pravé přední čtvrti 6,9 % a na zadní čtvrti 8,4 %. Jím uváděné podíly částečně odpovídají zjištěným hodnotám, podíl kostí na pravé zadní čtvrti byl ale nižší, což lze hodnotit pozitivně. Kern et al. (2014) udává podíl kostí u JUT býků masných plemen genotypu *CT* hodnoty na úrovni 13,22 – 16,47 %. Tian et al. (2013) udává hmotnost kostí 20,99 kg. Dále zmiňuje podíl kostí na úrovni 19,73 % pro genotyp *TT*, 20,89 % pro genotyp *TC* a 22,13 % pro genotyp *CC*. Jedná se ovšem o jiný polymorfismus genu pro leptin (E2-169T>C), který se nachází na exonu 2, shodně jako polymorfismus studovaný v disertační práci.

Nejnižší relativní (2,41 %) i absolutní (4,24 kg) podíl oddělitelného loje na pravé polovině JUT byl zjištěný u genotypu *TT*. Nejvyšší hmotnost ledvinového a pánevního loje byla zjištěna u genotypu *CC* (9,11 kg). Rozdíly mezi jednotlivými genotypy nebyly statisticky průkazné, stejně tak i v případě hmotností loje na přední a zadní čtvrti pravé poloviny JUT, kdy se hmotnost pohybovala na úrovni necelých 2 kg v případě přední, a 2,26 kg (*TT*), 2,52 kg (*CT*) a 2,64 kg (*CC*) v případě zadní čtvrti.

Chládek et al. (2005) a Filipčík et al. (2015) udávají shodně podíl oddělitelného tuku na úrovni 1,2 % (2,2 kg), resp. 2,52 %. Tian et al. (2013) udává průměrnou hmotnost oddělitelného loje 5,28 kg. Podíl vnitřního tuku zmiňuje Bartoň et al. (2007) a to na úrovni 2,53 %, v případě ledvinového loje pak 1,26 % a oddělitelného tuku 3,3 %, což koresponduje se zjištěnými výsledky. Podíl oddělitelného tuku v pravé polovině JUT se dle Říhy a Bezdíčka (2016) pohybuje na úrovni 2,06 %. Dle Kaplanové et al. (2009) se průměrný podíl ledvinového a pánevního loje pohybuje na úrovni 11,5 % u genotypu *CC*, 11,79 % u genotypu *CT* a 15,80 u genotypu *TT*. Studie ovšem byla provedena na nízkém počtu zvířat (celkem 109, plemene český strakatý skot, holštýnský a červený holštýnský skot a ayrshire). Podle Buchanan et al. (2002) je právě podíl tuku jatečného těla u zvířata s alelou *T* vyšší, resp. alela *C* je spojována s libovějšími jatečně upravenými těly. V případě alely *T* je pak prokázán vyšší podíl hřbetního tuku na začátku i na konci výkrmu a pozitivní vztah s ukládáním tuku (Buchanan et al., 2007). Vliv koncentrace sérového leptinu na tloušťku hřbetního tuku je průkazný dle Geary et al. (2003) a Foote et al. (2016), což koresponduje s tvrzením Pavlíka et al. (2013b), který pro genotyp *TT* potvrzuje nejvyšší koncentraci sérového leptinu ve srovnání s ostatními genotypy. V literatuře uváděné výsledky a difference genotypů ovšem u sledované populace českého strakatého skotu nebyly prokázány, byť byla potvrzena odlišnost ve třídě protučnosti.

Nejvyšší hmotnost masa I. třídy (součet hmotnosti svíčkové, roštěnce, kýty bez kosti a plece bez kosti) byla zjištěna u genotypu *CC* – 55,5 kg. Nejnižší hmotnost naopak byla zjištěna u genotypu *CT* na úrovni 53,8 kg. Tento rozdíl byl statisticky průkazný. Hmotnost masa I. třídy u genotypu *TT* byla 54,2 kg a nelišila se od ostatních genotypů. Relativní podíl masa I. třídy jak v případě hmotnosti pravé poloviny JUT, tak v případě celkové hmotnosti masa na pravé polovině JUT nebyl statisticky průkazný, a to pro všechny genotypy. Podíl masa I. třídy se pohyboval na úrovni 38 %, podíl masa I. třídy na hmotnosti pravé poloviny JUT pak na úrovni 30,5 %. Nejvyšší podíl masa I. třídy na hmotnosti přední čtvrti byl zjištěn u genotypu *CC* (14,65 %), nejnižší pak u genotypu *CT* (14,11 %) a rozdíl byl statisticky průkazný. Podíl u genotypu *TT* byl 14,22 %. Rozdíly mezi genotypy v případě podílu masa I. třídy na hmotnosti zadní čtvrti nebyl průkazný, hodnoty se pohybovaly na úrovni 45,41 % (*CC*), 45,37 % (*CT*) a 45,94 % (*TT*). Průkazný rozdíl mezi genotypy *CC*

(3,13) a *CT* (3,28) byl zjištěný v případě poměru masa I. třídy na přední a zadní čtvrti pravé poloviny JUT. Genotyp *TT* (3,23) se průkazně nelišil od genotypů *CC* a *CT*.

Obdobné podíly masa I. třídy zmiňuje u JUT býků českého strakatého skotu Bartoň et al. (2007), a to 38,9 %. Bezdíček et al. (2010) uvádí podíl masa první třídy na hmotnosti jatečné půlky na úrovni 13,68–21,64 %. Dle Filipčička et al. (2008) je podíl masa první jakosti na pravé polovině JUT býků českého strakatého skotu 29,56 %, což odpovídá uváděným výsledkům pro jednotlivé genotypy genu pro leptin. Shodné údaje uvádějí i Říha a Bezdíček (2016), a to 31,17 %. Negativní korelaci mezi obsahem sérového leptinu a podílem libového masa uvádí Buchanan et al. (2007), býci genotypu *CC* měli vyšší podíl libového masa než býci s genotypem *TT*.

Hmotnosti jednotlivých (hlavních) masitých částí jatečně upraveného těla dle genotypů genu pro leptin jsou uvedeny v tabulce 8. Průkazné difference mezi genotypy byly zjištěny u hmotnosti kýty bez kosti, nejnížší hmotnost byla zjištěna u genotypu *TT* (31,47 kg), nejvyšší u genotypu *CC* (32,98 kg). Rozdíl mezi genotypy *CT* (31,92 kg) a *TT* nebyl průkazný. Průměrná hmotnost roštěnce se pohybovala na úrovních 7,06 kg (*CC*), 7,18 kg (*CT*) a 7,12 kg (*TT*) a mezi genotypy nebyl zjištěn průkazný rozdíl. Obdobně pak v případě hmotnosti svíčkové (2,48 kg *CC*, 2,54 kg *CT* a 2,58 kg *TT*). Nejvyšší hmotnost plece bez kosti byla zjištěna u genotypu *CC* – 13,07 kg a průkazně se lišila od průměrných hmotností plece bez kosti u genotypu *CT* (12,11 kg) a *TT* (12,02 kg), přičemž poslední dva zmíněné genotypy se od sebe průkazně nelišily.

Pro býky českého strakatého skotu s vyšší porážkovou hmotností (690 kg) udává hmotnost partií řadících do masa I. jakosti Chládek et al. (2005). Pro kýtu zmiňuje hmotnost kýty 32,1 kg, pro svíčkovou 2,4 kg, pro roštěnec 8,3 kg a pro plec bez kosti 11,9 kg. Podíly těchto jatečných částí na pravé polovině JUT se dle Bezdíčka et al. (2010) pohybují v případě kýty od 15,76 do 22,86 %, v případě roštěnce 3,36–5,36 %, v případě svíčkové 1,12–2,19 % a u plece bez kosti pak 4,01–8,92 %. Říha a Bezdíček (2016) uvádějí v případě podílu plece bez kosti hodnotu 7,11 %, u kýty 18,51 %, u roštěnce 4,14 % a u svíčkové pak 1,42 %. Kaplanová et al. (2009) zmiňuje rozdíl hmotností svíčkové a roštěnce dle jednotlivých genotypů genu pro leptin, přičemž mezi genotypy nebyl zjištěný průkazný rozdíl. Pro hmotnost svíčkové udává hodnoty 2,34 kg (*CC*), 2,32 kg (*CT*) a 2,43 kg (*TT*) a pro hmotnost roštěnce pak 7,01 kg (*CC*),

6,65 kg (*CT*) a 7,15 kg (*TT*). Tyto hodnoty korespondují se zjištěnými výsledky sledované populace býků českého strakatého skotu.

Tabulka 8 Hmotnosti hlavních masitých částí JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp		
	<i>CC</i> (n= 192)	<i>CT</i> (n = 116)	<i>TT</i> (n = 25)
	LSM ± s _x	LSM ± s _x	LSM ± s _x
Kýta bez kosti [kg]	32,98 ^{Aa} ± 6,661	31,92 ^B ± 5,442	31,47 ^b ± 5,220
Roštěnec [kg]	7,06 ± 1,121	7,18 ± 0,987	7,12 ± 0,897
Svíčková [kg]	2,48 ± 0,423	2,54 ± 0,380	2,58 ± 0,359
Plec bez kosti [kg]	13,07 ^{Aa} ± 4,131	12,11 ^B ± 3,811	12,02 ^b ± 4,023
Podplečí [kg]	12,91 ± 2,530	12,67 ± 2,061	12,83 ± 1,648
Bok s kostí [kg]	8,74 ^A ± 2,296	8,10 ^B ± 1,827	8,22 ± 1,577
Bok bez kosti [kg]	8,23 ^A ± 3,461	7,75 ^{Ba} ± 3,052	7,12 ^{Cb} ± 2,957
Žebro [kg]	17,98 ^A ± 1,939	17,25 ^B ± 1,786	17,43 ± 1,790
Kližka [kg]	6,02 ± 1,277	6,13 ± 1,305	6,14 ± 1,359
Kližka PZČ [kg]	4,08 ^A ± 3,307	3,80 ^B ± 3,187	3,70 ^C ± 3,140
Ořez PZČ [kg]	11,38 ^A ± 2,698	11,70 ^B ± 2,689	11,44 ± 2,436
Ořez PPČ [kg]	11,84 ± 6,661	11,83 ± 5,442	11,01 ± 5,220

Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost:
a, b P ≤ 0,05; A, B, C P ≤ 0,01

Rozdíly v případě hmotností podplečí nebyly průkazné pro všechny genotypy. U genotypu *CC* byla zjištěna průměrná hmotnost na úrovni 12,91 kg, u genotypu *CT* 12,67 kg a u genotypu *TT* 12,83 kg. Nejnižší průměrná hmotnost boku s kostí byla zjištěna u genotypu *CT* (8,10 kg) a byla průkazně nižší než hmotnost boku s kostí JUT býků genotypu *CC* (8,74 kg). Genotyp *TT* (8,22 kg) nebyl odlišný od ostatních genotypů. Rozdíl mezi průměrnými hmotnostmi boku bez kosti byl významný mezi všemi genotypy. Hmotnost u genotypu *CC* byla 8,23 kg, u genotypu *CT* 7,75 kg a u genotypu *TT* 7,12 kg. V případě žebra byla nejvyšší hmotnost zjištěna u genotypu *CC* na úrovni 17,98 kg. Od genotypu *TT* (17,43 kg) ale odlišná nebyla. Významná diference byla prokázána u genotypu *CT* (hmotnost žebra 17,25 kg) a *CC*.

Diference v případě hmotnosti kližky nebyly zjištěny. Hmotnost kližky z přední čtvrti u genotypu *CC* byla 6,02 kg, u genotypu *CT* 6,13 kg a u genotypu *TT* 6,14 kg. Průkazné rozdíly mezi všemi genotypy byly ovšem zjištěné u hmotnosti kližky pravé zadní čtvrti, nejvyšší hmotnost byla u genotypu *CC* (4,08 kg), dále u genotypu *CT* (3,80 kg) a nejnižší u genotypu *TT* (3,70 kg). Nejvyšší hmotnost ořezu z přední čtvrti

byla zjištěna u JUT býků genotypu *CT* (11,70 kg), nejnižší naopak u genotypu *CC* (11,38 kg). Tato diference byla statisticky průkazná. Hmotnost ořezu přední čtvrti JUT býků genotypu *TT* (11,44 kg) se statisticky nelišila od hmotností klišky ostatních genotypů. Průměrná hmotnost ořezu pravé zadní čtvrti byla 11,01 kg (*TT*), 11,83 kg (*CT*) a 11,84 kg (*CC*) a nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi genotypy.

Hmotnost podplečí se u býků českého strakatého skotu v průměru pohybuje kolem 18,7 kg, což představuje přibližně 9,9–11,23 % hmotnosti pravé poloviny JUT (Chládek et al., 2005; Bezdíček et al., 2010). Podíl boku bez kosti pak Chládek et al. (2005) a Bezdíček et al. (2010) zmiňují na úrovni 4,16 % (8,3 kg). Podíl hmotnosti žeber představuje přibližně 9,97 % hmotnosti pravé poloviny JUT (Říha a Bezdíček, 2016). Rozdíly mezi genotypy *LEP* u hmotnosti žebra ($P = 0,03$) zaznamenal Nkrumah et al. (2004). V případě klišky ($P = 0,07$) a plece ($P = 0,08$) nezmiňuje staticky významné rozdíly, což částečně koresponduje se zjištěnými výsledky. Zjištěná hmotnost ořezu pro jednotlivé čtvrti pravé poloviny JUT je v souladu s tvrzením Chládko et al. (2005), pro přední čtvrt' udává hodnotu 13,1 kg (7 %), pro zadní čtvrt' pak zmiňuje hmotnost 15,4 kg (8,2 %).

Průkaznost diferencí mezi jednotlivými genotypy v rámci sledovaných hmotnostních ukazatelů lze vysvětlit informacemi publikovanými ve studiích Pavlíka et al. (2013b) a Brandta et al. (2007). Zmiňují odlišné hladiny sérového leptinu pro jednotlivé genotypy genu pro leptin a dále průkazné korelace mezi hladinou leptinu v krevním séru a ukazateli masné užitkovosti. Obdobné závěry jako Brandt et al. (2007) publikovali i Geary et al. (2003), Nkrumah et al. (2004), Buchanan et al. (2007), Kaplanová et al. (2009) a Foote et al. (2015).

Poslední část této kapitoly popisuje rozdíly mezi genotypy genu pro leptin ve vztahu k morfometrickým parametrům jatečně upraveného těla býků českého strakatého skotu. Výsledky statistické analýzy, včetně průměrů nejmenších čtverců a směrodatných odchylek, jsou uvedeny v tabulce 9. Charakteristiky měřených údajů jsou uvedeny v Metodice.

Tabulka 9 Morfometrické parametry JUT býků českého strakatého skotu dle genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp		
	<i>CC</i> (n = 192)	<i>CT</i> (n = 116)	<i>TT</i> (n = 25)
	LSM ± s _x	LSM ± s _x	LSM ± s _x
Délka kýty-1 [cm]	84,93 ^a ± 5,503	83,97 ^b ± 4,864	84,88 ± 4,632
Délka kýty-2 [cm]	72,30 ^a ± 4,726	71,57 ^b ± 4,108	70,80 ^b ± 4,173
Plnost kýty [cm]	46,59 ^a ± 4,914	45,46 ^b ± 5,177	45,83 ± 5,076
Šířka kýty [cm]	28,34 ± 3,709	28,50 ± 3,788	27,87 ± 4,308
Obvod kýty [cm]	121,45 ^{Aa} ± 8,835	120,16 ^B ± 7,798	119,12 ^b ± 7,149
Spirální obvod kýty [cm]	175,54 ± 11,889	176,75 ± 9,672	176,82 ± 10,009
Délka přední čtvrti [cm]	45,19 ± 3,900	45,21 ± 3,992	45,24 ± 3,953
Hloubka hrudníku [cm]	39,97 ± 3,158	39,69 ± 3,069	39,10 ± 2,779
Poloobvod hrudníku [cm]	98,24 ± 24,679	96,34 ± 10,011	95,46 ± 8,725
Délka zadní čtvrti [cm]	94,73 ± 4,694	94,31 ± 4,475	95,32 ± 4,130
Délka roštěnce [cm]	66,88 ± 4,224	67,36 ± 4,231	68,68 ± 4,585
Plocha <i>MLLT</i> [cm ²]	88,03 ± 17,224	87,89 ± 15,781	84,55 ± 10,975

Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost:
a, b P ≤ 0,05; A, B P ≤ 0,01

Průkazná diference byla zjištěna mezi genotypy *CC* a *CT* v případě délky kýty-1. Naměřené rozměry byly 84,93 cm (*CC*), 83,97 cm (*CT*) a 84,88 cm (*TT*). Rozdíly u parametru délka kýty-2 byly zjištěné mezi genotypem *CC* (72,30 cm) a *CT* (71,57 cm) a mezi genotypem *CC* a *TT* (70,80 cm). Stejný rozdíl byl zjištěn i u plnosti kýty, nejvyšší hodnota byla u genotypu *CT* (46,59 cm) a lišila se od genotypu *CT* (45,46 cm), ale ne od genotypu *TT* (45,83 cm). Průměrné rozměry šířky kýty byly 28,34 cm (*CC*), 28,50 cm (*CT*) a 27,87 cm (*TT*) a statisticky průkazné rozdíly mezi těmito genotypy zjištěny nebyly. Stejně tak i u spirálního obvodu kýty, kdy se průměrné hodnoty pohybovaly na úrovních 175,54 cm (*CC*), 176,75 cm (*CT*) a 176,82 cm (*TT*). Průměrné rozměry obvodu kýty byly 121,45 cm (genotyp *CC*), 120,16 cm (genotyp *CT*) a 119,12 cm (genotyp *TT*), přičemž průkazná diference byla zjištěna mezi genotypy *CC* a *CT* a dále mezi genotypy *CC* a *TT*.

S ohledem na statisticky významné rozdíly mezi genotypy u ukazatele hmotnost kýty, které jsou popsány výše v textu, bylo očekáváno, že se budou lišit i rozměrové ukazatele kýty, což se potvrdilo. Filipčík et al. (2008) udává rozměry kýty býků českého strakatého skotu, šířku 28 cm, spirální obvod kýty 171 cm.

Mezi genotypy, v rámci rozměrů charakterizujících přední čtvrt' – tedy délka přední čtvrti, hloubka hrudníku a poloobvod hrudníku, nebyl zjištěn žádný, statisticky průkazný, rozdíl. Délka přední čtvrti se pohybovala od 45,19 cm (*CC*) po 45,24 cm (*TT*). Průměrná hloubka hrudníku byla 39,10 cm (*TT*) až 39,97 cm (*CC*). Nejvyšší průměrná hodnota poloobvodu hrudníku byla u genotypu *CC* (98,24 cm), nejnižší pak u genotypu *TT* (95,46 cm).

Rozměry přední čtvrti popisuje Filipčík et al. (2008). Udává délku 43 cm, hloubku hrudníku 38 cm a poloobvod hrudníku 98 cm. Všechny uvedené hodnoty korespondují se zjištěnými úrovněmi ukazatelů sledované populace býků českého strakatého skotu.

Obdobně, jako v případě přední čtvrti, nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi genotypy v rámci rozměrů charakterizujících zadní čtvrt', tj. délka zadní čtvrti, délka roštěnce a plocha *musculus longissimus lumborum et thoracis*. Nejdelší zadní čtvrt' byla zjištěna u genotypu *TT* (95,32 cm), nejnižší u genotypu *CT* (94,31 cm). Průměrná délka roštěnce byla u genotypu *CC* 66,88 cm, u genotypu *CT* 67,36 cm a nejdelší roštěnec byl u genotypu *TT* – 68,68 cm. Největší plocha *MLLT* byla naměřena u genotypu *CC* (88,03 cm²), dále u genotypu *CT* (87,89 cm²) a nejmenší u genotypu *TT* (84,55 cm²). Jak je ovšem napsáno výše, rozdíly mezi genotypy u těchto ukazatelů nebyly statisticky průkazné.

Dle Ahnström et al. (2012) je průměrná délka roštěnce u býků švédského červeného skotu ve věku 24 měsíců 54,6 cm. Nutné je zmínit, že se jedná se o plemeno mléčného užitkového typu s nižší úrovní masné užitkovosti. Filipčík et al. (2008) pro délku zadní čtvrtě udává rozměr 91 cm, což koresponduje se zjištěnými výsledky. Dle Gearyho et al. (2003) je hladina sérového leptinu negativně korelována ($r = -0,45$) s plochou *musculus longissimus lumborum et thoracis*, mezi jednotlivými genotypy ovšem nebyl zjištěn staticky průkazný rozdíl. Plochu *MLLT* na úrovni 87,10 cm² zmiňuje Foote et al. (2015) a potvrzuje negativní korelaci ($r = -0,25$) s hladinou sérového leptinu. Nkrumah et al. (2004) udává plochu roštěnce 76,64 cm². Korelaci mezi plochou *MLLT* a sérovým leptinem na úrovni $r = -0,05$ zmiňuje Brandt et al. (2007) a jako průměrnou hodnotu plochy udává hodnotu 84,6 cm². Sochor et al. (2005) udává plochu *MLLT* v případě českého strakatého skotu 75,42 cm² při porážkovém věku 505 dní. Z uvedených hodnot je patrné, že rozměry roštěnce JUT býků sledované populace odpovídají zjištěním publikovaným v jiných studiích.

5.3 Vztah genotypů genu pro leptin a kvalitativních ukazatelů hovězího masa býků českého strakatého skotu

Prezentované výsledky kvalitativních analýz hovězího masa českého strakatého skotu ve vztahu ke genotypům genu pro leptin jsou zaměřeny poměrně široce. Vybrané kvalitativní ukazatele postihují jak chemické složení, z čehož lze usuzovat nutriční hodnotu hovězího masa, tak technologické vlastnosti (pH a vaznost). Dále jsou popsány spotřebitelsky důležité vlastnosti jako je textura představovaná silou stříhu a dále barva, která je reprezentována barevnými koordinátami systému CIE Lab. Z těchto koordinátů byly odvozeny hodnoty představujících barevnou sytost a odrazivost světla. Hodnoty nejmenších čtverců a směrodatných odchylek získaných lineárním modelem popsaným v Metodice jsou uvedeny v tabulce 10 a 11.

Obsah sušiny u sledovaného souboru byl 25,009 % (*CC*), 25,373 % (*CT*) a 25,500 % (*TT*). Mezi genotypy nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl, shodně jako v případě obsahu bílkovin (21,186 % (*CC*), 21,158 % (*CT*) a 21,008 % (*TT*)) a celkového dusíku. Obsah popelovin se pohyboval na úrovni 1,092–1,095 %, ani zde nebyly potvrzeny difference mezi genotypy. Průkazný rozdíl mezi genotypy *CC* a *CT* byl zjištěn u obsahu intramuskulárního tuku (IMT), nejnižší hodnota byla u genotypu *CC* 2,732 %, nejvyšší pak u genotypu *CT* – 3,033 %. Podíl intramuskulárního tuku masa býků s genotypem *TT* byl 2,994 % a statisticky průkazně se nelišil od ostatních genotypů. Žádné statisticky průkazné rozdíly mezi genotypy nebyly zjištěny ani u průměru svalového vlákna, jehož hodnota se pohybovala od 40,419 μm (*CC*) do 40,579 μm (*TT*).

Podle Dračkové et al. (2016) a Filipčíka et al. (2015) se podíl sušiny hovězího masa býků českého strakatého skotu pohybuje na úrovni 24,83–25,72 %. Obdobné hodnoty jako u sledovaného souboru býků udávají pro obsah bílkovin (21,37–21,45 %). Zmiňují ovšem trochu nižší podíl intramuskulárního tuku a to 2,30 % resp. 2,63 %. Filipčík et al. (2013) charakterizoval chemické složení masa býků českého strakatého skotu dle genotypů genu pro leptin. Pro sušinu udává hodnoty 26,14 % u genotypu *TT* a dále 27,03 % u *CT* a 26,43 % u *CC*. Nejvyšší podíl intramuskulárního tuku popisuje u genotypu *CT* (2,51 %), u *CC* 1,84 % a nejméně u *TT* (1,77 %). V obou případech zjistil statisticky průkaznou diferenci mezi genotypem *CT* a *CC*, resp. *TT*. Celkový podíl bílkovin udává na úrovních 21,25 % (*CC*), 21,20 % (*CT*) a 20,87 % (*TT*) bez rozdílu mezi genotypy. Podíl popelovin dosahoval hodnot 1,07 % (*CC*),

1,05 % (*CT*) a 1,08 % (*TT*), taktéž bez průkazné odlišnosti mezi genotypy jako v případě obsahu bílkovin. Sochor et al. (2005) udává chemické složení pro maso býků českého strakatého skotu. Obsah sušiny udává na úrovni 24,57 %. Dále zmiňuje obsah celkových bílkovin 21,35 %, podíly intramuskulárního tuku 2,03 % a popelovin 1,09 %. Dle Bartoně et al. (2010b) je podíl sušiny v mase býků českého strakatého skotu 24,47 %, bílkovin 21,18 % a intramuskulárního tuku 1,4 %. Lawrie a Ledward (2006) pro hovězí maso udávají obsah základních živin na úrovni 25 % sušiny, 19 % bílkovin a 2,5 % tuku. Na základě podílu základních živin je možné hodnotit analyzované maso býků českého strakatého skotu pozitivně jak z pohledu obsahu bílkovin, tak z pohledu obsahu intramuskulárního tuku.

Nkrumah et al. (2007) udává průkazný vztah mezi koncentrací sérového leptinu a mramorováním hovězího masa býků plemen masného užitkového typu (kříženci plemen aberdeen angus a charolais). Podobné závěry publikoval i Foote et al. (2016). Použitím smíšeného lineárního modelu zjistil, že hladina sérového leptinu popisuje 4,59 % variance známky za mramorování. Oproti tomu Nogalski et al. (2017) zmiňuje nízký korelační koeficient ($r = -0,06$) mezi obsahem sérového leptinu a obsahem intramuskulárního tuku. Anton et al. (2011) zmiňuje nejvyšší podíl intramuskulárního tuku býků plemene aberdeen angus s genotypem leptinu *TT*. Kern et al. (2014) udává pro tři způsoby výkrmu volků genotypu *CT* hodnoty intramuskulárního tuku na úrovních 1,85; 3,53 a 5,40 %.

Obsah intramuskulárního tuku je poměrně důležitým faktorem působícím na určité sensorické vlastnosti hovězího masa, jako je vzhled, a přesto, že je často zmiňován vztah šťavnatosti a podílu intramuskulárního tuku, nelze jednoznačně říci, že za všech okolností je vyšší podíl tuku spojen se šťavnatějším masem a silnějším aroma (Przybylski, Hopkins, 2015). Jiné studie ovšem toto tvrzení podporují a prokazují pozitivní vztah obsahu tuku v mase se šťavnatostí, křehkostí a celkovým sensorickým vnímáním hovězího masa (Iida et al., 2015). Vlastní vztah ovšem není lineární, ale zakřivený. Podíl intramuskulárního tuku (velké množství testovaných vzorků v rozsahu 0,3–15 % tuku) může vysvětlit až 16 % variability sensorických vlastností (Hocquette et al., 2014).

Tabulka 10 Chemické složení a vybrané fyzikální ukazatele kvality hovězího masa dle genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp					
	CC (n = 192)		CT (n = 116)		TT (n = 25)	
	LSM	± s _x	LSM	± s _x	LSM	± s _x
Sušina [%]	25,009	± 0,130	25,373	± 0,141	25,500	± 0,334
IMT [%]	2,732 ^a	± 0,038	3,033 ^b	± 0,041	2,994	± 0,101
Bílkoviny [%]	21,186	± 1,004	21,158	± 1,004	21,008	± 1,009
Celkový N [%]	3,387	± 1,004	3,387	± 1,004	3,362	± 1,010
Popeloviny [%]	1,094	± 0,005	1,095	± 0,005	1,092	± 0,012
Průměr svalového vlákna [μm] ^A	40,419	± 0,341	40,491	± 0,371	40,579	± 0,878
pH-1	5,687 ^A	± 0,303	5,682 ^A	± 0,283	5,776 ^B	± 0,451
pH-14	5,733 ^A	± 0,286	5,716 ^A	± 0,288	5,786 ^B	± 0,429
Vaznost-1 [%]	30,817 ^A	± 27,475	36,208 ^a	± 26,788	46,414 ^{Bb}	± 38,746
Vaznost-14 [%]	45,186 ^a	± 28,350	46,542 ^a	± 30,166	57,741 ^b	± 40,445
TXTS-1 [kg]	5,942	± 1,169	5,830	± 1,224	5,828	± 1,025
TXTS-14 [kg]	5,935	± 1,134	5,793	± 1,136	5,477	± 1,077
TXTG-1 [kg]	23,001 ^A	± 5,878	22,337 ^A	± 5,287	18,507 ^B	± 6,032
TXTG-14 [kg]	14,535	± 4,785	14,601	± 4,431	13,003	± 4,603

^A četnosti genotypů: CC (n = 126), CT (n = 102), TT (n = 20); celkem analyzováno 248 vzorků
1 – jeden den *post mortem*, 14 – po 14 dnech zrání
Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost:
a, b P ≤ 0,05; A, B P ≤ 0,01

Optimální chutnosti hovězího masa je dosahováno při obsahu tuku od 3 do 7,5 %, významný vzestup chutnosti nastává už od 2,5% podílu intramuskulárního tuku (Smith, 2016). Je tedy možné říci, že obsah intramuskulárního tuku analyzovaného masa všech genotypů genu pro leptin odpovídá požadavkům z hlediska optimálního zastoupení tuku k dosažení nejlepších sensorických (chut'ových) vjemů.

Průměr svalových vláken masa býků českého strakatého skotu popsala Dračková et al. (2016). Po skupinu čistokrevných zvířat (C100) zmiňuje hodnotu na úrovni 37,36 μm . Filipčík et al. (2015) udává mírně nižší hodnotu, a to 35,61 μm . Dle Němcové et al. (2010) s rostoucím porážkovým věkem a porážkovou hmotností dochází ke zvyšování průměru svalových vláken. Dodává, že významným faktorem je i pohlaví, přičemž průměr svalových vláken v mase jalovic je větší než v případě v býků. Joo et al. (2013) kromě těchto vlivů zmiňuje i úroveň výživy a druh svalu, resp. jeho umístění na těle zvířete a typ svalových vláken. Zároveň popisuje negativní vliv většího průměru svalových vláken na texturní vlastnosti masa. Hwang et al. (2009)

analyzoval svalová vlákna korejského plemene hanwoo. Jím udávané průměry svalových vláken jsou větší než v případě analyzovaného masa býků českého strakatého skotu. Pro *longissimus dorsi* zmiňuje průměrné hodnoty 62,1 μm (svalová vlákna typu I) až 80,3 μm (svalová vlákna typu IIB). Zároveň potvrzuje rozdílný průměr svalových vláken mezi *longissimus dorsi*, *psaos major* a *musculus semimembranosus*, ale i rozdílný podíl jednotlivých typů svalových vláken mezi těmito svaly, kdy nejvyšší podíl vláken I typu zjistil v *psaos major*, zatímco největší podíl vláken IIB typu byl v *musculus semimembranosus*. Němcová et al. (2010) zmiňuje, že průměr tenkých svalových vláken se pohybuje mezi 20–40 μm a průměr tlustých vláken dosahuje až 100 μm . Z výše uvedených charakteristik lze potvrdit, že analyzované maso nevykazovalo žádnou abnormalitu a průměr svalových vláken odpovídal hodnotám udávaným ostatními autory.

Technologické vlastnosti analyzovaného hovězího masa představují ukazatele pH a vaznost přidané vody. Zjištěné hodnoty pH 24 hodin po porážce (pH-1) genotypů *CC* (5,687) a *CT* (5,682) nebyly průkazně odlišné. Hodnota pH-1 genotypu *TT* byla 5,776 a statisticky významně se lišila od heterozygotního i dominantně homozygotního genotypu genu pro leptin. Tato diference byla potvrzena i po 14 dnech zrání u hodnot pH-14, kdy nejvyšší hodnota pH byla zjištěna u masa býků genotypu *TT* (5,786) a průkazně se lišila od hodnot masa býků genotypu *CT* (5,716) a *CC* (5,733). Rozdíl mezi genotypy *CT* a *CC* průkazný opět nebyl.

Optimální hodnota pH, z hlediska údržnosti hovězího masa jako potraviny, by se 24 hodin *post mortem* měla pohybovat na úrovni 5,3–5,7 (Przybylski, Hopkins, 2015). Rozsah hodnot pH 5,42 – 5,71 pak představuje jakési „optimum“, kdy nedochází k nadměrnému snížení údržnosti a vlastní křehkost hovězího masa je ještě uspokojivá, byť maso není křehké tolik, jako to, jehož pH je v rozsahu 6,29–6,99 (Wu et al., 2014). Dračková et al. (2016) uvádí hodnotu pH masa býků českého strakatého skotu 48 hodin *post mortem* na úrovni 5,67, Filipčík et al. (2015) pak 5,63. Bartoň et al. (2010) zmiňuje hodnotu pH 24 hodin *post mortem* 5,82. Jeleníková et al. (2008) sledovala pokles pH *post mortem* u masa býků českého strakatého skotu. U skupinového ustájení byly zjištěné hodnoty 6,85 45 minut po porážce, 6,29 24 hodin po porážce a 6,03 48 hodin po porážce. Při individuálním ustájení pak udává pH na úrovních 6,66; 5,93 a 5,79. Li et al. (2013) popisuje neprůkazný vliv genotypů genu pro leptin na hodnoty pH. Průkaznou diferencí mezi genotypy *TT*, *TC* a *CC* popisuje

Tian et al. (2013), kdy se hodnoty pohybovaly na úrovni 6,68 a 6,78, resp. 6,96. Měření ale bylo provedeno před zchlazením JUT a ve studii je popsán jiný polymorfismus druhého exonu leptinového genu. Filipčík et al. (2013) pro jednotlivé genotypy genu pro leptin udává následující hodnoty pH 48 hodin *post mortem*: 5,79 u genotypu *CC*, 5,71 u genotypu *CT* a 5,62 u genotypu *TT*. Sochor et al. (2005) udává poměrně rozdílné hodnoty pH 48 hodin *post mortem*, u plemene masný simentál 5,44, ovšem v případě českého strakatého skotu 6,08.

Lomiwes et al. (2014) a Rios-Mera et al. (2017) rozdělují hodnoty pH do třech skupin, nízké pH (5,4–5,8), střední pH (5,8–6,2) a vysoké pH (nad 6,2). Nejnižší dosažená hodnota pH nad 6,0 je nevhodná, takové maso je tmavé, má velkou variabilitu v křehkosti, zvýšenou vaznost vody, nízkou chutnost a údržnost (Muchenje et al., 2009). Při hodnotách nad pH 6,0 (případně dle státu 6,1; 6,2 a 6,3) lze hovořit o mase s jakostní odchylkou DFD (Przybylski, Hopkins, 2015). Analyzované maso býků jednotlivých genotypů dosahovalo průměrných hodnot pH pod 5,8, což je z hlediska údržnosti a technologické i senzorické jakosti optimální.

Hodnoty nejmenších čtverců vaznosti masa, analyzované jako vaznost přidané vody, jsou uvedeny v tabulce 10 jako Vaznost-1 (vaznost 1 den *post mortem*) a Vaznost-14 (vaznost po 14 dnech zrání). Průkazné rozdíly byly zjištěny shodně jako v případě pH, tj. mezi genotypy *TT* a *CT*, resp. *CC*, a to jak jeden den *post mortem*, tak po 14 dnech zrání. Vaznost v případě genotypu *TT* byla nejvyšší a to 46,414 % jeden den *post mortem* a 57,741 % po 14 dnech zrání. U genotypu *CT* byla zjištěna vaznost 36,208 % a 46,542 %, u genotypu *CC* pak 30,817 %, resp. 45,186 %.

Mezi hlavní faktory ovlivňující vaznost patří přímý vliv pH, iontová síla, schopnost oxidace myofibrilárních bílkovin a schopnost myofibril a svalových buněk zadržet vodu (Huff-Lonergan a Lonergan, 2005). Vyšší vaznost je žádaná z pohledu zpracování masných výrobků a možnosti přidání vody a solných roztoků, které vaznost dále pozitivně ovlivňují (Dikeman, Devine, 2014). Pokud pH dosahuje hodnot vyšších, než je izoelektrický bod bílkovin, pak je i vaznost masa vyšší (Claus, Sørheim, 2006). Většina vody ve svalu je přítomna v myofibrilách, v prostoru mezi vlákny tvořenými myosinem a aktinem. Velikost tohoto prostoru je závislá na pH, délce sarkomer, iontové síle, osmotickém tlaku a fázi *rigor mortis*. Vaznost pozitivně ovlivňuje i zrání masa (Lawrie, Ledward, 2006).

Vliv genotypů genu pro leptin na vaznost vody (zastoupenou ukazateli – ztráta mražením, ztráta varem a celková ztráta vody) charakterizuje Li et al. (2013) jako neprůkazný. Filipčík et al. (2015) a Dračková et al. (2016) použili pro stanovení vaznosti upravenou lisovací metodu dle Graua a Hamma (1952) a vaznost masa býků českého strakatého skotu udávají na úrovni 78,64 %, resp. 82,54 %. Ztrátu hmotnosti odkapem, která je odvislá od rychlosti poklesu pH (Huff-Lonergan a Lonergan, 2005), popisuje Bartoň et al. (2010) na úrovni 1,75 %. Průkaznost rozdílů mezi genotypy, a nejvyšší vaznost přidané vody v případě genotypu *TT*, lze vysvětlit rozdíly v hodnotách pH, kdy právě nejvyšší pH bylo zaznamenáno u genotypu *TT*.

Další analyzovanou fyzikální vlastností byla textura hovězího masa, reprezentovaná jako maximální síla zjištěná při měření síly stříhu (viz Metodika). Analýza byla provedena na nevyzrálém (1 den *post mortem*) a vyzrálém (14 dní) mase, a to jak v syrovém stavu, tak po tepelné úpravě grilováním.

Síla stříhu syrového masa jeden den *post mortem* byla v rozmezí 5,828 kg (genotyp *TT*) – 5,942 kg (genotyp *CC*), u genotypu *CT* byla průměrná hodnota 5,830 kg. Po 14 dnech zrání došlo k mírnému pokles hodnot síly stříhu syrového masa, a to na úroveň 5,477 kg u genotypu *TT*, 5,793 kg u genotypu *CT* a 5,935 kg u genotypu *CC*. Ani jeden den *post mortem*, ani po 14 dnech zrání nebyla prokázána statisticky významná diference mezi genotypy.

Textura (síla stříhu) grilovaného, nevyzrálého masa byla nejnižší u masa býků s genotypem *TT*, a to 18,507 kg. Statisticky významná odlišnost byla potvrzena mezi genotypem *TT* a *CT* (22,337 kg) a dále *TT* a *CC* (23,001 kg). Jeden den *post mortem* bylo tepelně upravené maso býků genotypu *TT* nejkřehčí. Po 14 dnech zrání došlo k poklesu síly stříhu tepelně upraveného hovězího masa, a to u všech genotypů. Průkazné diference mezi genotypy se ovšem nepotvrdily, byť nejnižší hodnota byla opět zaznamenána u masa býků genotypu *TT* – 13,003 kg. Vyšší průměrná hodnota byla u genotypu *CC* (14,535 kg) a nejvyšší u genotypu *CT* (14,601 kg).

Průkazný vliv genotypu *LEP* na sílu stříhu popisuje Ekerljung et al. (2012). Průměrnou hodnotu síly stříhu vařeného masa při 70 °C (před vlastní analýzou ovšem bylo maso zamrazeno) udává na úrovni 118 N. Průkazný vliv genotypů *LEP* na sílu stříhu po 7, 14 a 21 dnech zrání potvrzuje i Schenkel et al. (2005) a průměrné hodnoty síly stříhu udává na úrovni 4,12 – 5,36 kg. Dle něj je možné, že vliv genotypu genu

pro leptin je nepřímý, kdy je vyšší podíl mramorování spojován s vyšší křehkostí. Geary et al. (2003) ve své studii popisující korelační závislost mezi hladinou sérového leptinu a kvalitativními ukazateli hovězího masa nepotvrzuje vztah mezi sérovým leptinem a silou stříhu. Sochor et al. (2005) zjistil statisticky významné korelační závislosti mezi hodnotou síly stříhu a ukazateli masné užitkovosti u masných plemen skotu v případě porážkového věku a hmotnosti jatečně upraveného těla a negativní korelaci mezi silou stříhu a netto přírůstkem, vaznosti vody a hodnotou pH 48 hodin *post mortem*.

Jeleníková et al. (2008) zkoumala sílu stříhu syrového masa *MLLT* býků českého strakatého skotu. Síla stříhu masa skupinově ustájených zvířat byla 52,5 N, individuálně ustájených 38,5 N, což vysvětluje odlišným pH. Bartoň et al. (2014) pro maso býků českého strakatého skotu 3 dny *post mortem* udává hodnotu 58,17 N a 14 dní *post mortem* 47,67 N. Hanzelková et al. (2011) uvádí sílu stříhu vařeného masa býků českého strakatého skotu na úrovni 143,68 N pro nevyzrálé a 105,16 N pro 14 dní zrající maso. Pro tepelně upravené (vaření ve vodní lázni při 70 °C) maso kříženců českého strakatého skotu zmiňuje Kaplanová et al. (2013) sílu stříhu na úrovni 82,66 – 84,07 N. Sochor et al. (2005) udává pro býky českého strakatého skotu hodnotu 84,58 N s poměrně velkou směrodatnou odchylkou, 20,07 N.

Dle výše uvedených hodnot lze konstatovat, že síla stříhu analyzovaného masa býků českého strakatého skotu částečně odpovídá, v syrovém stavu, hodnotám uváděným v jiných studiích. V případě tepelné úpravy grilováním je nutné zohlednit jiný způsob tepelné úpravy. Podle Lawrence et al. (2001) existují průkazné rozdíly v hodnotách síly stříhu při různých teplotách grilování na kontaktním grilu (93 °C, 117 °C a 163 °C), při tepelné úpravě horkým vzduchem a pečení masa na bezkontaktním grilu, přičemž nejvyšší hodnoty síly stříhu byly zjištěny u tepelné úpravy kontaktním grilováním při nejvyšší teplotě. Navíc při této tepelné úpravě je zajištěna největší opakovatelnost výsledků u analýzy síly stříhu *MLLT* ($R = 0,83$).

Poslední část kapitoly se věnuje spotřebitelsky významné vlastnosti, barvě. Barva je často jedinou vlastností, podle které se spotřebitelé rozhodují o nákupu nabízeného hovězího masa. Barva masa je v tomto případě představována koordináty systému CIE-Lab (L^* - světlost; a^* - červenost; b^* - žlutost) a hodnotami barevné sytosti

(chroma) a odrazivosti (hue). Zjištěné hodnoty nejmenších čtverců stanovených jeden den *post mortem* a po 14 dnech zrání jsou uvedeny v tabulce 11.

Průkazné rozdíly mezi genotypy genu pro leptin jeden den *post mortem* byly zjištěny v případě ukazatele světlosti – L*-1. Maso býků genotypu *TT* bylo nejtmavší (34,164), nelišilo se průkazně od masa býků genotypu *CT* (36,291), ale statisticky významná odlišnost byla potvrzena mezi světlostí masa býků genotypu *TT* a *CC* (37,391).

Červenost masa, ukazatel a*-1 byla u genotypu *TT* 6,205; u genotypu *CT* 6,848 a u genotypu *CC* pak 6,679. Ukazatel b*-1, značící žlutost, byl nejnižší u genotypu *TT*, a to 4,777. Genotypy *CT* (5,750) a *CC* (5,876) byly na obdobné úrovni. U obou ukazatelů (a*-1; b*-1) nebyla potvrzena statisticky významná odlišnost mezi genotypy. Barevná sytost (Chroma-1) se pohybovala na úrovních 7,852 u genotypu *TT*, 8,938 u genotypu *CC* a 8,979 u genotypu *CT*. Ani zde nebyla potvrzena diference mezi genotypy. Obdobně pak v případě úhlu odrazivosti (Hue-1) byla nejnižší hodnota zjištěna u genotypu *TT* (36,900°), dále u genotypu *CT* (39,770°) a nejvyšší u genotypu *CC* (41,463°). Stejně jako v předchozích případech nebyla potvrzena statisticky významná diference mezi genotypy.

Tabulka 11 Ukazatele barvy hovězího masa dle genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp					
	CC (n = 192)		CT (n = 116)		TT (n = 25)	
	LSM	± s _x	LSM	± s _x	LSM	± s _x
L*-1	37,391 ^a	± 3,343	36,291	± 2,652	34,164 ^b	± 2,917
a*-1	6,679	± 1,668	6,848	± 1,519	6,205	± 1,508
b*-1	5,876	± 1,520	5,750	± 1,414	4,777	± 1,627
Chroma-1	8,938	± 2,115	8,979	± 1,919	7,852	± 2,097
Hue-1 [°]	41,463	± 5,367	39,770	± 5,495	36,900	± 5,315
L*-14	35,929	± 3,381	36,331	± 3,358	34,816	± 3,196
a*-14	8,175	± 2,043	7,946	± 1,884	7,340	± 1,980
b*-14	7,283 ^a	± 1,902	7,084	± 1,666	5,985 ^b	± 2,041
Chroma-14	10,995 ^a	± 2,640	10,700	± 2,300	9,482 ^b	± 2,717
Hue-14 [°]	41,666	± 4,728	41,811	± 5,467	39,293	± 5,243

1 – jeden den *post mortem*, 14 – po 14 dnech zrání
Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost:
a, b P ≤ 0,05

Po 14 dnech zrání se průkazné rozdíly mezi genotypy v rámci světlosti (L^* -14) již neprojeví. Jako nejtmavší lze hodnotit maso býků genotypu *TT* (34,816), dále maso býků genotypu *CC* (35,929) a jako nejsvětlejší maso býků genotypu *CT* (36,331). Červenost (a^* -14) po 14 dnech zrání dosáhla u genotypu *TT* hodnoty 7,340, u genotypu *CT* 7,946 a u genotypu *CC* pak 8,175. Shodně jako v případě světlosti nebyla ani u ukazatele a^* -14 prokázána diference mezi genotypy genu pro leptin.

Statisticky významný rozdíl byl zjištěn mezi genotypem *TT* (5,985) a *CC* (7,283) v případě žlutosti, ukazatele b^* -14. Rozdíl mezi genotypem *CT* (7,084) a *CC*, ale i *CT* a *TT* nebyl průkazný. Shodná diference pak byla potvrzena i u ukazatele sytosti barvy, Chroma-14, kdy sytost byla nižší u masa býků genotypu *TT* (9,482) než u masa býků genotypu *CC* (10,995). Rozdíly mezi genotypem *CT* (10,700) a *CC*, resp. *TT* nebyly průkazné. Stejně tak nebyl potvrzený rozdíl mezi genotypy v případě hodnoty odrazivosti – Hue-14. U genotypu *CC* byla zjištěna hodnota 41,666°, u masa býků genotypu *CT* 41,811° a u masa býků genotypu *TT* hodnota 39,293°.

Dračková et al. (2016) pro maso býků českého strakatého skotu 48 hodin *post mortem* udává shodující se hodnoty, a to L^* na úrovni 35,48, b^* na úrovni 8,62 a vyšší hodnotu u parametru a^* , a to 15,24. Pinto et al. (2011) zkoumal hovězího maso plemene nellore a pro světlost (L^*) po 7 dnech zrání zmiňuje hodnoty 37,88 a po 14 dnech zrání pak 37,84. Vyšší hodnoty světlosti masa býků českého strakatého skotu udává Bartoň et al. (2014), konkrétně 41,0. Vyšší hodnoty zmiňuje i pro ostatní ukazatele barvy, a to a^* na úrovni 12,9, ale i b^* - 12,6. Světlost (L^*) udává Kaplanová et al. (2013) na úrovních 32,231–37,840, červenost (a^*) pak na úrovních 10,950–11,695 a žlutost (b^*) v rozsahu 9,223–9,917. Beneš et al. (2014) udává hodnoty barvy pro hovězí maso bez jakostních vad: světlost (L^*) 38,69 a po 14 dnech zrání 39,69. V případě červenosti (a^*) pak 6,99 a po 14 dnech zrání 9,04. Žlutá část spektra, představovaná hodnotou b^* byla dle něj jeden den *post mortem* 6,53 a po 14 dnech zrání 8,31.

Vliv genotypů genu pro leptin u českého strakatého skotu zkoumal Filipčík et al. (2013). Jako nejsvětlejší uvádí maso býků s genotypem *TT*, kdy hodnota L^* byla 36,77 a průkazně se odlišovala od masa býků genotypu *CT* (34,51) a *CC* (33,87). Stejně tak nejčervenější maso bylo zjištěno u genotypu *TT* (a^* 10,12) a bylo průkazně odlišné od masa býků genotypu *CC* (a^* 9,03). Mezi genotypy *CC* a *CT* (a^* 9,89) nebyl

průkazný rozdíl. Největší podíl žluté části spektra (b^*) zjistil také u genotypu *TT* (9,17). Tento ukazatel byl statisticky významně odlišný od genotypu *CT* (b^* 7,99) i genotypu *CC* (b^* 7,95). Vliv genu pro leptin na ukazatele barvy zkoumala i Li et al. (2013). Vzorky byly 7 dní *post mortem* odebrány z jatečného těla a 1,5 hodiny vystaveny působení vzdušného kyslíku. Další měření pak opakovala po 6 dnech. U ukazatelů L^* , a^* , b^* , ale i chroma a hue nebyl 7 dní *post mortem* průkazný vliv. Ovšem po 6 dnech působení vzduchu byl průkazný vliv genu pro leptin na ukazatel barevné sytosti chroma a relativní podíl deoxymyoglobinu.

Variabilitu hodnot ukazatelů barvy autorů, kteří analyzovali stejné plemeno lze vysvětlit, kromě individuality zvířat i dobou vystavení vzorku masa vnější atmosféře. Vlastní doba expozice se dle různých autorů odlišuje, nicméně dle Przybylského a Hopkinse (2015) lze barevné stálosti dosáhnout už po 12 minutách, ale zároveň citují i jinou studii, kdy je stabilní hladina oxymyoglobinu dosažena až po 1 hodině působení vzdušeného kyslíku. Významným faktorem ovlivňujícím barvu je podíl svalového barviva myoglobinu a jeho forem v mase (Dikeman, Devine, 2014). Zjištěné hodnoty jednotlivých genotypů odpovídají charakteristice barvy masa českého strakatého skotu, byť v některých případech autoři uvádějí vyšší hodnoty červenosti (a^*) či žlutosti (b^*). Významným faktorem, který působí na barvu masa, jsou dle Manciniho a Ramanathana (2014) oxidativní procesy probíhající při zrání masa. S rostoucím časem dochází ke zvýšení intenzity barvy, ale ta je v důsledku nižší mitochondriální činnosti velmi nestabilní a dochází pak k rychlejší tvorbě metmyoglobinu, který způsobuje hnědnutí masa.

Vlastní vliv leptinu na kvalitu masa lze přičíst nepřímému působení na jeho složky, především intramuskulární tuk (Li et al., 2013). Vyšší obsah intramuskulárního tuku ovšem vede i k jeho rychlejší oxidaci, která je urychlována oxidací svalových barviv a celkovou rovnováhou pro-oxidačních a antioxidačních látek (Przybylski, Hopkins, 2015). To může být jeden z hlavních důvodů průkazných rozdílů ukazatele b^* (žlutost) po 14 dnech zrání masa.

5.4 Vztah genotypů genu pro leptin a profilu mastných kyselin hovězího masa býků českého strakatého skotu

Výsledky statistického lineárního modelu popisujícího vliv genotypů genu pro leptin na profil mastných kyselin a rozdíly mezi jednotlivými genotypy jsou uvedeny v tabulce 12. Kromě vybraných mastných kyselin jsou uvedeny i souhrnné ukazatele jako podíl nasycených, mono- a poly- nenasycených mastných kyselin, podíl omega-3 (n-3) a omega-6 (n-6) mastných kyselin, jejich poměr a index trombogeneze a aterogeneze.

Z nasycených mastných kyselin byl hodnocen podíl kyseliny laurové (C12:0), myristové (C14:0), palmitové (C16:0), stearové (C18:0) a arachové (C20:0). Rozdíl mezi genotypy nebyl průkazný v obsahu kyseliny laurové (C12:0), kdy se hladina pohybovala na úrovních 0,064 % u genotypů *TT* a *CC*, resp. 0,067 % u genotypu *CT*. Neprůkazné rozdíly byly zjištěny i u podílů kyseliny stearové – C18:0 (19,408 % genotyp *CC*, 19,111 % genotyp *CT* a 20,290 % genotyp *TT*) a arachové (0,152 % genotyp *CC*, 0,184 % genotyp *CT* a 0,175 % genotyp *TT*). Statisticky významný rozdíl byl prokázán v případě kyseliny myristové (C14:0), kdy nejvyšší podíly byly zjištěny u genotypu *CT* (2,683 %) a *CC* (2,560 %) a nejmenší u genotypu *TT* (2,280 %). Průkazně nejnižší podíl kyseliny palmitové (C16:0) byl zjištěn u genotypu *TT* (26,232 %) a významná odlišnost byla zjištěna jak mezi genotypem *CC* (obsah 27,652 %), tak genotypem *CT* (27,604 %). Rozdíl mezi genotypy *CC* a *CT* nebyl jak v případě kyseliny myristové (C14:0), tak v případě kyseliny palmitové (C16:0) statisticky průkazný.

Pozitivně lze hodnotit genotyp *TT* z pohledu nižšího obsahu kyseliny myristové (C14:0). Spolu s kyselinou laurovou (C12:0) tvoří faktor zvyšující celkový obsah cholesterolu v krevním séru vyšší měrou než kyselina palmitová (C16:0), zatímco kyselina stearová (C18:0) má spíše neutrální vliv na celkovou hladinu sérového cholesterolu (Daley et al., 2010). Bartoň et al. (2010) analyzoval mastné kyseliny v mase českého strakatého skotu. Ze skupiny SFA udává podíl 2,15 % u kyseliny myristové, 27,02 % u kyseliny palmitové a 19,44 % u kyseliny stearové. Jím udávané výsledky korespondují s výsledky provedených analýz.

Tabulka 12 Profil mastných kyselin hovězího masa dle jednotlivých genotypů *LEP*

Ukazatel	Genotyp					
	CC (n = 141)		CT (n = 83)		TT (n = 18)	
	LSM	± s _x	LSM	± s _x	LSM	± s _x
C12:0	0,064	± 0,002	0,067	± 0,002	0,064	± 0,005
C14:0	2,560 ^a	± 0,060	2,683 ^A	± 0,060	2,280 ^{Bb}	± 0,132
C14:1	0,406	± 0,022	0,445	± 0,022	0,364	± 0,049
C16:0	27,652 ^A	± 0,250	27,604 ^a	± 0,250	26,232 ^{Bb}	± 0,550
C16:1	2,911	± 0,086	3,071 ^a	± 0,086	2,691 ^b	± 0,191
C18:0	19,408	± 0,362	19,111	± 0,362	20,290	± 0,798
C18:1n9c	41,437	± 0,405	41,273	± 0,405	40,900	± 0,892
C18:2n6t	0,239	± 0,006	0,247	± 0,006	0,230	± 0,014
C18:2n6c	3,426 ^a	± 0,199	3,483 ^a	± 0,200	4,391 ^b	± 0,440
C18:2n6Σ	3,666 ^a	± 0,198	3,729 ^a	± 0,198	4,621 ^b	± 0,436
C18:3n6	0,123 ^{Aa}	± 0,034	0,136 ^b	± 0,038	0,149 ^B	± 0,031
C18:3n3	0,423 ^a	± 0,127	0,429	± 0,09	0,482 ^b	± 0,121
C18:2n9 (CLA)	0,199 ^A	± 0,072	0,232 ^B	± 0,078	0,229	± 0,071
C20:0	0,152	± 0,006	0,148	± 0,006	0,175	± 0,013
C20:1	0,181	± 0,006	0,174	± 0,006	0,181	± 0,013
C20:4n6	0,493	± 0,069	0,536	± 0,069	0,747	± 0,152
C20:5n3	0,038 ^A	± 0,010	0,051 ^a	± 0,010	0,100 ^{Bb}	± 0,022
C22:4n6	0,083	± 0,012	0,079 ^a	± 0,012	0,132 ^b	± 0,028
C22:5n6	0,055	± 0,068	0,044 ^a	± 0,091	0,095 ^b	± 0,182
C22:5n3	0,137 ^a	± 0,019	0,164 ^a	± 0,019	0,238 ^b	± 0,042
C22:6n3	0,048	± 0,068	0,037 ^a	± 0,071	0,063 ^b	± 0,125
SFA	49,836	± 0,385	49,613	± 0,385	49,042	± 0,848
MUFA	44,935	± 0,459	44,963	± 0,459	44,137	± 1,012
PUFA	5,229 ^a	± 0,319	5,424 ^a	± 0,319	6,821 ^b	± 0,704
n-3	0,632 ^a	± 0,044	0,681 ^a	± 0,044	0,883 ^b	± 0,098
n-6	4,398	± 0,280	4,527	± 0,280	5,727	± 0,616
n-6/n-3	6,946 ^a	± 0,115	6,789	± 0,115	6,548 ^b	± 0,254
IA	1,151	± 0,019	1,147	± 0,019	1,097	± 0,042
IT	1,871	± 0,030	1,848	± 0,030	1,768	± 0,067

Hodnoty jsou uvedeny v procentuálním podílu k celkovému obsahu analyzovaných MK.

CLA – konjugovaná kyselina linolová

SFA – nasycené mastné kyseliny (C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0)

MUFA – mononenasyčené mastné kyseliny (C14:1 + C16:1 + C18:1n9c + C20:1)

PUFA – polynenasyčené mastné kyseliny (C18:2n6Σ + C18:3n6 + C18:3n3 + CLA + C20:4n6 + C20:5n3 + C22:4n6 + C22:5n6 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-3 – omega-3 nenasyčené mastné kyseliny (C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)

n-6 – omega-6 nenasyčené mastné kyseliny (C18:2n6Σ + C18:3n6 + C20:4n6 + C22:4n6 + C22:5n6)

IA – index aterogeneze

IT – index trombogeneze

Různá písmena na stejném řádku značí statisticky průkaznou odlišnost: a, b P ≤ 0,05; A, B P ≤ 0,01

Daley et al. (2010) shrnuje poznatky z několika studií. Intenzivní výkrm skotu jadrným krmivem zvyšuje podíl nasycených mastných kyselin a pro kyselinu laurovou a myristou znižuje hodnoty na úrovni 0,06–0,07 % a 2,84–3,45 %. Profil mastných kyselin intramuskulárního tuku zkoumal i Filipčík et al. (2015). Ze skupiny nasycených mastných kyselin znižuje podíl kyseliny laurové na úrovni 0,08 % a dále kyseliny myristové (2,49 %), kyseliny palmitové (24,13 %), kyseliny stearové (22,22 %) a kyseliny arachové, jejíž podíl dosáhl 0,48 %. Udávané hodnoty částečně korespondují se zjištěnými hodnotami analyzovaného masa, byť byl zjištěn nižší podíl kyselin arachové, stearové a vyšší podíl kyseliny palmitové. Pro nasycené mastné kyseliny udává Kaplanová et al. (2013) následující hodnoty: kyselina myristová 2,461–2,678 %, kyselina palmitová 26,978–27,968 % a kyselina stearová 18,353–20,119 %. Zapletal et al. (2009) v mase býků českého strakatého skotu stanovil hladinu kyseliny laurové na úrovni 0,07 %, kyseliny myristové 2,99 %, kyseliny palmitové 29,60 % a kyseliny stearové na úrovni 18,08 %.

Wood et al. (2003) charakterizuje obsah vybraných SFA hovězího masa takto: kyselina palmitová 25,0 % a kyselina stearová 13,4 %. Znižuje, že vyšší podíl nasycených mastných kyselin způsobuje vyšší pevnost tukové tkáně. Dodává, že s rostoucí hmotností zvířete dochází ke změně poměru kyseliny olejové a stearové, resp. palmitové, a tuk těchto zvířat je více olejovitý a měkčí. Dle Williamse (2007) obsahuje hovězí maso průměrně 40 % nasycených mastných kyselin, v tuku je to pak přibližně 48 %, což odpovídá zjištěným výsledkům pro všechny genotypy genu pro leptin. Obsah kyseliny palmitové 26,61 % a stearové 13,05–17,02 % v mase kříženců plemene aberdeen angus znižuje Duckett et al. (2013). Podíl kyseliny myristové pak udává na obdobné úrovni jako u analyzovaného masa, a to 2,36–2,76 %. Tian et al. (2013) charakterizoval vliv vybraných SNP genu pro leptin u čínské populace kříženců simenského plemene skotu. Stanovil průkazné rozdíly mezi jednotlivými genotypy daných SNP pro obsah kyseliny myristové, palmitové a stearové. V případě kyseliny arachové nezjistil diferencí mezi genotypy. Jím publikované výsledky částečně korespondují se zjištěními vycházejícími z provedených statistických analýz. Tedy potvrzuje průkazné diference genotypů sledovaného polymorfismu genu pro leptin v případě obsahu kyseliny myristové a palmitové.

Ze skupiny mononenasycených mastných kyselin (mastné kyseliny obsahující jednu dvojnou vazbu) byly hodnoceny kyselina myristoolejová (C14:1), kyselina palmitoolejová (C16:1), kyselina olejová (C18:1n9c), kyselina eikosenová (C20:1). Podíl kyseliny myristoolejové (C14:1) se pohyboval na úrovních 0,364 % (genotyp *TT*), 0,406 % (genotyp *CC*) a 0,445 % (genotyp *CT*). Mezi genotypy ovšem nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Průkazná diference mezi genotypem *TT* (2,691 %) a *CT* (3,071 %) byla zjištěna u kyseliny palmitoolejové (C16:1). Maso býků s genotypem *CC* (2,911 %) nemělo průkazně odlišný podíl této kyseliny od ostatních genotypů. Obdobně jako v prvním případě, i u kyseliny olejové (C18:1n9c) nebyl mezi genotypy zjištěn průkazný rozdíl. Podíl této kyseliny byl 41,437 % u genotypu *CC*, 41,237 % u genotypu *CT* a 40,900 % u genotypu *TT*. Shodný podíl kyseliny eikosenové (C20:1), 0,181 %, byl zaznamenán u masa býků genotypu *TT* a *CC*. U genotypu *CT* byl podíl nižší, 0,174 %, ovšem statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly.

Duckett et al. (2013) jako důvod vyšších koncentrací kyseliny olejové a obecně MUFA udává intenzitu výkrmu spojenou s příjmem jaderných krmiv. Podíl kyseliny olejové pro křížence plemene aberdeen angus zmiňuje na úrovni 41,60 %. Právě kyselina olejová je nejvýraznější složkou MUFA a její množství stoupá s vyšší diferenciací tukových buněk intramuskulárního tuku. Rozdíl mezi pastevně a intenzivně vykrmovanými zvířaty tvoří 30–70 % podílu MUFA ve prospěch intenzivního výkrmu (Elswyk, McNeill, 2014). Nižší podíl kyseliny olejové udává Bartoň et al. (2010) pro plemeno český strakatý skot, a to 35,51 %. Filipčík et al. (2015) pro český strakatý skot zmiňuje hodnotu 39,77 %, což částečně odpovídá zjištěným výsledkům. Podle Kaplanové et al. (2013) v masě kříženců českého strakatého skotu a masných plemen se podíl kyseliny myristoolejové pohybuje na úrovni 0,289–0,500 %, palmitoolejové 2,789–3,388 % a kyseliny olejové pak 40,874–41,763 %. Daley et al. (2010) zmiňuje podíl kyseliny arachové v masě různých plemen skotu v rozmezí 0,08–0,13 %. Zapletal et al. (2009) pro maso býků českého strakatého skotu udává podíl kyseliny olejové na úrovni 41,02 %, palmitoolejové pak 3,75 % a myristoolejové 0,45 %. Uvedené výsledky podílů mononenasycených mastných kyselin korespondují se zjištěnými hodnotami analyzovaného masa býků českého strakatého skotu.

Vliv genotypů různých polymorfismů genu pro leptin analyzoval Orrù et al. (2011). Jeho závěry zmiňují průkazný vliv SNP *LEP* g.3157A>G nacházejícího se v exonu 3 na obsah mononenasycených mastných kyselin, změnu v obsahu kyseliny olejové a kyseliny stearové. Jako další SNP udává *LEP* g.3100C>T, pro který popisuje vliv alely *C* na obsah kyseliny myristoolejové. Pro SNP *LEP* g.978C>T zmiňuje nižší podíl kyseliny stearové a kyseliny myristové. Jako příčinu udává možnou regulační schopnost leptinového genu exprese *SCD1*. Desaturační aktivita *SCD1*, která přeměňuje nasycené mastné kyseliny na mononenasycené MK je právě regulována leptinovým genem. Toto lze podpořit i tvrzením Schenkela et al. (2005), který ve své studii různých polymorfismů leptinového genu popisuje určité nové poznatky neodpovídající předchozím studiím. Oba pak dodávají nutnost provedení dalších analýz k potvrzení této domněnky. Tian et al. (2013) zkoumal vliv polymorfismů *LEP* E2-169T>C a E3-299T>A. Ani u jednoho nezjistil průkazný rozdíl mezi genotypy v obsahu kyseliny olejové a eikosenové. Závěry publikované výše uvedenými autory podporují zjištěné rozdíly mezi genotypy v případě podílů kyselin myristové, palmitové a palmitoolejové jako zástupců skupin SFA a MUFA.

Poslední skupinu analyzovaných mastných kyselin tvoří polynenasycené mastné kyseliny, kam jsou zařazené i tzv. omega-3 a omega-6 mastné kyseliny. Analyzovány byly podíly následujících kyselin: kyselina linolelaidová (C18:2n6t), kyselina linolová (C18:2n6c) a souhrn těchto mastných kyselin (C18:2n6Σ), kyselina γ-linolenová (C18:3n6), kyselina α-linolenová (C18:3n3), konjugovaná kyselina linolenová – CLA (C18:2n9), kyselina arachidonová (C20:4n6), kyselina eikosapentaenová (C20:5n3), kyselina dokosatetraenová (C22:4n6), kyselina dokosapentaenová n-6 (C22:5n6), kyselina dokosapentaenová n-3 (C22:5n3) a kyselina dokosahexaenová (C22:6n3).

Podíly kyseliny linolelaidové (C18:2n6t) se pohybovaly na úrovni 0,230 % u masa býků genotypu *TT*, 0,239 % u masa býků genotypu *CC* a 0,247 % u genotypu *CT*. Mezi jednotlivými genotypy sledovaného polymorfismu nebyl statisticky průkazný rozdíl. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny u kyseliny linolové (C18:2n6c) mezi genotypem *TT* a *CT*, resp. *TT* a *CC*. Genotyp *TT* vykazoval nejvyšší podíl kyseliny linolové (4,391 %), zatímco genotypy *CT* (3,483 %) a *CC* (3,426 %) podíly nižší. Shodné rozdíly pak byly zjištěny u souhrnné hodnoty C18:2n6Σ, kdy byla opět nejvyšší hodnota zjištěna u genotypu *TT* (4,621 %). U genotypů *CT* (3,729 %)

i *CC* (3,666 %) byl obsah této MK nižší. V obou případech nebyly zjištěny rozdíly mezi heterozygotním genotypem *CT* a dominantně homozygotním genotypem *CC*.

Podíl kyseliny linolové (C18:2) dle Filipčíka et al. (2015) je v intramuskulárním tuku býků českého strakatého skotu na úrovni 3,75 %. Bartoň et al. (2010) udává mírně vyšší hodnotu, 4,76 %. Zapletal et al. (2009) udává hodnotu nižší, 2,07 %. Zjištěné výsledky podílu kyseliny linolové se u všech genotypů pohybují v rozsahu, který udávají tito autoři. Vyšší rozsah obsahu kyseliny linolové popisuje Daley et al. (2010) v mase býků simenského skotu, a to 4,7 % při zkrmování jadrného krmiva a 5,4 % při pastevním výkrmu. Kyselina linolová je esenciální mastnou kyselinou a tvoří základ pro syntézu mastných kyselin skupiny n-6. Její množství významně ovlivňuje poměr n-6/n-3 mastných kyselin. Jako optimální v lidské výživě je udávána hodnota tohoto poměru na úrovni 4:1 a nižší, ideálně 2:1 nebo 1:1 (Daley et al., 2010, Candela et al., 2011). Kromě zdravotních aspektů spojovaných s obsahem PUFA Wood et al. (2003) zmiňuje korelaci mezi obsahem kyseliny linolové a barvou tuku ($r = 0,12$) a tuhostí tuku ($r = 0,22$). Zároveň popisuje vyšší náchylnost nenasycených MK k oxidaci (čím méně nasycená mastná kyselina je, tím má nižší oxidační stabilitu), což způsobuje s rostoucí dobou skladování i žluknutí tuků navazující na přeměnu oxymyoglobinu na metmyoglobin. Celkově tak dojde ke zhoršení senzorických vlastností masa, a to jak vzhledových, tak chuťových. Dle Wooda et al. (2008) je výskyt kyseliny linolové (a PUFA celkově) ve fosfolipidech tvořících buněčné membrány vyšší než v zásobním tuku, který je z 90 % tvořen triacylglycerolem.

Nejnižší podíl (0,123 %) kyseliny γ -linolenové (C18:3n6) byl zjištěn u masa býků genotypu *CC* a průkazně se odlišoval od podílu této kyseliny v mase genotypu *TT*, kde byl podíl naopak nejvyšší (0,149 %). Genotyp *CC* se také odlišoval od genotypu *CT* (0,136 %). Diference mezi genotypy *CT* a *TT* nebyla statisticky průkazná. Obdobné rozdíly pak byly zjištěny i u obsahu kyseliny α -linolenové (C18:3n3). Nejvyšší podíl byl opět zjištěn u genotypu *TT* (0,482 %) a nejnižší u genotypu *CC* (0,423 %). Obě hodnoty byly statisticky průkazně odlišné. Genotyp *CT* (0,429 %) se nelišil od genotypu *CC* ani *TT*. Průkazný rozdíl genotypu *CT* byl zjištěn v případě podílu konjugované kyseliny linolenové (CLA), tento genotyp vykazoval nejvyšší hodnotu – 0,232 %. Nelišil se od něj genotyp *TT*, kde byl zjištěn podíl 0,229 %. Průkazný rozdíl byl zjištěn mezi genotypem *CT* a *CC* (0,199 %).

Další esenciální mastnou kyselinou je výše uvedená kyselina α -linolenová, která je hlavním zástupcem skupiny omega-3 mastných kyselin (Daley et al., 2010) a spolu s CLA tvoří důležitou živinovou složku lidské stravy (Wood et al., 2008). Filipčík et al. (2015) uvádí podíl kyseliny γ -linolenové na úrovni 0,16 % a kyseliny α -linolenové na úrovni 0,61 %. Bartoň et al. (2010) pro maso býků českého strakatého skotu charakterizuje obsah kyseliny α -linolenové na úrovni 0,78 % a konjugované kyseliny linolové 0,24 %. Nižší hodnoty udává Zapletal et al. (2009), a to jak v případě kyseliny γ -linolenové (0,07 %), tak α -linolové (0,31 %). Tian et al. (2013) pro maso býků simenského skotu zmiňuje podíly kyseliny α -linolenové 0,335 % a kyseliny γ -linolenové 0,019 %. Daley et al. (2010) zmiňuje pro různé, intenzivně vykrmované, křížence masných plemen skotu obsah kyseliny α -linolenové 0,13–0,48 %. Diference mezi uváděnými hodnotami a výsledky provedených analýz u obsahu kyseliny α -linolenové, které uvádějí výše zmínění autoři, lze vysvětlit odlišností v krmné dávce. Scollan et al. (2001) popsal pozitivní vliv přídatku koncentrovaných krmiv bohatých na lipidy na obsah této kyseliny. Hodnoty obsahu kyseliny α -linolenové byly v mase a tuku kříženců plemene charolais vyšší. Orrù et al. (2011) analyzoval vztah různých polymorfismů genu pro leptin a obsahu kyseliny α -linolenové, přičemž zjistil průkazný vliv polymorfismu g.3157A>G na její obsah. Stejně tak potvrzuje i vliv polymorfismu *SCD1* na obsah této kyseliny, což by mohlo vysvětlit průkazné rozdíly mezi genotypy studovaného polymorfismu genu pro leptin. Nejvyšší hodnota kyseliny α -linolenové byla zjištěna u genotypu *TT*, což je možné vysvětlit inhibicí a regulací enzymu *SCD1*. Tian et al. (2013) zkoumal dva SNP *LEP* u čínské populace kříženců simenského skotu (E2-169T>C a E3-299T>A). Průkazné rozdíly mezi genotypy jednotlivých polymorfismů jak u kyseliny linolové, tak α -linolenové ovšem nezjistil.

Rozdíly mezi genotypy genu pro leptin nebyly zjištěny u podílu kyseliny arachidonové (C20:4n6). Nejvyšší hodnota byla zjištěna u genotypu *TT* (0,747 %), u genotypů *CT* (0,536 %) a *CC* (0,493 %) hodnoty nižší, nicméně jak je uvedeno výše, průkazná diference nebyla zjištěna ani u jednoho genotypu sledovaného polymorfismu. Naopak nejvyšší hodnota podílu kyseliny eikosapentaenové (C20:5n3) byla zjištěna také u genotypu *TT* (0,100 %) a průkazně se odlišovala od genotypu *CT* (0,051 %) i *CC* (0,038 %). Nejvyšší hodnota kyseliny dokosatetraenové (C22:4n6) byla také zjištěna u genotypu *TT* (0,132 %), rozdíl mezi genotypem *CC* (0,083 %) ovšem nebyl statisticky průkazný, v případě genotypu *CT* (0,079 %) ano.

Filipčík et al. (2015) pro tyto MK s dlouhým řetězcem v mase býků českého strakatého skotu zmiňuje hodnoty 0,40 % pro kyselinu arachidonovou, 0,10 % pro kyselinu eikosapentaenovou a 0,08 % pro kyselinu dokosatetraenovou. Bartoň et al. (2010) pro stejné mastné kyseliny udává hodnoty 0,93 % (kys. arachidonová), 0,19 % (kys. eikosapentaenová) a 0,17 % (kys. dokosatetraenová). Zapletal et al. (2009) zmiňuje nižší úroveň kyseliny dokosatetraenové (0,07 %), eikosapentaenové (0,02 %) a arachidonové (0,16 %). Orrù et al. (2011) udává v mase simenských býků poměrně vysoký podíl kyseliny arachidonové (1,896 %) a kyseliny dokosatetraenové (0,296 %), ale obdobné hodnoty pro podíl kyseliny eikosapentaenové (0,064 %). Velmi nízké hodnoty těchto kyselin v hovězím zmiňuje Williams (2007), konkrétně 0,076 % u kyseliny arachidonové a 0,031 % u kyseliny eikosapentaenové. Tian et al. (2013) pro maso býků-kříženců čínské populace simenského skotu udává hodnotu kyseliny arachidonové 0,53 %. Wood et al. (2003) popsal vliv výživy na podíl kyseliny α -linolenové (C18:3n3) a eikosapentaenové ve fosfolipidech hovězího masa. Při pastevním způsobu výkrmu byly hladiny těchto MK vyšší než při zkrmování jadrných krmiv. Zkrmováním jadrných krmiv pak dochází k navýšení hladiny kyseliny linolové (C18:2) a arachidonové (C20:4n6) jako důsledek složení krmiva, protože hladina kyseliny α -linolenové je vyšší v pícninách, zatímco ve většině ostatních krmiv je vyšší podíl kyseliny linolové. Z výše uvedených údajů vyplývá, že zjištěné podíly těchto mastných kyselin v analyzovaném mase býků českého strakatého skotu u všech genotypů genu pro leptin korespondují s hodnotami publikovanými jinými autory. Orrù et al. (2011) popsal průkazný vliv polymorfismu *LEP* g.3100C>T a g.3157A>G na podíl kyseliny eikosapentaenové (C20:5n3). Identické zjištění vyplývá z publikovaných výsledků, tedy průkazný rozdíl mezi genotypy sledovaného SNP genu pro leptin a nejvyšší podíl kyseliny eikosapentaenové v mase býků genotypu *TT*.

Nejvyšší podíl kyseliny dokosapentaenové n-6 (C22:5n6) byl zjištěn u masa býků recesivně homozygotního polymorfismu *TT*, a to na úrovni 0,095 %. Nejnižší podíl této kyseliny byl naopak zjištěn u heterozygotního polymorfismu *CT* – 0,044 % a mezi genotypy byla statisticky významná odlišnost. Podíl kyseliny dokosapentaenové n-6 u genotypu *CC* byl zjištěn na úrovni 0,055 % a průkazně se nelišil od genotypů *CT* a *TT*. Statisticky významný rozdíl mezi genotypem *TT* a *CT*, ale i *TT* a *CC* byl zjištěn u podílů kyseliny dokosapentaenové n-3 (C22:5n3). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u genotypu *TT* – 0,238 %, nižší u genotypu *CT* (0,164 %)

a nejnižší u genotypu *CC* (0,137 %). Rozdíl mezi genotypem *CC* a *CT* nebyl statisticky významný. Poslední stanovenou mastnou kyselinou je kyselina dokosahexaenová (C22:6n3). Její nejnižší podíl byl zjištěn u masa býků genotypu *CT* (0,037 %) a průkazně se lišil od genotypu *TT* (0,063 %). Rozdíl mezi genotypem *CC* (0,048 %) a ostatními genotypy nebyl statisticky průkazný.

Dle Bartoně et al. (2010) je v mase býků českého strakatého skotu podíl kyseliny dokosapentaenové n-3 0,46 % a dokosahexaenové 0,03 %. Filipčík et al. (2015) udává pro stejné plemeno mírně vyšší hodnoty, a to 0,13 % pro kyselinu dokosahexaenovou a dále 0,17 % pro kyselinu dokosapentaenovou n-3 a 0,04 % pro kyselinu dokosapentaenovou n-6. Zapletal et al. (2009) stanovil hladinu kyseliny dokosapentaenové n-3 na úrovni 0,03 %. Orrù et al. (2011) stanovil, v mase býků simenského skotu, nižší hladiny kyseliny dokosapentaenové n-3 (0,313 %) a dokosahexaenové (0,019 %). Wood et al. (2008) zmiňuje významný vliv výživy na hladiny těchto nenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem. Maso býků vykrmovaných senáží má dle něj vyšší podíl omega-3 MK, zatímco maso býků vykrmovaných koncentrovaným krmivem vyšší podíl omega-6 mastných kyselin. Orrù et al. (2011) pro jím sledované 4 SNP genu pro leptin nepotvrzuje jejich průkazný vliv na obsah těchto mastných kyselin (tedy dokosapentaenové n-3 i n-6 a kyseliny dokosahexaenové). Možný metabolický vliv sérového leptinu na oxidaci mastných kyselin v kosterní svalovině popisuje Minokoshi et al. (2002). Jedná se o zrychlené využití mastných kyselin, zpomalení jejich syntézy a vyšší míru oxidace, která stoupla 6–15násobně od normálního stavu. Leptin jako takový zabraňuje lipogenezi aktivací β -oxidace mastných kyselin v játrech a jejich vyšší utilizace zvyšuje úroveň energetického metabolismu a snižuje ukládání intramuskulárního tuku (Stern et al., 2016).

V případě souhrnných ukazatelů nebyl zjištěn rozdíl v obsahu nasycených mastných kyselin. U všech genotypů byl podíl SFA kolem 49 %, konkrétně pak 49,836 % u genotypu *CC*, 49,613 % u genotypu *CT* a 49,042 % u genotypu *TT*. Neprůkazné rozdíly mezi genotypy byly také zjištěny u podílu nenasycených mastných kyselin (MUFA), u masa býků genotypu *CC* byla zjištěna hodnota 44,935 %, obdobně u genotypu *CT* – 44,936 % a u genotypu *TT* pak 44,137 %. Statisticky významný rozdíl mezi genotypem *TT* a *CC* i *CT* byl zjištěn u podílu polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Nejvyšší hodnota byla u genotypu

TT (6,821 %), nižší hodnoty pak u zbývajících genotypů *CC* (5,229 %) a *CT* (5,424 %) mezi nimiž zjištěn průkazný rozdíl nebyl.

Filipčík et al. (2015) pro maso býků českého strakatého skotu udává podíl nasycených MK 49,34 %, monoenových MK pak 44,78 % a polynenasycených MK 5,89 %. Zapletal et al. (2009) udává mírně vyšší hodnotu pro obsah nasycených (50,81 %) a mononenasycených mastných kyselin (45,54 %), ovšem pro obsah polynenasycených mastných kyselin znižuje hodnotu nižší (3,10 %). Daley et al. (2010) pro maso simenských býků, vykrmovaných koncentrovanou krmnou směsí, udává hodnotu SFA 44,49 %. Elswyk et al. (2014) udává pro maso intenzivně vykrmovaných býků hodnoty na úrovni 37,8–48,8 % v případě nasycených mastných kyselin, pro mononenasycené mastné kyseliny pak hodnoty od 40,7 do 46,2 % a pro polynenasycené mastné kyseliny pak 2,8–4,5 %. Autory uváděné hodnoty odpovídají stanoveným hodnotám hlavních skupin mastných kyselin v analyzovaném masu býků českého strakatého skotu.

Stejně rozdíly jako v případě podílu PUFA byly zjištěny u podílu polynenasycených omega-3 (n-3) mastných kyselin, kdy nejvyšší hodnota byla zjištěna u masa býků genotypu *TT* (0,883 %). Průkazně nižší hodnoty pak byly zjištěny u genotypu *CT* (0,681 %) i *CC* (0,632 %). Částečně odlišná situace byla zjištěna u poměru omega-6 a omega-3 polynenasycených mastných kyselin (n-6/n-3). Nejvyšší poměr byl zjištěn u masa býků dominantně homozygotního genotypu *CC*, a to 6,946. Částečně nižší pak u genotypu *CT* (6,789), který se od genotypů *CC* a *TT* nelišil. Nejnižší hodnota poměru n-6/n-3 byla zjištěna u masa býků recesivně homozygotního genotypu *TT* – 6,548, který byl průkazně odlišný od genotypu *CC*. Diference mezi genotypy nebyly průkazné v případě podílu polynenasycených omega-6 (n-6) mastných kyselin, přestože nejvyšší hodnota byla zaznamenána u genotypu *TT* na úrovni 5,727 % a hodnoty nižší u genotypů *CT* (4,527 %) a *CC* (4,398 %).

Zjištěné průkazné rozdíly v případě podílu skupiny n-3 mastných kyselin odpovídají i průkazným rozdílům ve skupině PUFA, a právě skupina omega-3 mastných kyselin tvořila onen průkazný rozdíl, neboť ve skupině omega-6 mastných kyselin nebyla průkazná diference zjištěna. Přesto zjištěné hodnoty n-6 mastných kyselin neodpovídají zjištění Filipčíka et al. (2015), protože ten udává relativně nižší

hodnotu, a to 4,36 %, a pro n-3 MK pak vyšší - 1,01 %. Stejně tak znižuje i nižší poměr n-6/n-3 a to na úrovni blíží se doporučenému optimu – 4,39. Mezgebo et al. (2017) pro maso intenzivně vykrmovaných býků plemen charolais a limousine udává hodnoty 1,74 % pro n-3 a 5,04 % pro n-6 s ještě lepším poměrem n-6/n-3 na úrovni 2,80. Odlišné hodnoty popisuje Orrù et al. (2011) v mase simenských býků – pro n-3 mastné kyseliny udává hodnotu obdobnou zjištěným výsledkům, a to 0,732 %, pro n-6 pak hodnotu vyšší – 9,677 %. Ani pro jednu z výše uvedených skupinu mastných kyselin ovšem neprokázal vliv genotypů různých polymorfismů genu pro leptin.

Vlastní poměr omega-6 a omega-3 mastných kyselin je důležitý z pohledu jejich vzájemného vlivu na metabolismus mastných kyselin, protože dokáží vzájemně omezit jejich ukládání do tukové tkáně a modifikovat jejich biologický dopad (Daley et al., 2010). Z toho důvodu je právě udáván jako optimální, či minimální poměr těchto mastných kyselin, v živinách konzumovaných člověkem, 4 : 1. Vyšší poměr zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění, přesto, že omega-6 kyseliny příznivě působí na hladinu LDL (nízkodenzitní lipoprotein) cholesterolu (Candela et al., 2011).

Z toho pohledu lze považovat maso býků s recesivním genotypem (*TT*) studovaného polymorfismu *LEP* za kvalitnější z hlediska profilu mastných kyselin. Přestože je poměr n-6/n-3 relativně vyšší, než je doporučené optimum, ze všech genotypů vykázal nejnižší hodnotu a zároveň u něj byla zjištěna průkazně nejvyšší hladina omega-3 mastných kyselin.

Jako poslední byly stanoveny indexy aterogeneze a trombogeneze. Neprůkazné rozdíly byly zjištěny u obou zdravotních indexů. Přesto byly hodnoty indexů nejnižší u genotypu *TT* (1,097 IA a 1,768 IT). U genotypů *CC* a *CT* byly zjištěny hodnoty vyšší – pro IA 1,151 (*CC*) a 1,147 (*CT*), pro IT pak 1,871 (*CC*) a 1,848 (*CT*).

Z pohledu tvorby trombů (krevních sraženin) v lidském těle působí preventivně kyseliny α -linolenová, eikosapentaenová a kyselina dokosaheptaenová n-3. Prevencí před vznikem aterosklerózy je pak n-6 kyselina linolová. Jako rizikové jsou pak posuzovány kyseliny laurová, myristová a palmitová (Garaffo et al., 2011). Index aterogeneze tak vypovídá o poměru pro-aterogenních a anti-aterogenních MK, obdobně pak index trombogeneze o poměru pro-trombogenních a anti-trombogenních

MK. Nejpriznivěji, s ohledem na průkazné rozdíly v obsahu PUFA, pak lze hodnotit maso býků genotypu *TT*, kde byly oba indexy nejnižší.

6. Souhrn výsledků

Zjištěné výsledky vycházejí z cílů práce, které jsou zaměřeny na vyhodnocení vlivu genotypů pro gen leptin na vybrané kvalitativní ukazatele hovězího masa. Další částí výsledků je vyhodnocení rozdílů mezi genotypy v rámci charakteristik jatečně upravených těl analyzovaných býků českého strakatého skotu včetně vybraných morfometrických parametrů. Poslední část charakterizovala profil mastných kyselin analyzovaného masa býků českého strakatého skotu a rozdíly jednotlivých genotypů genu pro leptin. Uvedené výsledky jsou zaměřené na kvalitativní ukazatele, které jsou důležité jak pro technologické zpracování, tak i pro spotřebitele. Dále jsou popsány vlivy na kvantitativní ukazatele charakterizující jatečně upravené tělo. Gen pro leptin byl analyzován podle Buchanan et al. (2002), který sledoval polymorfismus v exonu 2 (305 SNP, C→T tranzice). Vlastní genotypizace byla provedena pomocí polymerázové řetězové reakce a restriční analýzy (PCR-RFLP). Celkem bylo genotypizováno 333 zvířat. Analyzovaný soubor býků českého strakatého skotu byl na základě výsledků této analýzy rozdělen podle jednotlivých genotypů genu pro leptin do tří skupin (*CC*, *CT*, *TT*).

Celkem bylo analyzováno 333 vzorků hovězího masa, které pocházely z býků českého strakatého skotu vykrmovaných v SKVS společností Reprogen a.s. a ZD Dřevohostice. Průměrný porážkový věk byl 604 dní a porážková hmotnost 649,4 kg. Porážka byla provedena ve třech masokombinátech – Polička, Písek a Kostelec. Na pravé polovině JUT bylo po zchlazení provedeno měření vybraných morfometrických parametrů. Po disekci jatečného těla byly stanoveny podíly loje, kostí a hlavních masitých částí. Následně byl z pravé poloviny JUT odebrán vzorek *musculus longissimus lumborum et thoracis* (nízký roštěnec) a rozdělen na dvě stejné poloviny o přibližné hmotnosti 600 g. V laboratoři bylo provedeno stanovení základního chemického složení (sušina, podíl tuku, celkového dusíku, bílkovin a popelovin) a dále profil vybraných mastných kyselin. Kvalitativní ukazatele (pH, vaznost přidané vody, síla stříhu dle Warnera a Bratzlera, barva (L^* , a^* , b^*)) byly stanoveny jak pro syrové, tak pro tepelně upravené – grilované maso a to 1 den *post mortem* a po 14 dnech zrání.

Příprava dat pro statistickou analýzu byla provedena pomocí aplikace Microsoft Excel 2016. Základní popisné statistické ukazatele byly vypočteny programem Statsoft Statistica 12 CZ. Vlastní statistická analýza byla provedena pomocí modulu GLM v programu Statsoft Statistica 12 CZ. Vyhodnocení Hardy-Weinbergovy rovnováhy sledované populace bylo provedeno χ^2 testem v témže software.

Analyzovaná populace býků českého strakatého skotu byla, v rámci sledovaného lokusu genu pro leptin, v genetické rovnováze ($P > 0,550$). Alelické frekvence byly 0,751 u alely *C* a 0,249 u alely *T*. Relativní genotypové frekvence pak dosáhly hodnot 0,577 pro genotyp *CC* (absolutně 192), a dále 0,348 pro genotyp *CT* (absolutně 116) a 0,075 pro genotyp *TT* (absolutně 25).

Vliv genotypů genu pro leptin na ukazatele jatečně upraveného těla

V rámci ukazatelů charakterizujících jatečně upravené tělo a podíly jednotlivých tkání byl zjištěn statisticky významný vliv sledovaného polymorfismu genu pro leptin a zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými genotypy. Statisticky velmi významný ($P < 0,01$) rozdíl byl zjištěn mezi genotypy *CC* a *TT* ve třídě protučnělosti. Lepšího zařídění dosáhlo JUT býků genotypu *CC* (2,193) než býků genotypu *TT* (1,962). Významné rozdíly ($P < 0,1$) mezi všemi genotypy byly zjištěny u hmotnosti teplého jatečně upraveného těla, nejvyšší hmotnost byla zjištěna u genotypu *CC* (370,6 kg), nižší u genotypu *CT* (355,2 kg) a nejnižší u genotypu *TT* (348,2 kg). U následujících ukazatelů byl zjištěn velmi významný rozdíl ($P < 0,01$) mezi genotypem *CC* a genotypy *TT* a *CT*, přičemž mezi genotypy *CT* a *TT* nebyl průkazný rozdíl. Jedná se o hmotnost pravé poloviny JUT po vychlazení, hmotnost pravé přední a zadní čtvrti po vychlazení, a dále o hmotnost masa na pravé polovině JUT a o podíl masa na pravé polovině JUT. Ve všech případech byla zjištěna vyšší hmotnost u JUT býků genotypu *CC*.

Nejnižší hmotnost kostí byla zjištěna u JUT býků genotypu *CC* (29,76 kg) a průkazně se lišila od genotypu *CT* ($P < 0,01$; 30,01 kg) a *CC* ($P < 0,05$; 30,58 kg). Podíl kostí na hmotnosti JUT byl kolem 17 % a rozdíly mezi genotypy nebyly průkazné, stejně tak jako v případě poměru masa a kostí, který dosáhl úrovně 2,75–2,76. Průkazné rozdíly ($P < 0,05$) byly zjištěny v případě genotypů *CC* a *CT*, resp. *CC* a *TT* u hmotnosti kostí jak z pravé přední, tak i zadní čtvrti. Hmotnost kostí byla nejnižší u genotypu *CC*, v případě přední čtvrti 7,084 kg, u zadní čtvrti pak

11,199 kg. Nejvyšší hmotnost byla zjištěna u genotypu *TT*, pro přední čtvrt' 7,311 kg a pro zadní čtvrt' 11,430 kg. V případě hmotnosti loje, a to jak ledvinového a pánevního, tak i oddělitelného loje, resp. podílu loje na hmotnosti pravé poloviny JUT nebyl zjištěn rozdíl mezi genotypy sledovaného polymorfismu genu pro leptin.

Průkazné rozdíly ($P < 0,01$) byly zjištěny u hmotnosti masa I. třídy mezi genotypem *CC* (55,5 kg) a *CT* (53,8 kg), genotyp *TT* (54,2 kg) se od ostatních genotypů neodlišoval. Stejný rozdíl byl zjištěn u podílu masa I. třídy z pravé přední čtvrti, kdy byl vyšší podíl zjištěn u JUT býků genotypu *CC* (14,65 %) než u JUT býků genotypu *CT* (14,11 %). Průkazný rozdíl ($P < 0,01$) byl zjištěn v případě poměru masa I. třídy pocházejícího z přední a ze zadní čtvrti pravé poloviny JUT, kdy byl zjištěn vyšší poměr u genotypu *CT* (3,28) než u genotypu *CC* (3,13).

Nejvyšší hmotnost kýty bez kosti byla zjištěna u genotypu *CC* (32,98 kg), nižší u genotypu *CT* ($P < 0,01$; 31,92 kg) a nejnižší ($P < 0,05$) na úrovni 31,47 kg u genotypu *TT*. Obdobné rozdíly byly zjištěny u hmotnosti plece bez kosti, nejvyšší hmotnost byla stanovena u genotypu *CC* (13,07 kg) a průkazně ($P < 0,01$) se lišila od genotypu *CT* (12,11 kg) a genotypu *TT* ($P < 0,05$; 12,02 kg). V případě boku s kostí byla nejvyšší hmotnost zjištěna opět u genotypu *CC* (8,74 kg) a tento se průkazně ($P < 0,01$) odlišoval od genotypu *CT* (8,10 kg). V rámci hmotnosti boku bez kosti se odlišovaly všechny genotypy mezi sebou, nejnižší hmotnost byla zjištěna u genotypu *TT* (7,12 kg), jehož hmotnost se lišila ($P < 0,05$) jak od genotypu *CT* (7,75 kg), tak od genotypu *CC* ($P < 0,01$; 8,23 kg). Průkazná diference ($P < 0,01$) byla zjištěna i mezi genotypem *CC* a *CT*. Obdobně byla zjištěna nejvyšší hmotnost žebra v rámci JUT býků genotypu *CC* (17,98 kg), která se průkazně ($P < 0,01$) lišila od hmotnosti žebra býků genotypu *CT* (17,25 kg). Diference všech genotypů ($P < 0,01$) byla zjištěna v případě kličky z pravé zadní čtvrti. Nejnižší hmotnost byla zjištěna u genotypu *TT* (3,70 kg), vyšší u genotypu *CT* (3,80 kg) a nejvyšší u genotypu *CC* (4,08 kg). Průkazný rozdíl ($P < 0,01$) byl zjištěn i v případě hmotnosti ořezu z pravé zadní čtvrti, nejnižší byl u genotypu *CC* (11,38 kg), nejvyšší pak u genotypu *CT* (11,70 kg).

V rámci morfometrických parametrů JUT býků českého strakatého skotu byly zjištěny rozdíly ($P < 0,05$) mezi genotypy *CC* (84,93 cm) a *CT* (83,97 cm) u délky kýty-1. Dále u ukazatele délka kýty-2 mezi genotypem *CC* (72,30 cm) a *CT* (71,57 cm), ale i *TT* (70,80 cm). Podobné diference pak byly zjištěny v případě plnosti

kýty mezi genotypem *CC* (46,59 cm) a *CT* (45,46 cm). Největší obvod kýty byl zjištěn u genotypu *CC* (121,45 cm) a průkazně ($P < 0,01$) se lišil od genotypu *CT* (120,16 cm) a genotypu *TT* ($P < 0,05$; 119,12 cm).

Vliv genotypů genu pro leptin na ukazatele kvality hovězího masa

Ze skupiny kvalitativních ukazatelů, které byly stanoveny v rámci provedených analýz masa býků českého strakatého skotu, byly zjištěny následující průkazné difference: podíl intramuskulárního tuku byl nejvyšší u masa býků genotypu *CT* (3,033 %) a lišil se ($P < 0,05$) od podílu intramuskulárního tuku masa býků genotypu *CC* (2,732 %). Genotyp *TT* vykázal podíl 2,994 % a nelišil se jak od genotypu *CT*, tak *CC*.

Průkazné difference ($P < 0,01$) byly zjištěny mezi genotypem *TT* a genotypy *CC* a *CT* pro ukazatele pH-1 a pH-14. V obou případech byla nejvyšší hodnota pH genotypu *TT* (5,776 jeden den *post mortem* a 5,786 po 14 dnech zrání), nižší u genotypu *CC* (5,687 jeden den *post mortem* a 5,733 po 14 dnech zrání) a nejnižší v případě genotypu *CT* (5,682 a 5,716). Obdobné rozdíly pak byly stanoveny i pro vaznost přidané vody. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u masa býků genotypu *TT* (46,414 %) a byla průkazně odlišná od genotypu *CC* ($P < 0,01$; 30,817 %) i genotypu *CT* ($P < 0,05$; 36,208 %). Po 14 dnech zrání byly difference stále průkazné. Nejvyšší vaznost přidané vody byla stanovena v mase genotypu *TT* (57,741 %) a průkazně ($P < 0,05$) se odlišovala od hodnot vaznosti masa genotypu *CT* (46,542 %) a *CC* (45,186 %). V rámci analýzy síly stříhu byl zjištěn průkazný vliv sledovaného polymorfismu pouze v případě tepelně upraveného (grilovaného) masa jeden den *post mortem*. Nejnižší hodnota síly stříhu, a tedy nejkřehčí maso bylo zjištěno u býků genotypu *TT* (18,507 kg). Zjištěná síla stříhu se průkazně ($P < 0,01$) odlišovala od hodnot síly stříhu masa býků genotypu *CT* (22,337 kg) i *CC* (23,001 kg).

Průkazné difference mezi genotypy *CC* a *TT* byly zjištěny jeden den *post mortem* v případě světlosti (L^*-1). Maso býků genotypu *TT* (34,164) bylo tmavší ($P < 0,05$) než maso býků genotypu *CC* (37,391). Světlost masa býků genotypu *CT* (36,291) se nelišila od ostatních genotypů. Po 14 dnech zrání byla zjištěna shodná difference, a to v případě ukazatele žlutosti (b^*-14). Méně žluté maso bylo u skupiny býků genotypu *TT* (5,985), žlutější u genotypu *CC* (7,283). Genotyp *CT* (7,084) se v rámci

tohoto ukazatele nelišil od ostatních genotypů. Naprosto stejný rozdíl byl zjištěn i u ukazatele Chroma-14 (tedy sytosti barvy po 14 dnech zrání). Sytější barvu mělo maso býků genotypu *CC* (10,995) než maso býků genotypu *TT* (9,482), zatímco maso býků genotypu *CT* (10,700) se průkazně nelišilo od ostatních genotypů.

Vliv genotypů genu pro leptin na profil mastných kyselin hovězího masa

Poslední část výsledků porovnávala profil vybraných mastných kyselin hovězího masa býků rozčleněných dle jednotlivých genotypů sledovaného polymorfismu genu pro leptin. Průkazný rozdíl byl zjištěn u obsahu kyseliny myristové (C14:0), nejnižší hodnota byla zjištěna u genotypu *TT* (2,280 %), vyšší u genotypu *CC* (2,560 %; $P < 0,05$) a *CT* (2,683 %, $P < 0,01$). Obdobný rozdíl byl zjištěn i u obsahu kyseliny palmitové (C16:0). Nejnižší hodnota byla opět stanovena pro genotyp *TT* (26,232 %) a tato se průkazně lišila od genotypu *CT* (27,604 %; $P < 0,05$) a *CC* (27,652 %; $P < 0,01$), kde byly hodnoty vyšší. Statisticky významná ($P < 0,05$) difference byla zjištěna v obsahu kyseliny palmitoolejové (C16:1) mezi genotypem *CT* (3,071 %) a *TT* (2,691 %), u kterého byl zjištěn nejnižší podíl této mastné kyseliny.

V rámci skupiny polynenasycených mastných kyselin bylo zjištěno několik rozdílů mezi genotypy genu pro leptin. Podíly kyseliny linolové (C18:2n6c) byly průkazně odlišné. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u genotypu *TT* (4,391 %) a nižší pak u genotypů *CT* (3,483 %; $P < 0,05$) i *CC* (3,426 %; $P < 0,05$). Nejvyšší obsah souhrnné hodnoty kyseliny linolelaidové (C18:2n6t) a linolové (C18:2n6c) byl zjištěn u masa genotypu *TT* (4,621 %) a difference byly stejné, jako v případě kyseliny linolové, tj. průkazný rozdíl mezi genotypem *TT* a *CT* (3,729 %), resp. *TT* a *CC* (3,666 %). Procento kyseliny γ -linolenové (C18:3n6) bylo nejvyšší v mase býků genotypu *TT* (0,149 %) a průkazně bylo vyšší při porovnání s masem býků genotypu *CC* (0,123 %; $P < 0,01$). U genotypu *CC* byla zjištěna nejnižší hodnota a statisticky významně ($P < 0,05$) se lišila od genotypu *CT* (0,136 %). Neprůkazný rozdíl byl pak zjištěn mezi genotypem *TT* a *CT*. Podíl esenciální mastné kyseliny α -linolenové (C18:3n3) byl nejvyšší u genotypu *TT* (0,482 %) a statisticky významně se odlišoval od hodnot zjištěných u genotypu *CC* (0,423 %), přičemž podíl u genotypu *CT* (0,429 %) nebyl průkazně odlišný od ostatních genotypů. Nejvyšší hladina konjugované kyseliny linolové (CLA, C18:2n9) byla zjištěna v mase býků genotypu *CT* (0,232 %),

ovšem statisticky významná diference ($P < 0,01$) byla potvrzena jen v případě genotypu *CC*, kde hladina CLA byla 0,199 %. U genotypu *TT* byla zjištěna hladina vyšší, a to 0,229 %, přičemž se tento genotyp nelišil jak od genotypu *CT*, tak *CC*.

Ze skupiny polynenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem byla zjištěna průkazně nejvyšší hodnota kyseliny eikosapentaenové ($C_{20:5n3}$) v mase býků genotypu *TT* (0,100 %). Téměř poloviční hodnota byla zjištěna v mase býků genotypu *CT* (0,051 %; $P < 0,05$) a přibližně třetinová hodnota v mase býků genotypu *CC* (0,038 %; $P < 0,01$). Dále byla zjištěna nejvyšší hodnota kyseliny dokosatetraenové ($C_{22:4n6}$) u genotypu *TT* (0,132 %) a byla průkazně ($P < 0,05$) odlišná od hladiny stanovené v mase býků genotypu *CT* (0,079 %). Podíl kyseliny dokosatetraenové byl u genotypu *CC* 0,083 % a nelišil se od genotypu *CT* ani *TT*. Shodné rozdíly byly zjištěny i u podílu kyseliny dokosapentaenové n-6 ($C_{22:5n6}$). Nejvyšší hladina byla stanovena v mase býků genotypu *TT* (0,095 %) a nejnižší u genotypu *CT* (0,044 %). Podíl kyseliny dokosapentaenové n-6 v mase býků genotypu *CC* (0,055 %) se od ostatních genotypů nelišil. Stejně tak nebyl odlišný podíl kyseliny dokosahexaenové ($C_{22:6n3}$) v případě genotypu *CC* (0,048 %) od genotypu *TT* a *CT*. Průkazný rozdíl byl stanoven ($P < 0,05$), stejně jako v předchozích případech, mezi genotypem *TT* (0,063 %) a *CT* (0,037 %). Nejvyšší hladina kyseliny dokosapentaenové n-3 ($C_{22:5n3}$) byla zjištěna v mase býků genotypu *TT* (0,238 %), průkazně nižší ($P < 0,05$) hladiny byly zjištěny u genotypu *CT* (0,164 %) a *CC* (0,137 %).

Ze souhrnných ukazatelů mastných kyselin byl zjištěn vliv polymorfismu genu pro leptin na podíl PUFA. Nejvyšší hladina PUFA byla zjištěna u genotypu *TT* (6,821 %) a byla statisticky významně vyšší ($P < 0,05$) než u masa býků genotypu *CT* (5,424 %) a *CC* (5,229 %). Stejná diference byla zjištěna i v obsahu omega-3 mastných kyselin, nejvyšší hladina n-3 mastných kyselin byla stanovena v mase býků genotypu *TT* (0,883 %). U genotypů *CT* (0,681 %) a *CC* (0,632 %) byly hladiny těchto mastných kyselin statisticky průkazně nižší ($P < 0,05$). Nejvyšší a nejméně optimální ze zdravotního hlediska byl poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin v mase býků genotypu *CC* (6,946). Nejnižší a průkazně odlišný ($P < 0,05$) poměr byl zjištěn v mase býků genotypu *TT* (6,548). Poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin byl v mase býků genotypu *CT* 6,789, ovšem statisticky významná diference mezi genotypem *CT* a *TT*, resp. *CC*, nebyla potvrzena.

7. Závěr

V předkládané práci byl analyzován soubor 333 býků českého strakatého skotu z hlediska ukazatelů jatečné hodnoty. Výkrm býků probíhal za standardních podmínek na stanici kontroly výkrmnosti skotu. Krmná dávka byla složena tak, aby zajišťovala průměrný denní přírůstek na úrovni 1300 g. Podklady byly získány za roky 2009 až 2013.

Uvedené výsledky prokázaly, že sledovaný polymorfismus *LEP* ovlivňuje nejen v literatuře zmiňovaný energetický metabolismus a růst, ale i kvalitativní ukazatele hovězího masa a částečně i profil mastných kyselin intramuskulárního tuku. Vlastní průkazná zjištění je možné rozčlenit dle jednotlivých cílů.

1. *Cíl: Vyhodnotit vliv jednotlivých genotypů leptinového genu na vybrané kvalitativní ukazatele hovězího masa a popsat rozdíly kvalitativních ukazatelů v rámci jednotlivých genotypů.*

Z technologického hlediska je významná hodnota pH, která rozhoduje o údržnosti masa. Technologicky důležitou vlastností je také vaznost, která charakterizuje možné hmotnostní ztráty během chlazení masa po porážce, ale i vaznost přidané vody, která určuje možnost využití hovězího masa při výrobě masných výrobků. Provedené analýzy prokázaly vliv genotypů *LEP* na hodnoty pH jak jeden den *post mortem*, tak po 14 dnech zrání, přičemž maso ani jednoho sledovaného genotypu nevykazovalo jakostní odchylku DFD a nemělo tedy sníženou údržnost. Vyšší hodnoty pH pak pozitivně ovlivnily vaznost přidané vody jeden den *post mortem* i po 14 dnech zrání. Vaznost přidané vody byla v rámci sledovaných genotypů nejvyšší u genotypu *TT* a takové maso je tedy nejvhodnější k využití v masných výrobcích.

Ze spotřebitelského hlediska jsou důležité především organoleptické vlastnosti. Přestože je možné provádět objektivní senzorkou analýzu, nelze takto hodnotit veškeré prodávané hovězí maso. Nejdůležitější spotřebitelské vlastnosti, tedy chuť a křehkost či šťavnatost je možné hodnotit až po tepelné úpravě a při nákupu se spotřebitel může rozhodovat pouze podle zraku. Přestože je tmavé maso často označováno jako maso horší kvality, pocházející ze starých a vyřazených zvířat, provedená analýza zjistila vliv genotypů *LEP* na světlost (L^*) 1 den *post mortem*,

přičemž nejtmaší maso býků genotypu *TT* bylo zároveň po tepelné úpravě křehčí. Po 14 dnech zrání v kontrolovaných podmínkách ovšem byla síla stříhu masa srovnatelná mezi všemi genotypy, a to jak v případě masa syrového, tak masa tepelně upraveného (grilovaného). Průkazný vliv genotypů studovaného polymorfismu *LEP* byl u vyzrálého masa zjištěn u ukazatele charakterizující podíl žlutého spektra a dále celkové barevné sytosti (chroma). Nejvyšší hodnoty, a tedy sytější barvy masa, byly zjištěny v případě genotypu *CC*. Ze skupiny ukazatelů chemického složení byl zjištěn průkazný vliv polymorfismu *LEP* na podíl intramuskulárního tuku v analyzovaném hověším mase pocházejícím z heterozygotních jedinců. Zároveň nejnižší, ale ještě uspokojivý podíl intramuskulárního tuku byl zjištěn v mase dominantně homozygotních jedinců. Intramuskulární tuk bývá často označován jako nositel šťavnatosti a zároveň křehkosti hovězího masa.

2. Cíl: Určit rozdíl mezi jednotlivými genotypy genu pro leptin v rámci podílů hlavních masitých částí a morfometrických parametrů jatečně upraveného těla.

Pro chovatele vykrmovaných zvířat je nejdůležitější růstová schopnost zvířat, dobrá konverze krmiva a vynikající ukazatele jatečné hodnoty, především zmasilost a protučnělost, které jsou spolu s hmotností rozhodujícími faktory při zpeněžování jatečných zvířat. Provedená analýza prokázala, že genotypy studovaného polymorfismu *LEP* ovlivňují hmotnost jatečně upraveného těla a následně další ukazatele, které jsou významně ovlivněny celkovou hmotností JUT (např. hmotnost pravé poloviny JUT, hmotnost masa či hmotnosti jednotlivých hlavních masitých částí JUT jako kýta bez kosti, plec bez kosti atd.). Nejpříznivější hmotnost jatečně upraveného těla a dalších ukazatelů charakterizujících podíl jednotlivých tkání a masitých částí byla zjištěna u dominantně homozygotního genotypu (*CC*) genu pro leptin. V případě nejhodnotnějších partií, tedy svíčkové a roštěnce nebyl prokázán vliv genotypů *LEP* na hmotnost těchto částí jatečně upraveného těla a z tohoto pohledu nelze hodnotit jednotlivé genotypy jako horší či lepší.

Na druhou stranu je nutné zmínit, že vyšší hmotnost jatečných těl (a dalších ukazatelů charakterizujících části JUT) byla spojena s genotypem, u kterého byl zjištěn i nejnižší podíl intramuskulárního tuku. Zde dochází ke střetu chovatelských a, v jistém ohledu, i spotřebitelských požadavků. Ideální východisko představuje

prodej masa býků, recesivně homozygotního genotypu (*TT*) přímo chovatelem, což je trend posledních let, především v chovech masných plemen skotu. Chovatel tak má možnost spotřebitele přesvědčit o kvalitách nabízeného produktu a zároveň může získat, i přes mírně nižší hmotnost jatečně upraveného těla býků recesivního genotypu, stejné nebo vyšší finanční ohodnocení.

3. *Cíl: Stanovit difference mezi sledovanými genotypy genu pro leptin v obsahu vybraných mastných kyselin a indexů mastných kyselin.*

V neposlední řadě byl prokázán vliv genotypů *LEP* na profil mastných kyselin, přičemž nejlépe lze hodnotit maso býků recesivního genotypu *TT*, kde byl zjištěn nejvyšší podíl polynenasycených mastných kyselin, omega-3 mastných kyselin a nejnižší poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin. Omega-3 mastné kyseliny jsou často zmiňovány jako faktor, který výrazně snižuje vznik kardiovaskulárních onemocnění a nižší poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin tak příznivěji působí na lidské zdraví. Maso býků genotypu *TT* tak představuje vhodnější složku lidské stravy s lepším profilem mastných kyselin.

Tento faktor, spolu s výbornými sensorickými vlastnostmi hovězího masa domácí provenience, může zpomalit dlouhodobější tuzemský trend poklesu celkové spotřeby masa a pokles podílu hovězího masa v celkové spotřebě. Kromě ekonomických faktorů na pokles spotřeby hovězího masa mohou negativně působit i studie zaměřené na vliv konzumace červeného masa na rozvoj karcinomu tlustého střeva a médií zveřejňované články charakterizující Českou republiku jako rizikovou zemi s vysokou konzumací masa, masných výrobků a jedním z nejvyšších výskytů tohoto onemocnění.

Výsledek provedené molekulárně genetické analýzy lze, při spojení s dalšími lokusy kandidátních genů ovlivňujících kvalitativní ukazatele hovězího masa, použít v plemenářské práci. Základní využití je při sestavování přípařovacích plánů zaměřených na produkci kvalitních plemenných zvířat se zdůrazněním vyšších kvalitativních standardů produkovaného masa. Nutné je ovšem přihlídnout k užitkovému typu českého strakatého skotu. Proto nesmí být opomenuta stránka

mléčné užitkovosti a ukazatelů fitness, zdraví zvířat, které jsou zahrnuty do souhrnného selekčního indexu. Dále je nutné zdůraznit, že i přes pokrok, který selekce na základě markerů poskytuje, je třeba dodržovat základní zootechnická opatření při sestavování vykrmovaných skupin a podávat kvalitní krmnou dávku optimálního živinového složení, čímž dojde k maximálnímu využití genetického potenciálu zvířat. V neposlední řadě pak kvalita výsledného produktu, hovězího masa, závisí na vlastním předporážkovém zacházení, které výrazně ovlivní jeho kvalitu a tím i možnost jeho finálního zpeněžení.

8. Seznam použité literatury

- Adzitey F., Nurul H. (2011): Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. *International Food Research Journal*. 18: 11-20.
- Ahnström M.L. et al. (2012): Effects of pelvic suspension of beef carcasses on quality and physical traits of five muscles from four gender–age groups. *Meat Science*, 90(3): 528-535.
- Aiston S., Agius L. (1999): Leptin enhances glycogen storage in hepatocytes by inhibition of phosphorylase and exerts an additive effect with insulin. *Diabetes*, 48(1): 15-20.
- Allais S. et al. (2010): The two mutations, Q204X and nt821, of the myostatin gene affect carcass and meat quality in young heterozygous bulls of French beef breeds. *Journal of Animal Science*, 88(2): 446-454.
- American Meat Science Association (AMSA) (2012): AMSA Meat Color Measurement Guidelines. Dostupné z: http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/Hot-Topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf?sfvrsn=0 (cit. 01-05-2017).
- Anton I. et al. (2011): Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary. *Meat Science*, 135(2-3): 300-303.
- Apaoblaza A. et al. (2016): Grass fed or DFD? In: *Proceedings of ADSA-ASAS 2016 Midwest Meeting: Growth, Development, Muscle Biology and Meat Science*, Des Moines, Iowa, USA. 15th March 2016, p. 318-319.
- Arnold H. et al. (2001): Review of myostatin history, physiology and applications. *Int. Arch. Biosci*, 1: 1014-1022.
- Avilés C. et al. (2013): Association of single nucleotide polymorphisms in CAPN1 and CAST genes with beef tenderness from Spanish commercial feedlots. *Czech Journal of Animal Science*, 58(10): 479-487.
- Avilés C. et al. (2015): Association between functional candidate genes and organoleptic meat traits in intensively-fed beef. *Meat Science*, 107: 33-38.
- Bartoň L. et al. (2007): Performance and carcass quality of Czech Fleckvieh, Charolais and Charolais × Czech Fleckvieh bulls fed diets based on different types of silages. *Czech Journal of Animal Science*, 52(9): 269-276.
- Bartoň L. et al. (2010): The polymorphisms of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and sterol regulatory element binding protein-1 (SREBP-1) genes and their association with the fatty acid profile of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls. *Meat Science*, 85(1): 15-20.

- Bartoň L. et al. (2010b): Meat quality and fatty acid profile of the musculus longissimus lumborum in Czech Fleckvieh, Charolais and Charolais × Czech Fleckvieh bulls fed different types of silages. *Czech Journal of Animal Science*, 55(11): 479-487.
- Bartoň L. et al. (2014): Učební texty pro školení klasifikátorů jatečných těl skotu (SEUROP) [online]. Výzkumný ústav živočišné výroby Praha Uhřetěves [cit. 2017-03-21]. Dostupné z http://www.vuzv.cz/sites/File/SKOT/skriptaZK_2014.pdf
- Basinas I. et al. (2015): A comprehensive review of levels and determinants of personal exposure to dust and endotoxin in livestock farming. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 25:123-127.
- Beneš K. et al. (2013): The Relationship between slaughter age and beef quality traits. In: 8th International Conference of Journal of Central European Agriculture, Nitra, Slovak Republic, 20-22 November, p. 43.
- Beneš K. et al. (2014): Vliv zrání na kvalitu hovězího masa. In: *Zootechnika 201*, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská Fakulta, s. 68-75. ISBN 978-80-7394-454-4.
- Bennet G.L. et al. (2014): Selection Enhanced Estimates of μ -Calpain, Calpastatin, and Dacylglycerol. In: 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, BC, Canada. 18th August 2014, p. 232.
- Bezdíček J. et al. (2010): Relationships of sire breeding values and cutting parts of progeny in Czech Fleckvieh bulls. *Archiv Tierzucht*, 53(4): 415-425.
- Brandt M. M. et al. (2007): Serum hormone concentrations relative to carcass composition of a random allotment of commercial-fed beef cattle. *Journal of Animal Science*, 85: 267-275.
- Buchanan F.C. et al. (2002): Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetics Selection Evolution*, 34, 105-116.
- Buchanan F.C. et al. (2007): The leptin arg25cys affects performance, carcass traits and serum leptin concentrations in beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 87: 153-156.
- Candela C.G. et al. (2011): Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutrición Hospitalaria*, 26(2): 323-329.
- Castro S. et al. (2016): Association of single nucleotide polymorphism in CAPN1, and CAST and MB genes with meat color of Brahman and crossbreed cattle. *Meat Science*, 117: 44-49.
- Claus J.R., Sørheim O. (2006): Preserving pre-rigor meat functionality for beef patty Production. *Meat Science*, 73(2): 287-294.

- Corbin C.H. et al. (2015): Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Science*, 100: 24-31.
- Correia B.R. et al. (2016): Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. *Meat Science*, 118: 157-163.
- Craigie C.R. et al. (2012): A review of the development and use of video image analysis (VIA) for beef carcass evaluation as an alternative to the current EUROP system and other subjective systems. *Meat Science*, 92(4): 307-318.
- Crichton S.O.J. et al. (2017): High pH thresholding of beef with VNIR hyperspectral imaging. *Meat Science*, 134: 14-17.
- Čítek J. et al. (2015): Genetické markery pro kvalitu masa a mléka. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 29 s. ISBN 9788073942540.
- ČSN 570185 (1963): Zkoušení masa, masných výrobků a masných konzerv a hotových jídel v konzervách. Chemické a fyzikální metody. Praha: Český normalizační institut, 24 s.
- ČSN 576510 (1971): Hovězí maso pro výsek. Norma jakosti. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření. 8 s.
- Daix M. et al. (2008): Relationship between leptin content, metabolic hormones and fat deposition in three cattle breeds. *The Veterinary Journal*, 177(2): 273-278.
- Daley C.A. et al. (2010): A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutritional Journal* 9:10.
- Delavaud C. et al. (2000): Plasma leptin determination in ruminants: effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by a specific RIA in sheep. *Journal of Endocrinology*, 165(2): 519-526.
- Destefanis G. et al. (2008): Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*, 78(3): 153-156.
- Dikeman M., Devine C. (2014): *Encyclopedia of Meat Sciences*. London: Academic Press, 1712 p. ISBN 9780123847348.
- Dračková E. et al. (2012): Asociace mezi ukazateli kvality masa a genotypem pro leptin u býků Českého strakatého skotu. In: Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat, Brno, 12. září, s. 94-98. ISBN 978-80-7375-645-1.
- Dračková E. et al. (2016): The effect of genotype (purebred Czech Fleckvieh and their crosses) on some beef quality characteristics in bulls. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 64: 769-773.
- Duckett S.K. et al. (2013): Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 91(3): 1454-1467.

- Egea M. et al. (2015): Pre-slaughter administration of glycerol as carbohydrate precursor and osmotic agent to improve carcass and beef quality. *Livestock Science*, 182: 1-7.
- Ekerljung M. et al. (2012): Associations between candidate SNPs in the calpain 1, calpastatin and leptin genes and meat tenderness among Swedish beef populations. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 62(3): 114-119.
- Elswyk van M.E., McNeill S.H. (2014): Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. *Meat Science*, 96(1): 535-540.
- Filipčík R. et al. (2006): Biological characteristics that influence the SEUROP system classification for Czech fleckvieh and Holstein bull carcasses. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 54(2): 31-40.
- Filipčík R. (2007): Vyhodnocení působnosti biologických faktorů na kvalitu jatečně upraveného těla skotu a jakostní parametry hovězího masa. *Disertační práce, Mendelova univerzita v Brně, Brno*, 200 s.
- Filipčík R. et al. (2008): Vliv kategorie skotu na jakostní parametry jatečně upraveného těla. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 56(5): 45-50.
- Filipčík R. et al. (2009): The factors influencing beef quality in bulls, heifers and steers. *Slovak J. Anim. Sci*, 42(2): 54-61.
- Filipčík R. et al. (2012): Vliv hmotnosti jatečně upraveného těla býků českého strakatého skotu na kvalitu hovězího masa. In: *Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat*, Brno, 12. září, s. 120-124. ISBN 978-80-7375-645-1.
- Filipčík R. et al. (2013): The effect of leptin gene on beef efficiency of Czech Fleckvieh cattle. *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems* 9(3), 6-11.
- Filipčík R. et al. (2015): Comparison of the carcass and beef quality of the Czech Fleckvieh bulls with genotype TT and CT for leptin and bulls of Galloway and Charolais breeds. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 63(1): 29-37.
- Foote A.P. (2015): Relationship of leptin concentrations with feed intake, growth, and efficiency in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 93(9): 4401-4407.
- Foote A.P. et al. (2016): Leptin concentrations in finishing beef steers and heifers and their association with dry matter intake, average daily gain, feed efficiency, and body composition. *Domestic Animal Endocrinology*, 55: 136-141.
- Garaffo M.A. et al. (2011): Fatty Acids Profile, Atherogenic (IA) and Thrombogenic (IT) Health Lipid Indices, of Raw Roe of Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) and Their Salted Product “Bottarga”. *Food and Nutrition Science*, 2(7): 736-743.
- Geary T.W. et al. (2003): Leptin as a predictor of carcass composition in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81(1): 1-8.

- Ghasemi A., Zahediasl S. (2012): Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2): 486-489.
- Goňi M.V. et al. (2007): Predicting longissimus dorsi texture characteristics in beef based on early post-mortem colour measurements. *Meat Science*, 76(1): 38-45.
- Gorlov I.F. et al. (2014): Polymorphism of bGH, RORC, and DGAT1 Genes in Russian Beef Cattle Breeds. *Russian Journal of Genetics*, 50(12): 1302-1307.
- Grau R., Hamm R. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Flechwirtschaft*, 4: 295-297.
- Hanzelková Š. et al. (2011): The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Veterinaria Brno*, 80(2): 191-196.
- Hering P. et al. (2005): 100 let kontroly mléčné užitkovosti skotu v Čechách, na Moravě a ve Slezsku 1905-2005. Praha: Českomoravská společnost chovatelů, 107 s. ISBN 9788023954814.
- Hocquette J.F. et al. (2014): Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Science*, 97(3): 316-322.
- Hopkins D.L. et al. (2014): The effect of pH decline rate on the meat and eating quality of beef carcasses. *Animal Production Science*, 54: 407-413.
- Houseknecht K.L. et al. (1998): The biology of leptin: a review. *Journal of Animal Science*, 76(5): 1405-1420.
- Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. (2005): Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1): 194-204.
- Hughes J.M. et al. (2014): A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3): 520-532.
- Huuskonen A. (2009): The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Livestock Science*, 122(1): 53-62.
- Hwang Y.H. et al. (2010): The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science*, 86(2): 456-461.
- Chillard Y. et al. (2001): Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland and regulation of plasma concentration. *Domestic Animal Endocrinology*, 21(4): 271-295.
- Chillard Y. et al. (2005): Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic Animal Endocrinology*, 29(1): 3-22.

- Chládek G. et al. (2005): A comparison of carcass proportions in Czech Pied and Montbeliarde bulls with a high carcass weight. *Czech Journal of Animal Science*, 50(3): 109-115.
- Iida F. et al. (2015): Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese Black steers. *Animal Science Journal*, 86(7): 707-715.
- Ingr I. (1977): *Technologie živočišných výrobků II: Návody do cvičení*. Praha: SNP, 100 s.
- Ingr. I (2003): *Produkce a zpracování masa*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 202 s. ISBN 80-715-7719-7.
- Jeleníková J. et al. (2008): The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*, 80(3): 870-874.
- Joo S.T. et al. (2013): Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95(4): 828-836.
- Juárez M. et al. (2016): Relative contribution of electrical stimulation to beef tenderness compared to other production factors. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(2): 104-107.
- Kadečka J., Rozman J. (2006): *Chov skotu v proměnných časech v Čechách: se zaměřením na severovýchodní Čechy*. Hradec Králové: Chovservis a.s., 124 s. ISBN 8025402940.
- Kahn L., Cottle D. (2014): *Beef Cattle Production and Trade*. Collingwood: Csiro Publishing, 574 p. ISBN 9780643109889.
- Kaplanová K. et al. (2009): Association of single nucleotide polymorphisms in TG, LEP and TFAM genes with carcass traits in cross-breed cattle. In: *Mendel Net Agro*, 25. listopadu, Brno, s. 647-651. ISBN 9788073753528.
- Kaplanová K. et al. (2013): The association of CAPN1, CAST, SCD, and FASN polymorphisms with beef quality traits in commercial crossbred cattle in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 58(11): 489-496.
- Kawaguchi F. et al. (2017): Identification of leptin gene polymorphisms associated with carcass traits and fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal*, 88(3): 433-438.
- Keady T.W.J. et al. (2007): Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Animal*, 1(4): 613-623.
- Kean M.G., Allen P. (1998): Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science*, 56(3): 203-214.
- Kelava N. et al. (2013): Effect of TG and DGAT1 polymorphisms on beef carcass traits and fatty acid profile. *Acta Veterinaria*, 63(1): 89-99.

- Kemp C.M. et al. (2010): Tenderness – An enzymatic view. *Meat Science*, 84(2): 248-256.
- Kern S.A. et al. (2014): The influence of growth stage on carcass composition and factors associated with marbling development in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 92(11): 5275-5284.
- Kerry J., Ledward D. (2002): *Meat processing: improving quality*. Cambridge: Woodhead Publishing, 464 p. ISBN 978-185-5735-835.
- Kim Y.H.B. et al. (2013): Effect of low voltage electrical stimulation on protein and quality changes in bovine muscles during postmortem ageing. *Meat Science*, 94(3): 289-296.
- Knoll A., Vykoukalová Z. (2012): Genetické markery pro šlechtění na efektivní produkci kvalitního masa u skotu. In: *Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat*, Brno, 12. září, s. 19-25. ISBN 978-80-7375-645-1.
- Komprda et al. (2005): Arachidonic acid and long-chain n-3 polyunsaturated fatty acid contents in meat of selected poultry and fish species in relation dietary fat sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17): 6804-6812.
- Kononoff P.J. et al. (2005): The effect of a leptin single nucleotide polymorphism on quality grade, yield grade, and carcass weight of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 83(4): 927-932.
- Koolman J., Roehm K.E. (2012): *Color atlas of biochemistry 3rd edition*. Stuttgart: Thieme, 494 p. ISBN 978-3131003737.
- Kučera J. (2011): Genomická selekce. *Zpravodaj Svazu chovatelů a plemenné knihy českého strakatého skotu*, 3, 7-8.
- Kvapilík J. et al. (2016): *Ročenka-Chov skotu v České republice: Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2015*. Praha: Českomoravská společnost chovatelů, Svaz chovatelů českého strakatého skotu, Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, Český svaz chovatelů masného skotu, 96 s.
- Lawrence T.E. et al. (2001): Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Science*, 58(3): 239-246.
- Lawrie R.A., Ledward D.A. (2006): *Lawrie's meat science 7th ed*. CRC Press, Boca Raton, 442 p. ISBN 9781845691592.
- Lee S. J. (2004): Regulation of muscle mass by myostatin. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 20(1): 61-86.
- Lee S.H. et al. (2014): Mutations in calpastatin and μ -calpain are associated with meat tenderness, flavor and juiciness in Hanwoo (Korean cattle): Molecular modeling of the effects of substitutions in the calpastatin/ μ -calpain complex. *Meat Science*, 96(4): 1501-1508.

- Li C. et al. (2006): Effects of Marbling on Meat Quality Characteristics and Intramuscular Connective Tissue of Beef Longissimus Muscle. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 19(12): 1799-1808.
- Li X. et al. (2013): Association of polymorphisms at DGAT1, leptin, SCD1, CAPN1 and CAST genes with color, marbling and water holding capacity in meat from beef cattle populations in Sweden. *Meat Science*, 94(2): 153-158.
- Liang R.R. et al. (2016): Tenderness and sensory attributes of the longissimus lumborum muscles with different quality grades from Chinese fattened yellow crossbred steers. *Meat Science*, 112: 52-57.
- Lines D.S. et al. (2009): Limousin myostatin F94L variant affects semitendinosus tenderness. *Meat Science*, 81(1): 126-131.
- Little T.D. (2013): *The Oxford Handbook of Quantitative Methods, Vol. 2: Statistical Analysis*. New York: Oxford University Press, 784 p. ISBN 9780199934904.
- Lobo-Jr. A.R. et al. (2012): Interaction of dietary vitamin D3 and sunlight exposure on B. indicus cattle: Animal performance, carcass traits, and meat quality. *Livestock Science*, 145(1-3): 196-204.
- Lomiwes D. et al. (2014): The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH. *Meat Science*, 96(1): 646-651.
- Mancini R.A., Ramanathan R. (2014): Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in beef. *Meat Science*, 98(1): 65-70.
- Mao Y. et al. (2016): Beef quality with different intramuscular fat content and proteomic analysis using isobaric tag for relative and absolute quantitation of differentially expressed proteins. *Meat Science*, 118: 96-102.
- Mazzucco J.P. et al. (2016): Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Science*, 114: 121-129.
- Mezgebo G.B. et al. (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.
- Minokoshi Y. et al. (2002): Leptin stimulates fatty-acid oxidation by activating AMP-activated protein kinase. *Nature*, 415: 339-343.
- Modzelewska-Kapituła M., Nogalski Z. (2014): Effect of gender on collagen profile and tenderness of infraspinatus and semimembranosus muscles of Polish Holstein-Friesian x Limousine crossbred cattle. *Livestock Science*, 167: 417-424.
- Modzelewska-Kapituła M. et al. (2015): Water holding capacity and collagen profile of bovine m. infraspinatus during postmortem ageing. *Meat Science*, 100: 209-216.
- Moletta J.L. et al. (2014): Carcass and meat characteristics of steers or bulls, finished in feedlot and fed with diets containing three levels of concentrate. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, 35(2): 1035-1049.

- Muchenje V. et al. (2009): Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Science*, 81(4): 653-657.
- Mullen M.P. et al. (2013): Development of a custom SNP chip for dairy and beef cattle breeding, parentage and research. *Interbull Bulletin*, 47: 58-66.
- Myers M.G. et al. (2008): Mechanisms of Leptin Action and Leptin Resistance. *Annual Review of Physiology*, 70: 537-556.
- Národní referenční středisko uchování a využití genetických zdrojů hospodářských zvířat (2013): Metodika chovu: Český strakatý skot. Online, cit. 2016-11-01. Dostupné z: http://www.genetickezdroje.cz/sites/File/metodika/Metodika_SkotStrakaty.pdf
- Němcová K. et al. (2010): Vliv zvolených faktorů na sílu svalových vláken podle pohlavní příslušnosti jatečného skotu. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 58 (5): 289-298.
- Nkrumah J.D. et al. (2004): Association of a single nucleotide polymorphism in the bovine leptin gene with feed intake, feed efficiency, growth, feeding behaviour, carcass quality and body composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 84: 211-219.
- Nkrumah J.D. et al. (2007): Genetic and phenotypic relationships of serum leptin concentration with performance, efficiency of gain, and carcass merit of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85: 2147-2155.
- Nogalski Z. et al. (2017): Estimation of the intramuscular fat content of m. longissimus thoracis in crossbred beef cattle based on live animal measurements. *Meat Science*, 125: 121-127.
- Nollet L.M. et al. (2007): Handbook of meat, poultry and seafood quality. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing, 719 p. ISBN 9780813824468.
- Nubiato K.E.Z. et al. (2016): Classifying of Nellore cattle beef on Normal and DFD applying a non conventional technique. *Infrared Physics & Technology*, 78: 195-199.
- Oh D. et al. (2013): Fatty acid composition of beef is associated with exonic nucleotide variants of the gene encoding FASN. *Molecular Biology Reports*, 39(4): 4083-4090.
- Oliver A. et al. (2010): Predicting meat yields and commercial meat cuts from carcasses of young bulls of Spanish breeds by the SEUROP method and an image analysis system. *Meat Science*, 84(4): 628-633.
- Orrù L. et al. (2011): Association analyses of single nucleotide polymorphisms in the LEP and SCD1 genes on the fatty acid profile of muscle fat in Simmental bulls. *Meat Science*, 87: 344-348.
- Osborne J.W. (2010): Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 15(12): 1-9.

- Page J.K. et al. (2001): A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79:678-687.
- Pannier L. et al. (2010): Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred *Bos taurus* cattle. *Meat Science*, 85(3): 515-518.
- Pavlík A. et al. (2013a): A study of single nucleotide polymorphism of leptin gene effect on serum copper, zinc and iron concentrations in Czech Pied bulls. *Acta Veterinaria Brno*, 82: 259-263.
- Pavlík A. et al. (2013b): Effect of missense mutation of leptin gene on serum leptin concentration and some blood metabolic parameters in Czech Pied bulls. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(6): 1425-1430.
- Pérez-Linares C. et al. (2015): The effect of changing the pre-slaughter handling on bovine cattle DFD meat. *Revista MVZ Córdoba*, 20(3): 4688-4697.
- Pinto L.F.B. et al. (2011): Single nucleotide polymorphisms in CAPN and leptin genes associated with meat color and tenderness in Nellore cattle. *Genetics and Molecular Research*, 10(3): 2057-2064.
- Pipek P., Jirotková D. (2001): Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 136 s. ISBN 80-704-0490-6.
- Pouzo L.B. et al. (2016): Antioxidant status, lipid and color stability of aged beef from grazing steers supplemented with corn grain and increasing levels of flaxseed. *Meat Science*, 111: 1-8.
- Prýmas L. (2015): Co přináší společný výpočet plemenných hodnot? Online, cit. 2016-12-15. Dostupné z: <http://naschov.cz/co-prinasi-spolecny-vypocet-plemennyh-hodnot/>
- Przybylski W., Hopkins D. (2015): *Meat Quality: Genetic and Environmental Factors*. London: CRC Press, 472 p. ISBN 9781482220315.
- Razali N.M., Wah Y.B. (2011): Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analysis*, 2(1): 21-33.
- Realini C.E. et al. (2004): Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3): 567-577.
- Reis M.M., Rosenvold K. (2014): Early on-line classification of beef carcasses based on ultimate pH by near infrared spectroscopy. *Meat Science*, 96(2): 862-869.
- Riggs P.K., Vaughn R.K. (2015): DNA markers for beef tenderness in cattle. United States Patent Application Publication, US2015/0344952 A1, 49 p.

- Rios-Mera J.D. et al. (2017): Effect of ultimate pH and ageing on thermal denaturation of bovine muscle proteins. *Meat Science*, 131: 25-27.
- Ron M., Weller J.I. (2007): From QTL to QTN identification in livestock – winning by points rather than knock-out: a review. *Animal Genetics*, 38: 429-439.
- Rosa A. et al. (2016): Incidence of DFD meat on Brazilian beef cuts. *Meat Science*, 112: 132-133.
- Roy B.C. et al. (2015): Relationship between meat quality and collagen crosslink concentrations in beef from calf-fed, yearling-fed and mature cattle. *Meat Science*, 99: 142.
- Růžicková V., Čeněk M. (2010): *Historie chovatelství v českých zemích: z fotoarchivu Národního zemědělského muzea Praha*. Profí Press, Praha. ISBN 9788086726335.
- Říha J., Bezdíček J. (2016): Breeding value and their relationship to the cutting parts in beef bull progeny. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(5): 821-828.
- Sahai H., Ageel M.I. (2012): *The Analysis of Variance: Fixed, Random and Mixed Models*. Boston: Springer Science & Business Media, 742 p. ISBN 9781461213444.
- Schenkel F.S. et al. (2005): Association of single nucleotide polymorphisms in the leptin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 83(9): 2009-2020.
- Scollan N.D. et al. (2005): Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85(1): 115-124.
- Semler M. et al. (2014): Nutrient differences of beef from heifers with different genotypes for myostatin. *Meat Science*, 96(1): 464-465.
- Skládanka J. et al. (2014): *Chov strakatého skotu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 287 s. ISBN 9788075092588.
- Smith S.B. (2016): Marbling and Its Nutritional Impact on Risk Factors for Cardiovascular Disease. *Korean Journal of Food Science and Animal Resources*, 36(4): 435-444.
- Sochor J. et al. (2005): Effect of selected fattening performance and carcass value traits on textural properties of beef. *Czech Journal of Animal Science*, 50(2): 81-88.
- Steinhauser L. et al. (1995): *Hygiena a technologie masa*. Brno: LAST, 643 s. ISBN 80-900-2604-4.
- Steinhauser L. et al. (2000): *Produkce masa*. Tišnov: LAST, 464 s. ISBN 8090026079.
- Stern J.H. et al. (2016): Adiponectin, leptin, and fatty acids in the maintenance of metabolic homeostasis through adipose tissue crosstalk. *Cell Metabolism*, 23(5): 770-784.
- Strapák P. et al. (2013): *Chov hovädzieho dobytku*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 601 s. ISBN 9788055209944.

- Studený S. et al. (2012): Vliv věku při porážce na vybrané ukazatele masné užitkovosti jalovic českého strakatého skotu. In: Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat, Brno, 12. září, 103-106. ISBN 978-80-7375-645-1.
- Suman S.P. et al. (2014): Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms. *Meat Science*, 98(3): 490-504.
- Sun X. et al. (2012): Predicting beef tenderness using color and multispectral image texture features. *Meat Science*, 92(4): 386-393.
- Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2006): Metodický pokyn pro odchovny plemenných býků. Dostupné z: http://www.cestr.cz/files/pokyny_a_formulare_pk/odchovny.pdf (cit. 10-12-2016).
- Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2012): Chovný cíl a standard – Šlechtitelský program českého strakatého skotu. Dostupné z: http://www.cestr.cz/files/slechteni_a_reprodukce/slechtitelsky_program_2007.pdf (cit. 10-12-2016).
- Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2013): Metodika kontroly masné užitkovosti pro český strakatý skot a fylogeneticky příbuzná plemena. Dostupné z: http://www.cestr.cz/files/pokyny_a_formulare_pk/metodika_masa.pdf (cit. 10-12-2016).
- Šubrt J. et al. (2008): The quality of *Musculus longissimus pars thoracis* in heavier category of Czech Fleckvieh and Montbeliard bulls. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 56(2): 235-244.
- Šubrt J. et al. (2012): Vztahy genotypu býků českého strakatého skotu pro leptin a obsahu volných aminokyselin v čerstvém mase. In: Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat, Brno, 12. září, s. 69-78. ISBN 978-80-7375-645-1.
- Tapp W.N. et al. (2011): How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*, 89(1): 1-5.
- Tatum J.D. et al. (2012): Carcass-based measures of cattle performance and feeding profitability. *The Professional Animal Scientist*, 28(2): 173-183.
- Tian J. et al. (2013): Association of the leptin gene E2-169T > C and E3-299T > A mutations with carcass and meat quality traits of the Chinese Simmental-cross steers. *Gene*, 518(2): 443-448.
- Toit E., Oguttu J.W. (2013): Calpain and Calpastatin Activity Post Mortem and Meat Tenderness: Are the Two Related? *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12(6): 683-688.
- Tothová L. (2013): Geny ovlivňující užitkové vlastnosti u skotu. In: *Zootechnika 2013*, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská Fakulta, s. 4-13. ISBN 978-80-7394-420-9.

- Trakovická A. et al. (2015): SNPs analyses of the bovine LEP and PIT-1 genes by multiplex PCR-RFLP method and their effect on milk performance traits in Slovak Simmental cattle.
- Velíšek J., Hajšlová J. (2009): *Chemie potravin I*. Tábor: OSSIS, 580 s. ISBN 978-80-86659-15-2.
- Vestergaard M. et al. (2000): Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2): 177-185.
- Viljoean H.F. et al. (2002): Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*, 61(2): 181-185.
- Vyhláška č. 354/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o způsobu provádění klasifikace jatečně upravených těl jatečného skotu a jatečných ovcí a podmínkách vydávání osvědčení o odborné způsobilosti fyzických osob k této činnosti.
- Warris P. (2000): *Meat Science: an introductory text*. New York: CABI Publishing, 310 p. ISBN 9781845933050.
- Weiner P. et al. (2009): The effect of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality. *Meat Science*, 83(1): 127-134.
- Williams P. (2007): Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64(4s): S113-S119.
- Wood J.D. et al. (2003): Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66(1): 21-32.
- Wood J.D. et al. (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4): 343-358.
- Wood J.D., Enser M. (1997): Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78(s1): S49-S60.
- Wu G. et al. (2014): Effect of beef ultimate pH and large structural protein changes with aging on meat tenderness. *Meat Science*, 98(4): 637-645.
- Wulf D.M. et al. (1997): Using Objective Measures of Muscle Color to Predict Beef Longissimus Tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(3): 684-692.
- Wyrwisz J. et al. (2012): Analysis of relationship between basic composition, pH, and physical properties of selected bovine muscles. *Bulletin of Veterinary Institute in Pulawy*, 56(3): 403-409.
- Yan D. et al. (2009): Effect of pre-slaughter conditions on beef quality. *Scientia Agricultura Sinica*, 42(10): 3625-3632.
- Zahrádková R. et al. (2009): *Masný skot od A do Z*. Praha: Český svaz chovatelů masného skotu, 397 s. ISBN 978-80-254-4229-6.

- Zapletal D. et al. (2009): Breed variation in the chemical and fatty acid compositions of the Longissimus dorsi muscle in Czech Fleckvieh and Montbeliarde cattle. *Livestock Science*, 123(1): 28-33.
- Zapletal D., Macháček M. (2015): *Chov hospodářských zvířat*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 202 s.
- Zhang S. et al. (2008): DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition. *Animal Genetics*, 39(1): 62-70.

9. Seznam publikovaných prací

Publikace s IF

Rutkayová J., Jawad L., Nebesářová J., **Beneš K.**, Petrášková E., Naslund J. (2016): First records of scale deformities in seven freshwater fish species (Actynopterygii: Percidae and Cyprinidae) collected from three ponds in the Czech Republic. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 46(3): 225-238.

Publikace v odborných periodících

Voříšková J., **Beneš K.**, Kobes M., Pozdíšek J. (2012): Behavioural manifestations of dairy cattle in the pasture-based system. *Journal of Agrobiology*, 29(2): 71-80.

Beneš K., Voříšková J., Maršálek M. (2013): The relationship between slaughter age and beef quality traits. In: 8-th International conference of Journal of Central European Agriculture, Book of abstracts, 20-22. 11. 2013 SPU Nitra FAPZ, s. 43. ISBN 978-80-552-1102-2.

Voříšková J., **Beneš K.**, Kocábek J. (2015): Jsou dvojčata radost nebo starost? *Zpravodaj ČSCHMS*, 2015(1): 42-43.

Publikace na konferencích

Voříšková J., **Beneš K.**, Šubrt J., Dufek A. (2012): The effects of ageing on selected meat quality parameters of dual purpose cattle. In: Šlechtění na masnou užitkovost a aktuální otázky produkce jatečných zvířat, 12. 9. 2012 MENDELU v Brně, AF, s. 107-111. ISBN 978-80-7375-645-1.

Beneš K., Voříšková J., Maršálek M. (2013): Vliv genotypu na kvalitativní ukazatele hovězího masa. In: *Zootechnika 2013*, 20. 6. 2013 JU ZF, s. 40-48. ISBN 978-80-7394-420-9.

Beneš K., Voříšková J., Maršálek M. (2013): The effect of fat content on texture properties of beef. In: VIII. Vedecká konferencia doktorandov, 22. 11. 2013, SPU Nitra FAPZ, s. 89-92. ISBN 978-80-552-1091-9.

Beneš K., Kleinová A., Voříšková J., Zedníková J., Maršálek M. (2014): The effect of ageing on beef quality. In: *Zootechnika 2014*, 20. 6. 2014 JU ZF, s. 68-75. ISBN 978-80-7394-454-4.

Kašparů M., **Beneš K.**, Maršálek M. (2015): Relationship of temperature and humidity conditions for honey production. In: Zootechnika 2015, 19. 6. 2015 JU ZF, s. 55-63. ISBN 978-80-7394-518-3.

Beneš K., Vernerová K., Voříšková J. (2015): The effect of genotype of leptin gene on selected quality traits of beef. In: Zootechnika 2015, 19. 6. 2015 JU ZF, s. 110-117. ISBN 978-80-7394-518-3.

Beneš K., Kocábek J., Vráblík M., Voříšková J., Maršálek M. (2016): Vícečetné porody v české populaci aberdeen angus. In: Zootechnika 2016, 27. 6. 2016 JU ZF, s. 12-18. ISBN 978-80-7394-579-4.

Kašparů M., **Beneš K.**, Strob M., Mráček J., Maršálek M. (2016): Mikroklimatické podmínky ve vztahu ke včelstvům a možnosti provádění elektronického sběru dat. In: Zootechnika 2016, 27. 6. 2016 JU ZF, s. 73-84. ISBN 978-80-7394-579-4.

Tothová L., Čítek J., Večerek L., Hanusová L., Voříšková J., **Beneš K.** (2016): Metabolic indicators in cattle breeding. 27th Genetic days, 7. - 9. 9. 2016, SPU Nitra, 10.

Kašparů M., **Beneš K.**, Rutkayová J., Strob M., Mráček J., Maršálek M. (2017): Možnosti využití teplotně vlhkostních parametrů a zvuku v chovu včel. In: Zootechnika 2017, 15.6. 2017 JU ZF, s. 110-122. ISBN 978-80-7394-641-8.