

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

DISERTAČNÍ PRÁCE

**Analýza vztahů genů mléčných proteinů k parametrům mléčné
užitkovosti a kvality mléka u českého strakatého skotu**

Ing. Aleš Matějíček

2007

Školitel: prof. Ing. Jan Frelich, CSc.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Rád bych poděkoval svému školiteli, prof. Ing. Janu Frelichovi, CSc. za cenné rady, vstřícný přístup a vedení v průběhu mého doktorského studia. Dále děkuji VÚŽV, v.v.i., oddělení chovu skotu za poskytnutí zázemí pro dokončení disertační práce, zvláště pak manželce Ing. Jitce Matějíčkové, Ph.D., Ing. Miloslavě Štípkové a Ing. Evě Němcové za cenné rady a pomoc při zpracování dat. Děkuji také oddělení molekulární genetiky VÚŽV, v.v.i. a VÚCHS Rapotín, s.r.o. za zpracování analýz vzorků DNA a mléka.

*Tato disertační práce vznikla za finanční podpory projektu NAZV IG46086 a
výzkumného záměru MSM 6007665806.*

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních
zjištění a za pomoci uvedené literatury.



.....

V Českých Budějovicích dne 30.4.2007

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
2.1 Současné perspektivy využití genetických markerů u dojeného skotu	3
2.1.1 Význam genů mléčných bílkovin	4
2.1.1.1 <i>Kapa kasein (CSN3, κ-CN)</i>	5
2.1.1.2 <i>Beta kasein (CSN2, β-CN)</i>	8
2.1.1.3 <i>Alfa_{S1} kasein (CSN1S1, α_{S1}-CN)</i>	10
2.1.1.4 <i>Alfa_{S2} kasein (CSN1S2, α_{S2}-CN)</i>	11
2.1.1.5 <i>Beta laktoglobulin (LGB, β-LG)</i>	11
2.1.1.6 <i>Alfa laktalbumin (LALBA, α-LA)</i>	13
2.1.2 Význam dalších markerů	14
2.1.2.1 <i>Acyl-CoA:Diacylglycerol acyltransferáza (DGAT1)</i>	14
2.1.2.2 <i>Prolaktin (PRL)</i>	15
2.1.2.3 <i>Růstový hormon (GH)</i>	16
2.2 Rozdělení genetických markerů	18
2.3 Nejvýznamnější metody stanovování genetických markerů	20
2.3.1 PCR-RFLP	20
2.3.2 Další používané metody	22
2.4 Český strakatý skot	23
3. CÍL PRÁCE	27
4. MATERIÁL A METODIKA	28
4.1 Charakteristika sledovaného souboru českého strakatého skotu	28
4.2 Detekce polymorfismů sledovaných genů	28
4.3 Stanovení parametrů kvality mléka	29
4.4 Statistické vyhodnocení	31
5. VÝSLEDKY A DISKUZE	34
5.1 Základní charakteristiky sledovaných prvotek	34

5.2 Četnosti alel a genotypů genů mléčných bílkovin u sledovaných prvotetek	38
5.3 Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti za prvních 100 a 200 dnů laktace	41
5.4 Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům technologické kvality mléka	45
5.5 Společný efekt genotypů <i>CSN1S1</i> a <i>CSN2</i> na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka	50
5.6 Společný efekt genotypů <i>CSN2</i> a <i>CSN3</i> na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka	53
5.7 Společný efekt genotypů <i>CSN3</i> a <i>LGB</i> na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka	59
6. ZÁVĚR	64
7. SOUHRN	68
8. SUMMARY	72
9. POUŽITÉ ZKRATKY	75
10. SEZNAM LITERATURY	76
11. SEZNAM PUBLIKACÍ	85

1. ÚVOD

V současné době je v zemích Evropské unie kladen důraz mimo jiné na zvyšování kvality potravin. S tím souvisí i zvyšování kvality živočišných produktů. V chovu dojeného skotu to představuje především zlepšování kvality mléka z hlediska jeho složení a technologických vlastností. Dalším podnětem je nadprodukce mléka spojená s neustále se zvyšující mléčnou užitkovostí dojnic a následným překračováním mléčných kvót.

Za efektivní je v problematice zvyšování kvality mléka považováno využití genetických markerů. Lokusy s přímým vztahem k parametrům mléčné užitkovosti a kvality mléka je možno použít pro rychlejší a účinnější změny těchto parametrů. U některých lokusů byl již takový vztah prokázán a jsou proto využívány ve šlechtění dojeného skotu v několika evropských zemích.

Významné lokusy mohou být využity ve šlechtění jako doplňkové kritérium dosavadních postupů, nebo mohou být zapojeny do markery podporované selekce (MAS – Marker Assisted Selection) spojené s výrazným zkrácením generačního intervalu a zvýšením genetického zisku. Názory odborníků na využití MAS jsou rozdílné. Někteří zastávají tradiční šlechtitelské postupy a považují je za neobjektivnější, zatímco jiní vidí budoucnost v maximálním využití genetických markerů ve šlechtění a tím i ve značné úspoře nákladů a podstatném urychlení celého šlechtitelského procesu.

V průběhu posledních dvaceti let byly zkoumány i dále objevovány geny a QTL (kvantitativní lokusy) se vztahem k celé řadě parametrů výkonnosti skotu. Výzkum byl ověřován na různých plemenech skotu, čímž bylo umožněno porovnání účinku sledovaných genů a QTL, a následně mohl být snáze proveden výběr těch nejvýznamnějších. Z ukazatelů výkonnosti se v popředí zájmu objevovaly a nadále objevují zejména parametry mléčné užitkovosti a kvality mléka, parametry produkce masa, ukazatele plodnosti, zdraví (zejména mastitidy), exteriéru a dlouhověkosti.

Za vhodné z hlediska vztahu ke kvalitě a množství mléčné produkce jsou považovány geny mléčných bílkovin. Mezi ně patří kaseinové geny - alfa_{S1} kasein (*CSN1S1*, α_{S1} -CN), beta kasein (*CSN2*, β -CN), alfa_{S2} kasein (*CSN1S2*, α_{S2} -CN)

a kapa kasein (*CSN3*, κ -*CN*) a geny syrovátkových bílkovin alfa laktalbumin (α -*LA*) a beta laktoglobulin (*LGB*, β -*LG*).

Záměrem této disertační práce bylo zjistit četnosti alel a genotypů sledovaných genů mléčných bílkovin a dále zjistit jejich vztahy k parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka u sledovaných prvotek českého strakatého skotu.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Současné perspektivy využití genetických markerů u dojeného skotu

Genetické markery související s užitkovými vlastnostmi skotu jsou aktuální problematikou současného výzkumu. Některé státy, jako například Francie, již využívají genetické markery ve šlechtění dojeného skotu. Druet et al. (2005) považují využívání genetických markerů ve šlechtitelských programech skotu za méně nákladné a podstatně časově kratší než používání tradičních postupů zahrnujících testaci býků. Dále tvrdí, že současné poznatky molekulární genetiky v oblasti genů a kvantitativních lokusů (QTL) a zároveň rutinní používání metod detekce jejich polymorfismů jsou důvodem k zavedení MAS (markery podporovaná selekce, Marker Assisted Selection). MAS kombinuje genotypové a fenotypové informace o jedinci s cílem zvýšit přesnost a intenzitu selekce a umožňuje tak činit selekční rozhodnutí již v časném stadiu života jedince.

Bouška et al. (2006) uvádějí, že dlouhodobým šlechtěním plemen skotu se alely mnoha genů dostávají do příznivých ustálených četností a vazeb. Používáním zahraničních plemenů a také vlivem křížení mohou být tyto vazby uvnitř populace (zejm. v rámci rodin) porušeny. Pak je vhodné použít pro urychlení šlechtění a zvýšení intenzity selekce informace o genetických markerech. Je-li vztah marker – užitkovost v rodině prokázán, lze selektovat mladá zvířata ještě před jejich vlastní užitkovostí a šetřit tak testací kapacitu i finanční náklady.

Podle Mäki-Tanily (2006) je identifikace genů a QTL nejvíce přínosná zejména z hlediska genetických chorob a vad (např. BLAD, DUMPS, CVM, atd.), dále pak s ohledem na ekonomicky významné znaky (zejm. produkci a kvalitu produkce). Začlenění genetických informací do selekce umožňuje zvýšit produkci i její kvalitu a zároveň snížit náklady na testaci zvířat.

V rámci šlechtění na kvantitativní užitkové vlastnosti mohou mít některé geny větší vliv. Jedná se buď o kandidátní geny (s přímým vlivem na tyto

vlastnosti), které mohou být identifikovány laboratorními metodami, nebo o QTL, které jsou určovány pomocí markerů (zejména mikrosatelitních), s nimiž jsou ve vazbě (Bouška et al, 2006). Cílem je identifikovat takové geny a QTL, které podstatně ovlivňují významné parametry výkonnosti skotu a mohou úplně či částečně nahradit tradiční postupy ve šlechtění.

Schaeffer (2006) uvádí, že MAS na základě identifikace 10 000 jednonukleotidových polymorfismů (SNP) by mohla zcela nahradit tradiční způsob testace a prověřování býků dojeného skotu. Při aplikaci na kanadské podmínky by úspora nákladů na prověření býka představovala neuvěřitelných 92 % při maximálním zkrácení generačního intervalu, neboť výsledky by byly známy již u býčků – telat. Výzkum je zatím ve fázi simulačních studií a následně bude ověřován v praxi.

Zavedením mléčných kvót, které jsou v našem, ale i jiných státech Evropské unie překračovány z důvodu neustále se zvyšující mléčné užitkovosti dojnic, je třeba se zaměřit více na kvalitu produkovaného mléka, než pouze na zvyšování dojivosti již vysokoprodukčních stád. K tomu mohou napomoci právě geny a QTL, u nichž byl zjištěn vztah k parametrům produkce a kvality mléka.

2.1.1 Význam genů mléčných bílkovin

Nejvýznamnější geny se vztahem k parametrům mléčné užitkovosti a kvality mléka jsou tzv. geny mléčných bílkovin, mezi které patří geny pro kaseiny: alfa_{S1} kasein (*CSN1S1*, α_{S1} -CN), beta kasein (*CSN2*, β -CN), alfa_{S2} kasein (*CSN1S2*, α_{S2} -CN) a kapa kasein (*CSN3*, κ -CN) a geny pro syrovátkové bílkoviny: alfa laktalbumin (*LALBA*, α -LA) a beta laktoglobulin (*LGB*, β -LG). Základní přehled o genech mléčných bílkovin včetně jejich hlavních alel je uveden v tabulce 1.

Kaseinové geny se nachází na bovinním chromozomu 6 za sebou v pořadí α_{S1} -kasein, β -kasein, α_{S2} -kasein, a κ -kasein. Gen pro α -laktalbumin je situován na chromozomu 5 a gen pro β -laktoglobulin na chromozomu 11 (Farrell et al.,

2004). Kaseiny tvoří 78 – 82 % z bílkovin mléka krav, zbývající část (18 – 22 %) připadá na syrovátkové bílkoviny (Kräusslich, 1994).

Přehled mléčných bílkovin a jejich hlavních alel u skotu

Tabulka 1

Bílkovina (gen)	Obsah bílkoviny v odstředěném mléce (g/l)	Hlavní alely	Specifikace alel
α_{S1} -CN	12 - 15	B C	na pozici 192 Glu na pozici 192 Gly
β -CN	9 - 11	A ¹ A ² B	na pozici 67 His na pozici 67 Pro na pozici 67 His, na pozici 122 Arg místo Ser
α_{S2} -CN	3 - 4	A	na pozicích 33, 47 a 130 Glu, Ala a Thr
κ -CN	2 - 4	A B E	na pozicích 136 a 148 Thr a Asp na pozicích 136 a 148 Ile a Ala na pozici 155 Gly místo Ser
α -LA	0,6 - 1,7	B	na pozici 10 Arg
β -LG	2 - 4	A B	na pozicích 64 a 118 Asp a Val na pozicích 64 a 118 Gly a Ala

(Zdroje: Eigel et al., 1984; Erhardt, 1989; Lien et al., 1992; Farrell et al., 2004)

2.1.1.1 Kapa kasein (CSN3, κ -CN)

Kapa kasein tvoří asi 13 % z celkového podílu kaseinů v mléce krav a představuje výjimečnou složku mezi kaseiny. Je totiž jedinou frakcí kaseinu, která obsahuje siřné aminokyseliny - cystein a methionin. Dosud bylo objeveno 11 alel genu pro kapa kasein - A, B, C, E, F¹, F², G¹, G², H, I a J (Farrell et al., 2004).

U evropských plemen skotu se nejvíce vyskytují alely A, B a E. Alela A kóduje na pozicích 136 a 148 aminokyseliny Thr (ACC) a Asp (GAT), zatímco

alela *B* kóduje na stejných pozicích aminokyseliny Ile (ATC) a Ala (GCT) (Eigel et al., 1984). Alela *E* kóduje na pozici 155 aminokyselinu Gly místo Ser (Erhardt, 1989). Z uváděných alel má nejvyšší četnost výskytu alela *A*, zejména u jednostranně mléčných plemen, jako je holštýnský skot. Tento jev je spojen se šlechtěním na vysokou mléčnou užitkovost, protože alela *A* je spojena s vyšší produkcí mléka (Neubauerová, 2001). Nižší četnost vykazuje alela *B*, která zvyšuje obsah mléčných složek, zejména bílkovin, a zlepšuje technologické parametry mléka (Boettcher et al., 2004; Caroli et al., 2004; Comin et al., 2006). Četnost této alely je vyšší u kombinovaného českého strakatého skotu (i přes příliv krve plemen red holštýn a ayrshire) oproti mléčnému plemeni holštýnskému (Neubauerová, 2001). Alela *E* se vyskytuje nejméně a negativně ovlivňuje technologické vlastnosti mléka (Ikonen et al., 1997). Někteří autoři uvádějí, že homozygotní genotyp *EE* dokonce způsobuje neschopnost mléka se tepelně srážet. Zastoupení alely *E* je zpravidla nižší u českého strakatého skotu v porovnání se skotem holštýnským. Porovnání alelických četností *CSN3* uvádí tabulka 2.

Porovnání četností alel *CSN3* u českého strakatého a holštýnského skotu

Tabulka 2

Alela <i>CSN3</i>	Četnost (český strakatý skot)			Četnost (holštýnský skot)		
	Kučerová et al. (2006)	Kučera a Král (2006)	Čítek et al. (1997)	Kučera a Král (2006)	Caroli et al. (2004)	Čítek et al. (1997)
<i>A</i>	0,598	0,674	0,514	0,799	0,725	0,756
<i>B</i>	0,378	0,316	0,414	0,184	0,172	0,220
<i>E</i>	0,024	0,010	0,071	0,017	0,103	0,024

Boettcher et al. (2004) a Caroli et al. (2004) uvádějí, že genotyp *BB* zvyšuje obsah a kvalitu bílkovin v mléce, ale snižuje mléčnou produkci. Opačný trend uvádí Neubauerová (2001) u genotypu *AA*. Kučerová et al. (2006) zjistili u sledované populace českého strakatého skotu statisticky významný vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu bílkovin v mléce. V jiné práci uvádějí Kučerová et al. (2005) rovněž vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu, ale i nižší produkci

bílkovin a zároveň vztah genotypu *AA* k vyšší produkci mléka, ale nižšímu obsahu bílkovin u českého strakatého skotu. Také Hanuš et al. (2000b) uvádějí vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu bílkovin v mléce a navíc k vyšší produkci tuku. Naproti tomu Neubauerová (2001) nezjistila žádný statisticky významný vztah lokusu *CSN3* ke sledovaným parametrům mléčné užitkovosti.

Amigo et al. (2001) zjistili u plemene Fleckvieh rovněž vztah lokusu *CSN3* k vyššímu obsahu bílkovin v mléce a zároveň zaznamenali kratší dobu sýření a vyšší pevnost sýřeniny u krav s genotypem *BB* oproti genotypům ostatním. Také Hanuš et al. (1995) uvádějí u mléka českých strakatých krav s genotypem *BB* nejkratší dobu sýření, nejvyšší pevnost a kvalitu sýřeniny a nejvyšší objem vyloučené syrovátky v porovnání s genotypy *AB* a *AA*. Tyto výsledky byly zaznamenány i v případě pasterovaného mléka. V jiné práci potvrdili Hanuš et al. (2000a) pozitivní vliv genotypu *BB* na technologické vlastnosti mléka, zejména na vyšší obsah kaseinů, kratší dobu sýření, vyšší pevnost sýřeniny, vyšší objem vyloučené syrovátky a naopak negativní vliv genotypu *AA* na tyto vlastnosti.

Graml a Pirchner (2003) uvádějí u plemene Fleckvieh pozitivní vliv *CSN3* na obsah kaseinu v mléce. Mášová a Šustová (2006) porovnávali variabilitu průměrného obsahu kaseinů v mléce u českého strakatého a holštýnského skotu a zjistili vyšší obsah kaseinů v mléce českého strakatého skotu (2,64 - 3,19 %) oproti skotu holštýnskému (2,56 - 3,09 %). Zároveň uvádějí, že pokles obsahu kaseinů o 0,1 % představuje zvýšení spotřeby mléka na výrobu 1 kg sýra o 0,3 až 0,5 litru. Proto hraje obsah kaseinů důležitou roli ve výtěžnosti při výrobě sýrů (výtěžnost = množství sýra získaného ze 100 l, nebo 100 kg mléka). Obdobně Čejna et al. (2006) porovnávali dojnice českého strakatého a holštýnského skotu z hlediska průměrného obsahu kaseinů v mléce a zjistili podstatně vyšší obsah kaseinů u dojnic českého strakatého skotu oproti dojnicím holštýnského skotu. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Kučera a Král (2006) uvádějí, že kombinovaná strakatá plemena vynikají oproti mléčnému holštýnskému plemeni vyšším obsahem kaseinů, vyšší výtěžností sýřeniny a kratší dobou sýření. Mají rovněž vyšší obsah laktózy a vápníku v mléce, což pozitivně působí na srážecí vlastnosti mléka. Pro další

zlepšování těchto parametrů vidí autoři jako žádoucí genotypizaci plemenných býků na geny ovlivňující tyto parametry, zejména na gen pro kapa-kasein (*CSN3*).

Rozdíly v obsahu kaseinů mezi skupinami dojníc českého strakatého (C) a holštýnského skotu (H) na první a čtvrté a vyšší laktaci (Čejna et al., 2006)

Tabulka 3

Laktace	Plemeno	n	Kaseiny (%)		
			\bar{x}	min.	max.
1.	C	64	2,81	2,29	3,67
	H	79	2,59	2,04	2,90
4. a vyšší	C	64	2,83	2,22	3,69
	H	75	2,67	2,05	3,31

2.1.1.2 Beta kasein (*CSN2*, β -CN)

Beta kasein zaujímá až 45% podíl kaseinů v kravském mléce a zatím bylo detekováno 15 alel jeho genu - A^1 , A^2 , A^3 , A^4 , A^5 , B^1 , B^2 , C , D , E , F , G , H^1 , H^2 a I (Farrell et al., 2004; Zwierzchowski 2005). Nejčastěji se u evropských plemen skotu vyskytují alely A^1 , A^2 , A^3 a B . Porovnání četností alel *CSN2* u českého strakatého skotu a holštýnského skotu je uvedeno v tabulce 4. Četnosti genotypů *CSN2* zjištěných u sledované populace českého strakatého skotu uvádějí Kučerová et al. (2006). Nejvíce byl zastoupen genotyp A^2A^2 (64,7 %), dále pak genotyp A^1A^2 (29,7 %). S nízkou četností se vyskytovaly genotypy A^1A^1 (2,8 %), A^2B (1,6 %) a A^2A^3 (1,2 %).

Podle autorů Beaglehole a Jackson (2003) a Laugesen a Elliott (2003) je vysoký obsah genotypu A^2A^2 přínosný z hlediska dopadu na zdraví lidí konzumujících takové mléko. Autoři prováděli rozsáhlé studie na lidské populaci a zjistili, že alela A^1 zvyšuje u konzumentů náchylnost k některým civilizačním chorobám jako je srdeční infarkt, ischemická choroba srdeční a cukrovka. Naopak v případě alely A^2 žádný negativní dopad nezjistili. Dále uvádějí, že strakatá plemena simentálského původu mají četnost alely A^1 nižší oproti plemenům holštýn

a ayrshire. Na základě zjištění doporučují chovatelům výskyt alely A^1 v populacích skotu snížit. Tento trend byl zaveden na Novém Zélandu vznikem společnosti „A2 Corporation“.

Porovnání četností alel *CSN2* u českého strakatého a holštýnského skotu

Tabulka 4

Alela <i>CSN2</i>	Četnost (český strakatý skot)	Četnost (holštýnský skot)	
	Kučerová et al. (2006)	Jann et al. (2004)	Caroli et al. (2004)
A^1	0,177	0,640	0,392
A^2	0,809	0,260	0,533
A^3	0,006	0,050	0,005
B	0,008	0,050	0,070

Kučerová et al. (2006) uvádějí vztah lokusu *CSN2* k plemenným hodnotám pro produkci mléka, bílkovin a tuku a obsahu tuku v mléce. Nejvyšší plemenná hodnota pro produkci mléka byla spojena s genotypem A^1A^1 , pro produkci bílkovin a tuku a zároveň pro obsah bílkovin v mléce s genotypem A^2A^3 . Podle Ng-Kwai-Hanga (1998) ovlivňuje alela A^3 produkci mléka za laktaci. Autor zjistil vyšší mléčnou užitkovost, avšak nižší obsah bílkovin u plemenic s genotypem A^1A^3 oproti plemenicím s genotypem A^1B . U plemenic s genotypem A^1B však uvádí vyšší obsah kaseinu v mléce.

Comin et al. (2006) zjistili pozitivní vliv alely B na technologické vlastnosti mléka oproti alelám A^1 a A^2 . Zejména se jedná o lepší srážecí vlastnosti mléka. Zároveň upozorňují na hlavní vliv lokusu *CSN3* na tyto vlastnosti v porovnání s lokusem *CSN2*. Jako hlavní efekt lokusu *CSN2* uvádějí vliv na výši mléčné produkce. Vztah lokusu *CSN2* k technologickým vlastnostem mléka zjistili rovněž Hanuš et al. (2000a) u sledované populace českého strakatého skotu. V jiné práci zaznamenali Hanuš et al. (2000b) obdobně jako předcházející autoři vztah lokusu *CSN2* k výši mléčné produkce. Graml a Pirchner (2003) zjistili u plemene Fleckvieh vliv lokusu *CSN2* na syntézu kaseinu v mléce a potvrdili, že tento lokus ovlivňuje obsah kaseinu v mléce.

2.1.1.3 Alfa_{SI} kasein (*CSN1S1*, *a_{SI}-CN*)

Alfa_{SI} kasein tvoří až 40 % kaseinů v mléce krav a dosud bylo objeveno 8 alel jeho genu - *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H* (Farrell et al., 2004). Nejvíce se u evropských plemen skotu vyskytují alely *B* a *C*, z nichž převažuje alela *B* (Jann et al., 2002; Boettcher et al., 2004). Porovnání četností alel českého strakatého a holštýnského skotu je uvedeno v tabulce 5. Z genotypů jsou pak nejvíce zastoupeny genotypy *BB* a *BC*, méně genotyp *CC*.

U sledované populace českého strakatého skotu zjistili Kučerová et al. (2006) nejvyšší zastoupení genotypu *BB* (80,2 %), dále genotypu *BC* (18,2 %) a s nejnižší četností se vyskytoval genotyp *CC* (1,6 %). Autoři zaznamenali vztah lokusu *CSN1S1* k plemenné hodnotě pro produkci mléka. Jako nejpříznivější uvádějí genotyp *CC*, který zvyšoval všechny sledované parametry. Naproti tomu Hanuš et al. (2000b) uvádějí u dojnic českého strakatého plemene na první laktaci vztah genotypu *BC* k vyššímu obsahu bílkovin a tuku oproti genotypu *BB*. Genotyp *CC* ve sledované populaci nezjistili vůbec. Havlíček (1996) zaznamenal rovněž u plemenic českého strakatého skotu vztah genotypu *BC* k vyšší produkci mléka, bílkovin a tuku a zároveň k vyššímu obsahu bílkovin oproti genotypu *BB*. Žitný et al. (1997) toto zjištění potvrdili u krav slovenského strakatého plemene. Graml a Pirchner (2003) zjistili u plemene Fleckvieh vztah lokusu *CSN1S1* k obsahu kaseinu v mléce a uvádějí, že tento lokus ovlivňuje syntézu kaseinu.

Porovnání četností alel *CSN1S1* u českého strakatého a holštýnského skotu

Tabulka 5

Alela <i>CSN1S1</i>	Četnost	Četnost	
	(český strakatý skot)	(holštýnský skot)	
	Kučerová et al. (2006)	Caroli et al. (2004)	Jann et al. (2004)
<i>B</i>	0,893	0,995	0,960
<i>C</i>	0,107	0,005	0,040

Naopak u plemenic holštýnského skotu zjistili Eenennaam a Medrano (1991) nejvyšší mléčnou užitkovost u krav s genotypem *AB* a dále pak

s genotypem *CC* a *BC* oproti plemenicím s genotypem *BB*. Nejvyšší obsah bílkovin zjistili u plemenic s genotypem *CC*, dále pak *BC* a *AB* oproti plemenicím s genotypem *BB*. Genotyp *AB* však zjistili u malého počtu plemenic v porovnání s genotypy ostatními.

2.1.1.4 Alfa_{S2} kasein (*CSNIS2*, α_{S2} -CN)

Alfa_{S2} kasein tvoří přibližně 10% podíl z obsahu kaseinů v kravském mléce a zatím byly objeveny 4 alely jeho genu - *A*, *B*, *C* a *D*, z nichž se v absolutní převaze vyskytuje alela *A* (Farrell et al., 2004). Právě díky nízké variabilitě alel je tento lokus ze čtveřice genů mléčných bílkovin na chromozomu 6 (*CSNIS1-CSN2-CSNIS2-CSN3*) často vypouštěn a výzkum se orientuje na tři zbývající kaseinové geny. Z tohoto důvodu není efekt *CSNIS2* v populacích skotu příliš prozkoumán.

Caroli et al. (2004) zkoumali polymorfismy genů mléčných bílkovin u plemen skotu chovaných v Itálii. V případě lokusu *CSNIS2* detekovali u všech plemen pouze alelu *A*. K obdobným výsledkům dospěli i Jann et al. (2004), kteří sledovali rozšíření alel kaseinových lokusů u evropských plemen skotu. U většiny plemen zjistili 100% četnost alely *A* lokusu *CSNIS2*, pouze u několika plemen zaznamenali i výskyt alely *D*, avšak s velmi nízkou četností. Jednalo se například o plemena ayrshire (*A* 0,930; *D* 0,070), český červený skot (*A* 0,980; *D* 0,020) a polský červený skot (*A* 0,990; *D* 0,010).

2.1.1.5 Beta laktoglobulin (*LGB*, β -LG)

Beta laktoglobulin je hlavní bílkovinou syrovátky a zatím bylo identifikováno 11 alel jeho genu - *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, *J* a *W* (Farrell et al., 2004). Oproti výše zmiňovaným genům, které se nachází na chromozomu 6, je gen pro beta-laktoglobulin situován na bovinním chromozomu 11. Nejčastěji se vyskytují alely *A* a *B*, přičemž alela *B* je zastoupena s vyšší četností (Panicke et al., 1996). Řídce se u evropských plemen vyskytují alely *C* a *D*. Porovnání

četností alel *LGB* u českého strakatého skotu a holštýnského skotu je uvedeno v tabulce 6.

Porovnání četností alel *LGB* u českého strakatého a holštýnského skotu

Tabulka 6

Alela <i>LGB</i>	Četnost (český strakatý skot)			Četnost (holštýnský skot)		
	Kučerová et al. (2006)	Čítek et al. (2001)	Hanuš et al. (1995)	Caroli et al. (2004)	Kaminski et al. (2002)	Čítek et al. (2001)
<i>A</i>	0,511	0,470	0,458	0,436	0,399	0,410
<i>B</i>	0,489	0,530	0,542	0,564	0,611	0,590

Kučerová et al. (2006) zjistili u sledované populace českého strakatého skotu četnosti genotypů *AA* (26,2 %), *AB* (49,8 %) a *BB* (24,0 %). Dále sledovali vztah tohoto lokusu k plemenným hodnotám parametrů mléčné užitkovosti, ale nezjistili žádný statisticky významný vztah. Nejvyšší plemenné hodnoty pro produkci mléka a bílkovin byly spojeny s genotypem *AA*, naopak pro obsah bílkovin a tuku s genotypem *BB*. Ke stejnému závěru dospěla i Neubauerová (2001), která rovněž uvádí, že vztah *LGB* ke sledovaným parametrům nebyl statisticky významný. Naproti tomu Kaminski et al. (2002) zjistili statisticky významný vztah lokusu *LGB* k plemenné hodnotě pro produkci bílkovin. Nejvyšší plemenné hodnoty pro produkci mléka, bílkovin a tuku a zároveň pro obsah bílkovin v mléce uvádějí u jedinců s genotypem *AA* a nejvyšší plemennou hodnotu pro obsah tuku u jedinců s genotypem *BB*. U sledovaného souboru českých strakatých krav zjistili Hanuš et al. (2000b) vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu bílkovin a tuku v mléce oproti genotypům *AA* a *AB*.

Graml a Pirchner (2003) zjistili vliv lokusu *LGB* na obsah syrovátkových bílkovin v mléce a naopak velmi malý vliv na obsah kaseinu u plemene Fleckvieh. Ikonen et al. (1997) prokázali jasný efekt genotypu *LGB* na proteinové složení mléka, avšak nezjistili průkazný vliv na technologické vlastnosti mléka. Genotyp *AA* byl spojen s vyšším obsahem syrovátkových bílkovin, genotyp *BB* s vyšším obsahem kaseinu. Hanuš et al. (2000a) rovněž zjistili vztah genotypu

BB k vyššímu podílu kaseinu a zároveň nižšímu podílu syrovátkových bílkovin v mléce oproti genotypu *AA* u plemenic českého strakatého skotu.

Choi a Ng-Kwai-Hang (2002) zaznamenali vztah alely *B* k vyššímu obsahu bílkovin a tuku v sýru a vyšší produkci sýřeniny. Hanuš et al. (1995) ve své práci rovněž zjistili, že genotyp *BB* pozitivně ovlivňuje sýrašské vlastnosti mléka u sledovaných plemenic českého strakatého skotu. U tohoto genotypu zaznamenali nejkratší dobu sýření, nejvyšší pevnost a kvalitu sýřeniny a nejvyšší objem vyloučené syrovátky oproti genotypům *AA* a *AB*. Buchberger a Dovic (2000) také považují pro výrobu sýrů za výhodnější alelu *B* oproti alele *A*.

2.1.1.6 Alfa laktalbumin (*LALBA*, α -*LA*)

Alfa laktalbumin je další syrovátkovou bílkovinou a dosud byly objeveny 3 alely jeho genu - *A*, *B* a *C* (Farrell et al., 2004). Gen pro alfa laktalbumin se nachází na bovinním chromozomu číslo 5 (Mercier a Vilotte, 1993). V důsledku nízké variability alel, z nichž se nejvíce vyskytuje alela *B*, je výzkum efektů polymorfismu tohoto genu značně omezen.

Autoři Caroli et al. (2004) se zabývali studiem polymorfismu genů mléčných bílkovin u plemen skotu chovaných v Itálii a detekovali v případě lokusu *LALBA* přítomnost pouze alely *B*. Kaminski et al. (2002) se proto zaměřili na fragment sousedního úseku *LALBA*, kde zjistili dvě alely (*P* a *M*), z nichž alela *M* byla zastoupena s vyšší četností. Statisticky významný vztah zaznamenali k plemenné hodnotě pro produkci tuku, přičemž nejvyšší plemennou hodnotu zjistili u jedinců s genotypem *MM*, nižší u genotypu *PM* a nejnižší v případě genotypu *PP*.

2.1.2 Význam dalších markerů

Mezi další markery s významem pro dojený skot patří gen pro diacylglycerol acyltransferázu 1 (*DGATI*), gen pro hormon prolaktin (*PRL*) a gen pro růstový hormon (*GH*).

2.1.2.1 *Acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferáza 1 (DGATI)*

Gen pro diacylglycerol acyltransferázu 1 (*DGATI*) byl identifikován teprve v roce 2002 a nachází se na bovinním chromozomu číslo 14 (Grisart et al., 2002; Winter et al., 2002). Tento gen kóduje enzymy, které katalyzují konečnou fázi syntézy triglyceridů, a stává se kandidátním genem pro obsah tuku v mléce, protože alela *Q* kódující lysin v pozici 232 je spojena se zvýšením obsahu tuku v mléce, zatímco alela *q* kódující ve stejné pozici alanin je spojena s jeho snížením (Winter et al., 2002; Bennewitz et al., 2004).

Vztah *DGATI* k obsahu mléčného tuku zjistili Winter et al. (2002) nejen v populaci holštýnského plemene, ale též v populaci německého strakatého skotu (Fleckvieh). Vztah *DGATI* k obsahu tuku v mléce potvrzuje také Weller et al. (2003) v populaci izraelského holštýnského plemene. Autoři zaznamenali četnost alely *Q* 8,9 % u krav a 15,5 % u býků. Tato alela byla spojena s vyšším obsahem tuku v mléce. Autoři dále uvádí, že četnost alely *Q* se v průběhu let 1985 až 1990 snížila z 15 % na 5 %, ale po roce 1990 se opět zvýšila z 5 % na zjištěné hodnoty.

Spelman et al. (2002) zjišťovali vztah *DGATI* k parametrům mléčné užitkovosti v populaci dojených plemen skotu chovaných na Novém Zélandu. U plemen holštýn a jersey zaznamenali statisticky významný vztah k obsahu tuku a bílkovin v mléce, zatímco u plemene ayrshire byl vztah významný pouze k množství vyprodukovaného mléka. Dále uvádějí, že produkce tuku byla u jedinců s genotypem *qq* přibližně o 10 kg nižší než u jedinců s genotypem *QQ*. Plemenice s genotypem *Qq* vykazovaly o 7 kg vyšší množství tuku v mléce oproti plemenicím s genotypem *qq* a o 3 kg nižší množství tuku oproti plemenicím s genotypem *QQ*.

Bennewitz et al. (2004) ověřovali, zda má alela kódující lysin vliv na zvýšení obsahu a produkce tuku a obsahu bílkovin v mléce a alela kódující alanin vliv na zvýšení produkce mléka a bílkovin. Zjišťované skutečnosti potvrdili a zároveň zjistili, že vlivy alel zjištěné u genu *DGATI* nejsou zcela shodné s vlivy příslušného QTL. Vliv na obsah tuku v mléce byl však statisticky významný v obou případech - v případě *DGATI* i *QTL*.

2.1.2.2 Prolaktin (*PRL*)

Gen pro prolaktin patří spolu s geny pro hypofyzární růstový hormon a placentární laktogen do skupiny evolučně příbuzných genů, které mají podobnou primární strukturu (Niall et al., 1971). Prolaktin je jedním z všestranně působících hormonů hypofýzy, u něhož bylo zjištěno více než sto různých fyziologických efektů (např. vliv na vývoj mléčné žlázy a zahájení laktace savců, hnízdění ptáků, osmoregulaci ryb, metamorfosu obojživelníků, atd.) (De Vlaming, 1979). Poprvé byl objeven v adenohipofýze (Riddle et al., 1932) a byl dlouho považován za hormon nacházející se pouze v této žláze. Následné studie však ukázaly, že prolaktin je produkován i jinými tkáněmi, například placentou (Masler a Riddick, 1979; Walters et al., 1983). Prolaktin hraje důležitou regulační roli v diferenciaci epiteliálních buněk tkáně mléčné žlázy a v sekreci mléka a má proto vliv na vývoj mléčné žlázy a následnou laktaci (Akers et al., 1981; Tucker, 1981; Collier et al., 1984).

Gen pro prolaktin je u skotu lokalizován na 23. bovinním chromozomu a je sestaven z 5-ti exonů a 4 dlouhých intronů (Miller a Eberhardt, 1983). V exonu III zjistili Lewin et al. (1992) mutaci A-G v kodonu pro 103. aminokyselinu. Alely vyskytující se v tomto polymorfním místě jsou označeny *A* a *B*. U plemen skotu převažuje četnost výskytu alely *A* oproti alele *B*. Porovnání četností alel *PRL* u českého strakatého a holštýnského skotu je uvedeno v tabulce 7.

Neubauerová (2001) ve své práci zjistila nejvyšší četnost u genotypu *AA* (65 %), nižší zastoupení genotypu *AB* (29 %) a nejnižší četnost genotypu *BB* (6 %). Dále uvádí vztah *PRL* k plemenným hodnotám parametrů mléčné užitkovosti. Statisticky významný vztah zjistila k plemenné hodnotě pro obsah

tuku v mléce, přičemž nejvyšší průměrná plemenná hodnota pro obsah tuku byla spojena s genotypem *BB*.

Porovnání četností alel *PRL* u českého strakatého a holštýnského skotu

Tabulka 7

Alela <i>PRL</i>	Četnost (český strakatý skot)	Četnost (holštýnský skot)	
	Čítek et al. (2001)	Dybus et al. (2005)	Čítek et al. (2001)
<i>A</i>	0,830	0,853	0,900
<i>B</i>	0,170	0,147	0,100

Naproti tomu Dybus et al. (2005) uvádějí vyšší zastoupení genotypu *AA* (71,1 %), obdobnou četnost genotypu *AB* (28,5 %) a velmi nízké zastoupení genotypu *BB* (0,4 %). Ve vztahu *PRL* k parametrům mléčné užitkovosti nezaznamenali statistickou významnost.

2.1.2.3 Růstový hormon (*GH*)

Gen pro bovinní růstový hormon (*GH*) byl lokalizován na chromozomu č. 19 (Womack et al., 1989) a je složen z 5-ti exonů a 4 intronů (Woychik et al., 1982). Celkem byly identifikovány dvě varianty lišící se v pozici 127. aminokyseliny v oblasti pátého exonu. Na této pozici je přítomna buď aminokyselina leucin (označení alely *L*), nebo aminokyselina valin (označení alely *V*) (Seavey et al., 1971). Molekulární základ změny aminokyseliny byl označen jako C-G nukleotidová změna 127. kodónu pátého exonu (Zhang et al., 1992). Druhé polymorfní místo v genu pro růstový hormon je substituce Thr/Met na aminokyselinové pozici 172 (Chikuni et al., 1997). Další polymorfní oblasti se nachází ve třetím intronu (Zhang et al., 1993a) a v oblasti promotoru (Rodrigues et al., 1998).

Bovinní růstový hormon zasahuje do proteosyntézy strukturálních bílkovin, tj. zrychluje penetraci aminokyselin do buněk a urychluje tak jejich začlenění

do bílkovinných molekul (Ledvina, 1993). Tím zvyšuje hmotu kosterních svalů. Galaktopoetický efekt bovinního růstového hormonu u dojených krav byl poprvé popsán před 70-ti lety ruskými vědci, kteří zjistili, že injekční aplikace extraktu z hypofýzy zvyšuje výtěžek mléka (Asimov a Krouze, 1937). Tento objev byl potvrzen také autory ve Velké Británii (Folley a Young, 1940). Podle autorů Burton et al. (1994) byla při injekční aplikaci růstového hormonu mléčná užitkovost krav zvýšena o 6 až 35 %.

U většiny dojených plemen převažuje v polymorfismu pátého exonu alela *L* oproti alele *V*. Biswas et al. (2003) zjistili u kříženců holštýnsko-fríského skotu převahu alely *L* a genotypu *LL*. Porovnání četností alel u simentálského a holštýnského plemene je uvedeno v tabulce 8.

Porovnání četností alel *GH* u simentálského a holštýnského plemene skotu

Tabulka 8

Alela <i>GH</i>	Četnost (simentálský skot)		Četnost (holštýnský skot)		
	Schlee et al. (1994a)	Zhang et al. (1993b)	Chrenek et al. (1998)	Zhang et al. (1993b)	Lucy et al. (1993)
<i>L</i>	0,710	0,730	0,730	0,910	0,930
<i>V</i>	0,290	0,270	0,270	0,090	0,070

Sabour et al. (1997) publikovali genotypové četnosti u býků plemen holštýn (*LL* 0,82; *LV* 0,18; *VV* 0,00), ayrshire (*LL* 0,53; *LV* 0,35; *VV* 0,12) a jersey (*LL* 0,62; *LV* 0,29; *VV* 0,09). De Paz et al. (2004) uvádějí četnost genotypu *LL* 0,75 a genotypu *LV* 0,25 u sledovaného souboru kříženců.

Podle Lucy et al. (1993) se nízká četnost alely *V* vyskytuje zejména u mléčných plemen s větším tělesným rámcem (holštýnsko-fríský skot, brown swiss), zatímco u plemen menšího rámce (ayrshire, jersey) je četnost alely *V* vyšší. Expresí alel *L* a *V* ovlivňuje růst a velikost těla zvířat v dospělosti. Větší tělesný rámec koreluje s vyšší mléčnou užitkovostí holštýnských krav v porovnání s jerseykými. Naopak Schlee et al. (1994b) uvádějí, že zvířata s genotypem *LL* obecně vykazují vyšší koncentraci *GH* v krvi než zvířata s genotypem *LV*. Proto je alela *L* hojně zastoupena u plemen většího tělesného rámce. Toto tvrzení

vyvracejí Grochowska et al. (2001), kteří zjistili u holštýnsko-fríských býků s genotypem *VV* vyšší koncentraci *GH* v krvi než u býků s genotypem *LL* a *LV*.

Biologická podstata užitekosti skotu naznačuje, že geneticky lepší zvířata se od horších liší hlavně v regulaci využití přijatých živin. Růstový hormon hraje klíčovou roli při kontrole využití živin (Bauman, 1992) a vývoji savců (Sejrsen et al., 1986), ovlivňuje intermediární metabolismus a další fyziologické procesy živého organismu, např. stárnutí (Copras et al., 1993) a imunitní citlivost (Blalock, 1994). Z těchto důvodů je gen pro růstový hormon důležitým genem zejména pro růst a následně i pro mléčnou užitekost.

Vztah *L* a *V* variant *GH* k mléčné užitekosti krav sledovali Biswas et al. (2003) a uvádějí statisticky významné vztahy genotypu *LL* k vyšší produkci tuku a genotypu *LV* k vyšší produkci bílkovin. Naopak Khatami et al. (2005) zjistili vztah polymorfismu pátého exonu k obsahu tuku v mléce. Vyšší obsah tuku zaznamenali u krav s genotypem *LV*, oproti genotypu *LL*. Vukasinovic et al. (1999) zjišťovali možné asociace tří polymorfních míst genu pro *GH* ve vztahu k mléčné užitekosti. Polymorfní místo v pátém exonu označili jako možný selekční marker pro procento bílkovin v mléce. Chung et al. (1996) a Lucy et al. (1993) nezaznamenali u sledovaných holštýnsko-fríských krav výskyt genotypu *VV*. Autoři obou prací zjistili vyšší mléčnou užitekost u krav s genotypem *LL* oproti genotypu *LV*. U laktujících krav byl dle studie Eppard et al. (1992) po exogenní aplikaci růstového hormonu s valinem v pozici 127 zjištěn větší nárůst produkce mléka než při použití varianty s leucinem. Rozdíl v užitekosti krav, kterým byla podána *V* varianta *GH* proti kravám ošetřeným aplikací varianty *L* byl 2 kg mléka za den.

2.2 Rozdělení genetických markerů

Karyotyp skotu se skládá z 29 párů autozomů a 1 páru pohlavních chromozomů. Celková délka genomu měřená v počtu bází je přibližně 6,2 miliardy párů bází (Dvořák et al., 2000). Podle Hrubana et al. (1999) tvoří strukturální geny genomové DNA pouze 5 až 10 %, zbytek DNA je tvořen různými regulačními a nekódujícími sekvencemi, zejména repetitivními. Nekódující

intronové sekvence se u většiny genů vyskytují častěji a jsou rovněž delší než kódující exonové sekvence (Hruban a Majzlík, 2000).

Genetické markery jsou polymorfní znaky a mohou zahrnovat jak strukturální kódující geny, tak převážně anonymní polymorfní DNA sekvence charakteru mikrosatelitů, méně často minisatelitů (Příbyl a Hruban, 2000).

Knoll a Urban (2002) uvádějí tři typy genetických markerů:

- I. kódující exprimované geny – mají nízkou hladinu polymorfismu a mohou být kandidátními geny pro QTL;
- II. vysoce variabilní sekvence DNA – mají vysoký stupeň polymorfismu, nemají přímý vliv na variabilitu znaku, ale mohou být ve vazbě s QTL; jsou to především mikrosatelity a minisatelity;
- III. jednonukleotidové polymorfismy (SNP) – nachází se nejčastěji v nekódujících intronech.

Podle charakteru polymorfismu lze markery rozdělit do třech skupin:

1. *Polymorfismus délky restrikčních fragmentů* (RFLP - Restriction Fragment Length Polymorphism) (Zwierzchowski, 2005);
2. *Polymorfismus v délce sekvence* (SSLP - Simple Sequence Length Polymorphism) zahrnující *mikrosatelity* (STR - Short Tandem Repeats, SSR - Simple Sequence Repeat), *minisatelity* (VNTR - Variable Number Tandem Repeat) a vzácně se vyskytující *inzerce* nebo *delece* v intronech. Mikrosatelity jsou krátké tandemové repetice složené z mono-, di-, tri- nebo tetranukleotidů a jejich významnou vlastností je vysoký stupeň polymorfismu způsobený variabilním počtem tandemových repetic (cca 10 - 30). Přestože funkce mikrosatelitů je stále diskutabilní, mohou být díky svému polymorfismu rychle a spolehlivě testovány, zejména pomocí PCR a PAGE (elektroforéza na polyakrylamidovém gelu) a jsou vhodné pro mapování genů a určování paternity (Knoll a Urban, 2002);
3. *Polymorfismus jednotlivých nukleotidů* (SNP - Single Nucleotide Polymorphism) představuje bodové mutace, které mohou být někdy detekovány jako RFLP (Kurg, 2005).

Je-li marker umístěn v genu, není problém s rekombinací a jednotlivé varianty markeru vypovídají zároveň o variantách genu. Pokud je marker od genu vzdálen, vzniká prostor pro případnou rekombinaci a podle van der Werfa a Kinghorna (2000) se pak nelze plně spolehnout na vazbu markeru s genem.

Dojde-li k rekombinaci mezi genem a markerem na úseku chromozomu, nejsou již alely tohoto markeru ve vazbě s alelami genu. Proto musí být výskyt markeru testován u každé populace a rodiny. Na základě epistatických a pleiotropních efektů nemusí mít geny v některé populaci jasný vliv, čímž je možné vysvětlit významný podíl variability jednotlivých znaků v různých populacích (Linville et al., 2001).

2.3 Nejvýznamnější metody stanovování genetických markerů

Hlavním nástrojem detekce polymorfismu DNA je často prostá elektroforéza namnožených segmentů DNA pomocí PCR (polymerázová řetězová reakce). Segmenty mikrosatelitů jsou vymezeny pomocí specifických primerů. Někdy je nutné štěpení PCR amplifikátu restrikcími enzymy (endonukleázami), nebo se provádí detekce pomocí značených DNA sond (Příbyl a Hruban, 2000).

2.3.1 PCR-RFLP

PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism) polymerázová řetězová reakce a polymorfismus délky restrikcími fragmentů je metoda založená na sekvenční specifitě restrikcími endonukleáz, je jednoduchá a dobře reprodukovatelná (Knoll a Urban, 2002).

Princip metody spočívá v tom, že požadovaný úsek DNA je namnožen při PCR a následným použitím specifické restrikcími endonukleázy je rozštěpen na fragmenty o různé velikosti (podle přítomnosti nebo nepřítomnosti restrikcími místa). Získané fragmenty, jejichž délka je známá, jsou rozděleny elektroforeticky, a to nejčastěji na agarozovém nebo polyakrylamidovém gelu. Metoda je vhodná i pro testování velkého množství vzorků (Neubauerová, 2001).

Polymerázová řetězová reakce (PCR) (Saiki et al., 1985) slouží pro namnožení určitého úseku DNA řetězce a tím k získání dostatečného množství specifické DNA pro další analýzy. Podstatou je enzymatická amplifikace (pomnožení) určitého úseku DNA označeného pomocí primerů. Oblast mezi primery je syntetizována a vzniknou dva dvouvláknové produkty, které jsou využity v dalších cyklech k namnožení fragmentů. Z každé původní molekuly templátové DNA tak vzniká 2^n kopií, kde n je počet cyklů. Celá reakce probíhá v termálním cyklu, kde se v několika cyklech opakuje sled optimálních teplot pro jednotlivé kroky amplifikace, kterými jsou:

- denaturace - dvouvláknová DNA je denaturována zahřátím vzorku na 90 až 95 °C,
- annealace - při krátkém ochlazení na 40 až 60 °C jsou primery schopny nasedat na své komplementární sekvence,
- elongace - zahřátím na 72 °C se připojené primery prodlužují pomocí termostabilní a opakovaně využitelné *Taq polymerázy*. *Taq DNA polymeráza* může být opakovaně vystavena vyšší teplotě (94 až 95 °C) potřebné pro oddělení řetězců, proto není nutné přidávat enzym v každém cyklu (Mullis a Faloona, 1987).

Saiki et al. (1985) uvádějí odhad účinnosti celé reakce na 60 až 85 %, neboť skutečná účinnost metody je limitována koncentrací substrátu a aktivitou enzymu. Přesto je možné v průběhu několika hodin získat mikrogramová množství DNA fragmentu i ze vzorků, kde se nacházela pouze jediná kopie odpovídajícího genu.

Polymorfismus délky restričních fragmentů (RFLP) následuje po namnožení úseku DNA pomocí PCR a spočívá v rozštěpení jedné ze dvou přítomných variant PCR produktu specifickou restriční endonukleázou. RFLP vznikl objevením specifických restričních endonukleáz, které štěpí řetězec DNA uvnitř specifické sekvence nukleotidů (Smith a Wilcox, 1970). Sekvence použité endonukleázy je shodná se sekvencí místa s hledaným polymorfismem polynukleotidového řetězce. Toto místo může zaniknout nukleotidovou insercí, delecí nebo substitucí a vzniká tak nové místo pro jinou endonukleázu.

Výsledek PCR-RFLP se zjišťuje pomocí elektroforézy, nejčastěji na agarozovém nebo polyakrylamidovém gelu a vizualizace fragmentů je

prováděna použitím ethidium bromidu na UV světle (Sambrook et al., 1989). Elektroforéza rozděljuje látky v elektrickém poli vytvořeném pomocí stejnosměrného proudu. Náboj nukleových kyselin je záporný, proto se v neutrálním i více kyselém prostředí pohybují vždy od katody (-) k anodě (+) (Hruban et al., 1999). Základní rozdělení elektroforéz podle provedení je na horizontální a vertikální. Dělení může probíhat po celou dobu buď v jednom směru, tj. jednorozměrná (přímá) elektroforéza, nebo lze po určité době dělení změnit orientaci směru stejnosměrného napětí o 90°, tj. dvojrozměrná elektroforéza proteinů (Juneja, 1981). Další rozdělení elektroforéz je podle toho, zda dělení DNA nebo proteinů probíhá v nedenaturujících nebo denaturujících podmínkách. V molekulární biologii se dnes používá především elektroforéza v gelovém prostředí a nejčastěji se využívají tři typy gelů:

- a) škrobová elektroforéza - levný gel z hydrolyzovaného škrobu, využití pro určování polymorfismu založeného na záměně aminokyselin,
- b) agarózová elektroforéza - rychle připravený gel z polysacharidu z mořských řas, v nedenaturujících podmínkách lze spolehlivě rozlišit fragmenty od 50bp až do 500 000bp,
- c) polyakrylamidová elektroforéza (PAGE - PolyAcrylamide Gel Electrophoresis) má vynikající homogenitu a rozlišovací schopnost, v optimálních podmínkách lze dosáhnout rozlišení mezi fragmenty s rozdílem jednoho páru nukleotidů (Neubauerová, 2001).

2.3.2 Další používané metody

Mezi další metody umožňující detekci polymorfismů genetických markerů patří:

- *AFLP* (Amplified Fragment Length Polymorphism) polymorfismus délky amplifikovaných fragmentů založený na detekci restrikčních fragmentů DNA pomocí PCR amplifikace (Knoll a Urban, 2002).

- *SSCP* (Single-Stranded Conformation Polymorphism) konformační polymorfismus jednořetězců pracující s denaturovaným vzorkem (produktem PCR), který se nanáší na nedenaturační polyakrylamidový gel a elektroforéza běží za konstantní teploty. Separace vláken DNA lišících se jedním nebo více nukleotidy je založena na specifické konformaci jednořetězcové DNA, která se vytvoří při elektroforéze v závislosti na složení nukleotidů (Zwierzchowski, 2005).
- *RAPD* (Random Amplified Polymorphic DNA) náhodně amplifikovaná polymorfní DNA sloužící k tvorbě genomového fingerprintingu. Jedinci se liší v přítomnosti fragmentů podle toho, kde našel primer při PCR homologní místa. Metoda umožňuje detekovat velké množství polymorfismů, a proto je vhodná pro mapování QTL, fingerprinting a tvorbu genetických map. Lokalizace SNP je neznámá.
- *DGGE* (Denaturant Gradient Gel Electrophoresis) denaturační gradientová gelová elektroforéza umožňující detekci jednonukleotidových změn v DNA. Nedenaturované fragmenty DNA se separují v gelu na základě velikosti a teploty tání. Separace fragmentů je založena na rozdílné mobilitě fragmentů při různém stupni denaturace DNA za konstantní teploty gelu. Molekula s páry bází o nižší energii je dříve částečně denaturována a tím se v gelu pohybuje pomaleji než DNA se stabilnějším párem bází. Proto lze detekovat i záměny jednoho páru báze (SNP).
- *Sekvencování* umožňuje přímou identifikaci SNP stanovením sekvence daného úseku DNA (Knoll a Urban, 2002).

2.4 Český strakatý skot

Český strakatý skot je v domácí dojené populaci zastoupen 49 % a s celkovým počtem 174 000 krav zapsaných v plemenné knize patří mezi čtyři největší populace kombinovaného skotu v Evropě. Téměř 75 % ze všech krav

Základní parametry chovného cíle českého strakatého skotu

Tabulka 9

Mléčná užitkovost	
Mléko - dospělé krávy	6 000 - 7 500 kg
Obsah bílkovin	min. 3,50 %
Obsah tuku	4,0 - 4,1 %
Poměr obsahu bílkovin a tuku	1 : 1,15 - 1,20
Produkční využití dojnic	4 - 5 laktací
Masná užitkovost	
Denní přírůstek býků ve výkrmu	1 300 g a vyšší
Jatečná výtěžnost žírných býků	57 - 59 %
Ranost	
Věk při 1. zapuštění	16 - 19 měsíců
Věk při 1. otelení	26 - 29 měsíců
Plodnost	
Servis perioda	do 100 dní
Inseminační index	do 1,8
Březost po 1. inseminaci - jalovice	60 - 70 %
- krávy	50 - 60 %
Mezidobí	380 - 390 dní
Standard plemene	
Hmotnost jalovic při 1. zapuštění	420 - 440 kg
Hmotnost dospělých - krav	650 - 750 kg
- býků	1 200 - 1 300 kg
Výška v kříži dospělých - krav	140 - 144 cm
- býků	152 - 160 cm

Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2007), dostupné na www.cestr.cz

Populace českého strakatého skotu je členěna podle genetického podílu strakatého plemene do kategorií označovaných:

- C1 - podíl 75 % a více českého strakatého plemene;
- C2 - podíl 51 - 74 % českého strakatého plemene;

- C3 - podíl 25 - 50 % českého strakatého plemene (Urban et al., 1997).

Výhodou českého strakatého skotu oproti jednostranně mléčnému holštýnskému plemeni je kromě masné užitkovosti produkce kvalitního mléka s vysokým podílem mléčných složek a příhodnějším zastoupením kaseinu a jeho frakcí. Další výhodou je vyšší obsah vápníku, který pozitivně ovlivňuje srážecí vlastnosti mléka. Proto se mléko českého strakatého skotu výborně hodí pro produkci sýrů, což potvrzuje i vyšší výtěžnost sýřeniny a kratší doba sýření oproti mléku plemene holštýn (Kučera a Král, 2006).

3. CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo ve sledované populaci prvotetek českého strakatého skotu:

- Stanovit alelické a genotypové četnosti genů mléčných bílkovin - α_{S1} -kasein (*CSN1S1*), β -kasein (*CSN2*), κ -kasein (*CSN3*) a β -laktoglobulin (*LGB*);
- Analyzovat vztahy genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti za prvních 100 a 200 dnů laktace;
- Analyzovat vztahy genů mléčných bílkovin k parametrům technologické kvality mléka;
- Zjistit společné efekty dvojic genů na všechny sledované parametry;
- Vyvodit závěry pro šlechtění českého strakatého skotu.

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika sledovaného souboru českého strakatého skotu

Do sledování bylo zahrnuto 331 prvotetek českého strakatého skotu ze čtyř vysokoprodukčních stád. Do prvního stáda náleželo 176 prvotetek, do druhého 83, do třetího 18 a do čtvrtého 54 prvotetek. Úroveň průměrné mléčné užitkovosti se ve sledovaných chovech pohybovala mezi 6900 a 7600 kg mléka za první normovanou laktaci. Výživa i podmínky ustájení a ošetřování byly v chovech srovnatelné.

U všech sledovaných plemenic byly stanoveny genotypy genů mléčných bílkovin *CSN1S1* (alfa_{s1}-kasein), *CSN2* (beta-kasein), *CSN3* (kapa-kasein) a *LGB* (beta-laktoglobulin) a následně byly odebrány vzorky mléka, u nichž byly provedeny rozborů na ukazatele technologické kvality (obsah celkové sušiny, obsah tukuprosté sušiny, obsah hrubých bílkovin, obsah čistých bílkovin, obsah nebílkovinných dusíkatých látek, obsah kaseinu, obsah syrovátkových bílkovin, kaseinové číslo na bázi hrubé bílkoviny, čas enzymatické koagulace mléka = doba sýření, kvalita sýřeniny, pevnost sýřeniny a objem vyloučené syrovátky). Rozborů mléka byly provedeny ve spolupráci s laboratořemi VÚCHS Rapotín.

Dále byly u prvotetek zjištěny hodnoty parametrů mléčné užitkovosti za prvních 100 a 200 dnů laktace - produkce mléka, bílkovin a tuku, obsah bílkovin a tuku (tyto údaje byly převzaty z centrální databanky kontroly užitkovosti skotu).

4.2 Detekce polymorfismů sledovaných genů

DNA pro detekci genotypů genů mléčných bílkovin byla získána z krve plemenic. Krev byla odebírána již v období před prvním otelením, a to z ocasní žíly (*vena caudalis*) pomocí odběrky Hemos. Ihned po odběru byla krev přelita do plastové sběrné zkumavky s roztokem EDTA, který zabránil jejímu sražení. Poté

byla uložena do chladicího boxu, následně dopravena do mrazicího kontejneru laboratoře a uchována. Izolace DNA byla prováděna podle Kawasaki (1990).

Genotypy *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3* a *LGB* byly stanoveny metodou PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction and Restriction Fragment Length Polymorphism; polymerázová řetězová reakce a polymorfismus délky restričních fragmentů) a následnou elektroforézou na agarózovém gelu.

Detekce alel pro kaseinové geny *CSN1S1* (alely *B* a *C*) a *CSN3* (alely *A*, *B* a *E*) byla provedena podle metodiky Lien a Rogne (1993). Alely pro *CSN2* (*A*¹, *A*², *A*³ a *B*) byly stanoveny podle metodiky Lien et al. (1992). Varianty *LGB* (alely *A* a *B*) byly detekovány podle metodiky publikované autory Agrawala et al. (1992). Podmínky PCR se v některých hodnotách lišily oproti výše uvedeným citacím:

- *CSN1S1* – 3 min. při 94°C, dále 40 cyklů: 30 s při 94°C, 45 s při 63°C a 60 s při 72°C;
- *CSN2* – 1 min. při 95°C, dále 35 cyklů: 30 s při 95°C, 25 s při 66°C a 30 s při 72°C;
- *CSN3* - 1 min. při 95°C, dále 35 cyklů: 30 s při 95°C, 25 s při 62°C a 30 s při 72°C;
- *LGB* - 3 min. při 95°C, dále 40 cyklů: 60 s při 95°C, 30 s při 60°C a 30 s při 72°C.

Pomocí PCR byl namnožen požadovaný úsek DNA označený primery. Syntéza úseku byla zajištěna termostabilní DNA polymerázou (tzv. *Taq DNA polymeráza*). Dále následovalo rozštěpení jedné ze dvou přítomných variant PCR produktu specifickou restriční endonukleázou (metoda RFLP), která štěpí řetězec DNA uvnitř specifické sekvence nukleotidů. Výsledek štěpení byl zjištěn pomocí elektroforézy na agarózovém gelu.

4.3 Stanovení parametrů kvality mléka

Odběry vzorků mléka od sledovaných prvotek českého strakatého skotu pro rozborů technologické kvality byly prováděny mezi 50. a 140. dnem po

otelení. Odběry probíhaly v dojárnách do plastových vzorkovnic o objemu 500 ml pomocí poměrného vzorkovače používaného k odběru vzorků mléka při kontrole užítkovosti. Úhel posazení vzorkovače byl pozměněn tak, aby se zvýšila průtoková rychlost a tudíž byl za jedno dojení odebrán vzorek o minimálním objemu 300 ml.

Odebrané vzorky byly převezeny do laboratoře a analyzovány na parametry technologické kvality mléka. Souhrnný přehled stanovovaných ukazatelů, jejich udávaná jednotka a stručná metodika jejich stanovení byly následující:

<i>Parametr (zkratka)</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Stanovení</i>
<u>Mléko</u>		
• Celkový obsah sušiny (S)	(%)	Parametry S a TPS měřeny přístrojem MilkoScan 133B (Foss Electric, Denmark), dle standardu ČSN 57 0536, kalibrace podle Kjeldahla pro HB a polymerické a gravimetrické metody pro TPS podle standardu ČSN 57 0530. HB = celkový N × 6,38.
• Obsah tukuprosté suš. (TPS)	(%)	
• Obsah hrubých bílkovin (HB)	(%)	
• Obsah čistých bílkovin (CB)	(%)	Stanovení metodou Kjeldahl na přístrojích Tecator a Kjeltec Auto Distillation unit 2 200 (Foss-Tecator AB, Sweden) podle ČSN 57 0530. Výsledky získány: bílkovinný N × 6,38 a kaseinový N × 6,38.
• Obsah kaseinu (KAS)	(%)	
• Obsah nebílkovinných dusíkatých látek (NNL)	(%)	Obsah HB – obsah CB.
• Obsah syrovátkových bílkovin (SB)	(%)	Obsah CB – obsah KAS.
• Kaseinové číslo na bázi HB (KC)	(%)	Procentický podíl kaseinu z hrubých bílkovin.

Sýry

• Doba enzymatické koagulace mléka	(s)	Zjištění doby enzymatické koagulace mléka (od přidání enzymu do sražení mléka).
• Kvalita sýřeniny	stupeň	Subjektivní odhad, aspekci a palpaci, 1 = výborná až 4 = špatná.
• Pevnost sýřeniny	(mm)	Po enzymatickém sýření - mm propadu tělíška koláčem sýřeniny za konstantních podmínek, čím méně mm, tím pevnější sýřenina.
• Objem vyloučené syrovátky	(ml)	Objem syrovátky vypuzené koláčem sýřeniny získané z 50 ml mléka.

4.4 Statistické vyhodnocení

Četnosti genotypů byly vypočteny jako procentické zastoupení z celkového počtu genotypovaných prvotelek. Při výpočtu četností jednotlivých alel bylo použito následujícího vzorce:

$$P_{ij} = \frac{2 Z_{ijj} + \sum_{j \neq i} Z_{ijj}}{2N} \quad (1)$$

kde N je počet zvířat,

P_{ij} je četnost j-té alely na i-tém lokusu,

Z_{ijj} je počet jedinců, kteří mají na i-tém lokusu stejné alely,

$Z_{ijj'}$ je počet jedinců, kteří mají na i-tém lokusu různé alely.

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti byla provedena v programu SAS analýzou rozptylu pomocí následujícího lineárního modelu s pevnými efekty:

$$y_{ijklmn} = \mu + SRO_i + G_j + P_k + B_l + bV_m + e_{ijklmn} \quad (2)$$

kde y je sledovaný parametr mléčné užitkovosti; μ je průměr sledovaného parametru; SRO je sdružený efekt stáda (podniku), roku a období otelení; G je vliv genotypu sledovaného genu, nebo genotypů dvou genů, jejichž společný efekt je sledován; P je vliv podílu krve českého strakatého plemene; B je efekt plemenné hodnoty otce, bV je regrese na věk při prvním otelení plemenice; e je soubor reziduálních efektů.

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům technologické kvality mléka byla provedena v programu SAS analýzou rozptylu pomocí následujícího lineárního modelu s pevnými efekty:

$$y_{ijkl} = \mu + SRO_i + G_j + b_l V_k + e_{ijkl} \quad (3)$$

kde y je sledovaný parametr technologické kvality mléka; μ je průměr sledovaného parametru; G je vliv genotypu genu, nebo genotypů dvou genů, jejichž společný efekt je sledován; bV je regrese na věk při prvním otelení plemenice; e je soubor reziduálních efektů.

V modelu (3) byl nejprve zahrnut i efekt dne laktace od otelení, kdy byl odebrán vzorek mléka na rozbor kvality (tzn. efekt fáze laktace). Ten se však neprojevil jako významný, proto byl z modelu vypuštěn. Výsledky analýz byly i po jeho vyřazení shodné.

Sdružený efekt stáda, roku a období zahrnoval čtyři skupiny podle podniku (chov 1 až 4), dvě skupiny podle roku otelení (rok 2005 – skupina 1, rok 2006 – skupina 2) a čtyři skupiny podle období otelení (jaro – skupina 1 až zima – skupina 4).

Dle podílu krve českého strakatého plemene byly sledované prvotelky rozděleny do třech skupin:

- 100 % skupina 1;
- 76 – 99 % skupina 2;
- 50 – 75 % skupina 3.

Efekt plemenné hodnoty (PH) otce obsahoval 3 skupiny:

- PH < -55 kg mléka skupina 1;
- PH -55 až +450 kg mléka skupina 2;
- PH > +450 kg mléka skupina 3.

Věk při prvním otelení se u sledovaných prvotetek pohyboval od 683 do 1094 dní.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Základní charakteristiky sledovaných prvotek

Průměrná užitkovost za prvních 100 dnů laktace se u sledovaných prvotek českého strakatého skotu pohybovala mezi jednotlivými stády od 2348 do 2749 kg mléka a mezi 78 a 91 kg bílkovin (tabulka 10). Nejvyšší parametry

Základní charakteristiky parametrů mléčné užitkovosti u sledovaných prvotek za prvních 100 dnů laktace

Tabulka 10

Základní statistické charakteristiky	Parametr za 100 dnů laktace				
	Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
	Všechny chovy (n = 331)				
\bar{x}	2622	87	3,33	103	3,95
s_x	449	14	0,22	20	0,44
min.	1206	43	2,74	47	2,77
max.	3595	130	3,95	166	5,22
	Chov 1 (n = 176)				
\bar{x}	2749	91	3,30	110	4,02
s_x	397	12	0,21	19	0,43
min.	1675	57	2,85	70	2,83
max.	3587	130	3,95	166	5,17
	Chov 2 (n = 83)				
\bar{x}	2348	79	3,39	94	4,01
s_x	432	13	0,18	20	0,44
min.	1206	43	3,07	47	2,91
max.	3325	117	3,85	147	5,22
	Chov 3 (n = 18)				
\bar{x}	2436	78	3,23	89	3,67
s_x	522	14	0,24	17	0,32
min.	1471	52	2,74	49	3,01
max.	3285	100	3,68	118	4,29
	Chov 4 (n = 54)				
\bar{x}	2696	90	3,35	100	3,72
s_x	410	12	0,24	18	0,41
min.	1858	64	2,80	69	2,77
max.	3595	129	3,89	153	4,55

užitkovosti byly zaznamenány v chovech 1 a 4, nižší hodnoty byly zjištěny v podnicích 2 a 3. Obdobná tendence byla zjištěna i za 200 denní úsek laktace (tabulka 11), kde v chovech 1 a 4 vyprodukovaly prvotelky průměrně 5287 a 5222 kg mléka a 179 a 177 kg bílkovin, zatímco v chovech 2 a 3 byla průměrná produkce nižší přibližně o 600 kg mléka a 20 kg bílkovin. Průměrný obsah bílkovin a tuku za všechny chovy byl zjištěn 3,39 a 3,95 %.

Základní charakteristiky parametrů mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 200 dnů laktace

Tabulka 11

Základní statistické charakteristiky	Parametr za 200 dnů laktace				
	Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
	Všechny chovy (n = 331)				
\bar{x}	5088	172	3,39	201	3,95
s_x	852	26	0,18	36	0,37
min.	2722	100	2,95	99	2,86
max.	7265	244	3,99	303	5,04
	Chov 1 (n = 176)				
\bar{x}	5287	179	3,38	212	4,01
s_x	753	24	0,18	33	0,36
min.	3133	116	2,95	131	3,18
max.	6767	244	3,99	303	5,04
	Chov 2 (n = 83)				
\bar{x}	4685	159	3,42	189	4,04
s_x	856	26	0,15	37	0,33
min.	2767	101	3,09	99	3,30
max.	6620	224	3,80	290	4,94
	Chov 3 (n = 18)				
\bar{x}	4602	151	3,31	168	3,68
s_x	995	28	0,17	33	0,28
min.	2722	100	2,97	107	3,25
max.	6292	197	3,67	232	4,30
	Chov 4 (n = 54)				
\bar{x}	5222	177	3,41	191	3,67
s_x	852	25	0,21	31	0,35
min.	3583	127	2,95	141	2,86
max.	7265	238	3,86	284	4,37

Výše parametrů užitkovosti prvotetek značí velmi dobrou úroveň sledovaných stád a poukazuje na jejich kvalitní genetický potenciál, který se projevuje při zajištění optimálních podmínek chovu.

Charakteristiky parametrů technologické kvality mléka z hlediska zastoupení bílkovinných frakcí a zpracování na sýry jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13. Celkový obsah sušiny v mléce se ve sledovaných chovech pohyboval od

Základní charakteristiky parametrů kvality mléka u sledovaných prvotetek

Tabulka 12

Základní statistické charakteristiky	Parametr kvality mléka							
	S (%)	TPS (%)	HB (%)	CB (%)	NNL (%)	KAS (%)	SB (%)	KC (%)
Všechny chovy (n = 331)								
\bar{x}	13,00	9,11	3,43	3,24	0,19	2,76	0,48	80,31
s_x	0,72	0,29	0,25	0,24	0,05	0,23	0,09	2,90
min.	11,12	8,02	2,80	2,58	0,09	1,81	0,26	59,15
max.	15,11	9,95	4,20	4,00	0,52	3,40	1,11	86,54
Chov 1 (n = 176)								
\bar{x}	12,90	9,08	3,44	3,24	0,19	2,77	0,48	80,38
s_x	0,66	0,32	0,25	0,25	0,06	0,24	0,09	3,19
min.	11,24	8,02	2,80	2,58	0,10	1,81	0,26	59,15
max.	14,96	9,83	4,20	4,00	0,52	3,40	1,11	86,54
Chov 2 (n = 83)								
\bar{x}	13,22	9,11	3,42	3,21	0,20	2,75	0,47	80,45
s_x	0,72	0,26	0,24	0,23	0,04	0,22	0,08	2,47
min.	11,69	8,46	2,84	2,69	0,11	2,29	0,28	69,49
max.	14,82	9,95	3,97	3,65	0,32	3,24	0,84	85,10
Chov 3 (n = 18)								
\bar{x}	12,52	9,00	3,34	3,13	0,20	2,59	0,54	77,73
s_x	0,83	0,22	0,17	0,17	0,03	0,15	0,07	2,08
min.	11,12	8,62	2,97	2,77	0,15	2,30	0,37	73,78
max.	14,60	9,51	3,70	3,52	0,26	2,96	0,72	81,96
Chov 4 (n = 54)								
\bar{x}	13,16	9,22	3,48	3,29	0,19	2,81	0,48	80,75
s_x	0,75	0,24	0,23	0,23	0,05	0,22	0,06	2,29
min.	11,56	8,61	3,01	2,82	0,09	2,39	0,35	73,81
max.	15,11	9,81	4,13	3,89	0,38	3,35	0,63	84,38

Pozn.: S = obsah sušiny, TPS = obsah tukoprosté sušiny, HB = obsah hrubých bílkovin, CB = obsah čistých bílkovin, NNL = obsah nebílkovinných dusíkatých látek, KAS = obsah kaseinu, SB = obsah syrovátkových bílkovin, KC = kaseinové číslo na bázi hrubých bílkovin.

12,52 do 13,22 %. Průměrný obsah hrubých bílkovin za všechny chovy představoval příznivou hodnotu 3,43 %, která je v souladu s naplňováním chovného cíle českého strakatého skotu požadujícího obsah bílkovin v mléce min. 3,50 % (Svaz chovatelů českého strakatého skotu, 2007). Průměrný obsah čistých bílkovin za všechny chovy činil pozitivních 3,24 % a obsah kaseinu příznivých 2,76 %.

Doba koagulace (srážení mléka) kolísala podle chovu v průměru mezi 87 a 129 sekundami, zatímco průměrný objem vyloučené syrovátky se v závislosti

Základní charakteristiky parametrů kvality sýra u sledovaných prvotek

Tabulka 13

Základní statistické charakteristiky	Parametr kvality sýra			
	Doba koagulace (s)	Kvalita sýřeniny (stupeň)	Pevnost sýřeniny (mm)	Objem vyloučené syrovátky (ml)
Všechny chovy (n = 331)				
\bar{x}	123	2,21	1,77	34
s_x	54,8	0,99	0,15	2,8
min.	24	1,00	0,50	13
max.	505	4,00	2,00	41
Chov 1 (n = 176)				
\bar{x}	129	2,24	1,78	33
s_x	58,5	1,01	0,15	2,5
min.	24	1,00	0,50	20
max.	505	4,00	2,00	41
Chov 2 (n = 83)				
\bar{x}	126	2,27	1,77	33
s_x	51,3	0,98	0,17	3,65
min.	40	1,00	1,00	13
max.	315	4,00	2,00	40
Chov 3 (n = 18)				
\bar{x}	87	2,08	1,79	34
s_x	19,2	0,66	0,79	1,9
min.	60	1,00	1,60	32
max.	130	3,00	1,90	38
Chov 4 (n = 54)				
\bar{x}	108	2,03	1,78	34
s_x	48,5	1,03	0,09	2,3
min.	49	1,00	1,50	24
max.	384	4,00	1,90	38

na chovu měnil pouze minimálně. Průměrná kvalita sýřeniny byla zjištěna vyšší v chovech 3 a 4 oproti chovům 1 a 2, zatímco průměrná pevnost sýřeniny byla v rámci sledovaných podniků obdobná.

5.2 Četnosti alel a genotypů genů mléčných bílkovin u sledovaných prvotek

U sledovaného souboru prvotek českého strakatého skotu byly detekovány dvě alely (*B* a *C*) genu *CSN1S1*, tři alely (A^1 , A^2 a *B*) genu *CSN2*, tři alely (*A*, *B* a *E*) genu *CSN3* a dvě alely (*A* a *B*) genu *LGB* (tabulka 14).

Ve všech podnicích byl v případě genu *CSN1S1* zaznamenán převažující výskyt alely *B* oproti alele *C*. Stejně zjištění uvádějí i Kučerová et al. (2006) u českého strakatého skotu, ze zahraničních prací pak Jann et al. (2002) a Boettcher et al. (2004).

Četnosti alel genů mléčných bílkovin u sledovaných prvotek českého strakatého skotu

Tabulka 14

Gen	Alela	Četnost				
		celková (n = 331)	chov 1 (n = 176)	chov 2 (n = 83)	chov 3 (n = 18)	chov 4 (n = 54)
<i>CSN1S1</i>	<i>B</i>	0,906	0,916	0,904	0,912	0,880
	<i>C</i>	0,094	0,084	0,096	0,088	0,120
<i>CSN2</i>	A^1	0,343	0,341	0,323	0,382	0,370
	A^2	0,615	0,606	0,665	0,559	0,584
	<i>B</i>	0,042	0,053	0,012	0,059	0,046
<i>CSN3</i>	<i>A</i>	0,651	0,640	0,645	0,735	0,667
	<i>B</i>	0,310	0,317	0,325	0,206	0,296
	<i>E</i>	0,039	0,043	0,030	0,059	0,037
<i>LGB</i>	<i>A</i>	0,491	0,503	0,416	0,618	0,528
	<i>B</i>	0,509	0,497	0,584	0,382	0,472

Nejvyšší alelická četnost u genu *CSN2* byla zjištěna pro alelu A^2 , zatímco řídce se vyskytovala alela *B*, jejíž pozitivní vliv na technologické vlastnosti mléka uvádějí Comin et al. (2006). Vysoké zastoupení alely A^2 má podle prací autorů Beaglehole a Jackson (2003) a Laugesen a Elliott (2003) vliv na snížení výskytu civilizačních chorob u lidí konzumujících takové mléko. Podle Kučerové et al.

(2006) však pozitivní vliv této alely na lidské zdraví není zcela v souladu s jejím pozitivním vlivem na parametry mléčné užitkovosti.

Alela *A* byla nejvíce zastoupenou alelou v případě genu *CSN3*. Pozitivním zjištěním bylo zastoupení alely *B* s průměrnou četností 0,310. Alela *B* je mnoha autory považována za klíčovou z hlediska technologické kvality mléka (Choi a Ng-Kwai-Hang, 2002; Boettcher et al., 2004; Caroli et al., 2004; Comin et al., 2006; Kučera a Král, 2006). Naproti tomu četnost alely *E*, která negativně ovlivňuje technologické vlastnosti mléka (Ikonen et al., 1997), byla zjištěna nízká.

Vyrovnaný výskyt alel *A* a *B* genu *LGB* byl zjištěn nejen v této práci, ale i v pracích jiných autorů (Hanuš et al., 1995; Čítek et al., 2001; Caroli et al., 2003; Kučerová et al., 2006) a obdobně jako u genu *CSN3*, byl pozitivní vliv na technologické vlastnosti mléka zaznamenán autory u alely *B*.

Tři genotypy (*BB*, *BC* a *CC*) genu *CSN1S1* byly detekovány u sledovaných prvotetek (tabulka 15). Nejvíce byl zastoupen genotyp *BB*, nejméně genotyp *CC*, který se vyskytoval pouze v chovech 1 a 4 a byl detekován jen u dvou prvotetek. I přes nízký výskyt genotypu *CC* v dojených populacích je jeho vliv některými autory uváděn jako nejprůběžnější z hlediska parametrů mléčné užitkovosti (Kučerová et al., 2006, Eenennaam a Medrano, 1991).

Celkem šest genotypů bylo zjištěno v případě genu *CSN2*. Nejvíce byly zastoupeny genotypy A^1A^2 a A^2A^2 . Velmi řídko se vyskytoval genotyp *BB*, který byl detekován pouze v chovu 1, a to jen u jedné prvotelky. Genotyp A^1A^1 , který je spojován s vyšší mléčnou užitkovostí (Kučerová et al., 2006), byl v průměru zastoupen 11,8 %.

Přítomnost pěti genotypů genu *CSN3* byla zaznamenána ve sledované populaci prvotetek. S nejvyšší průměrnou četností se vyskytoval genotyp *AA*, který dle prací autorů Neubauerová (2001) a Kučerová et al. (2005) souvisí s vyšší mléčnou užitkovostí. Naopak genotyp *BB* s často publikovaným klíčovým vlivem na technologickou kvalitu mléka (Hanuš et al., 1995; Hanuš et al., 2000a; Graml a Pirchner, 2003) se ve sledovaných chovech vyskytoval s četností 5,6 až 14,5 %.

V případě genu *LGB* byly zaznamenány tři genotypy (*AA*, *AB* a *BB*), přičemž nejvíce byl zastoupen genotyp *AB*, četnost zbývajících dvou genotypů byla obdobná s výjimkou chovů 2 a 3.

Četnosti genotypů genů mléčných bílkovin u sledovaných prvotetek českého strakatého skotu

Tabulka 15

Gen	Genotyp	Četnost (%)				
		celková (n = 331)	chov 1 (n = 176)	chov 2 (n = 83)	chov 3 (n = 18)	chov 4 (n = 54)
<i>CSN1S1</i>	<i>BB</i>	81,8	83,8	80,7	83,3	77,7
	<i>BC</i>	17,5	15,6	19,3	16,7	20,4
	<i>CC</i>	0,7	0,6	-	-	1,9
<i>CSN2</i>	<i>A¹A¹</i>	11,8	10,6	12,2	11,1	14,8
	<i>A¹A²</i>	43,5	45,0	40,2	55,5	40,7
	<i>A¹B</i>	1,9	1,9	-	5,6	3,7
	<i>A²A²</i>	36,7	34,4	45,1	22,2	35,2
	<i>A²B</i>	5,8	7,5	2,5	5,6	5,6
	<i>BB</i>	0,3	0,6	-	-	-
<i>CSN3</i>	<i>AA</i>	42,1	40,6	44,6	50,0	40,7
	<i>AB</i>	41,2	43,4	34,9	33,2	46,3
	<i>AE</i>	4,2	3,4	4,8	5,6	5,6
	<i>BB</i>	8,8	7,4	14,5	5,6	5,6
	<i>BE</i>	3,7	5,2	1,2	5,6	1,8
<i>LGB</i>	<i>AA</i>	25,5	26,4	20,4	33,3	27,8
	<i>AB</i>	46,8	47,7	42,2	50,0	50,0
	<i>BB</i>	27,7	25,9	37,4	16,7	22,2

Při zjišťování genotypových četností u kombinací dvou genů mléčných bílkovin bylo zaznamenáno 11 kombinací genotypů *CSN1S1+CSN2*, 20 kombinací genotypů *CSN2+CSN3* a 15 kombinací genotypů *CSN3+LGB* (tabulka 16). Nejvíce zastoupenými genotypy kombinace *CSN1S1+CSN2* byly *BBA¹A²* a *BBA²A²*, řidce se vyskytovaly genotypy *BBBB*, *BCA¹A²* a *CCA²A²*. V případě kombinace genů *CSN2+CSN3* převažovalo zastoupení genotypů *A¹A²AB*, *A²A²AA*, *A²A²AB* a *A¹A²AA*, ostatní genotypy se vyskytovaly s výrazně nižší četností. Méně než polovina kombinací genotypů *CSN3+LGB* byla zastoupena s četností mezi 10,1 a 21,0 %, zatímco četnost zbývajících genotypů se pohybovala pouze mezi 0,3 a 3,7 %. Nejvíce se vyskytoval genotyp *ABAB*. Rovněž Matějček et al. (2007) zjišťovali četnosti genotypů *CSN3+LGB* u českého strakatého skotu a nejčastější výskyt zaznamenali v případě genotypu *ABAB*.

Četnosti genotypů *CSN1S1+CSN2*, *CSN2+CSN3* a *CSN3+LGB* u sledovaných prvotetek českého strakatého skotu

Tabulka 16

Genotypy <i>CSN1S1+CSN2</i>	Četnost (%)	Genotypy <i>CSN2+CSN3</i>	Četnost (%)	Genotypy <i>CSN3+LGB</i>	Četnost (%)
<i>BBA¹A¹</i>	11,4	<i>A¹A¹AA</i>	3,5	<i>AAAA</i>	13,1
<i>BBA¹A²</i>	37,6	<i>A¹A¹AB</i>	4,2	<i>AAAB</i>	18,2
<i>BBA¹B</i>	1,9	<i>A¹A¹AE</i>	1,6	<i>AABB</i>	10,7
<i>BBA²A²</i>	26,1	<i>A¹A¹BB</i>	1,0	<i>ABAA</i>	10,1
<i>BBA²B</i>	4,5	<i>A¹A¹BE</i>	1,6	<i>ABAB</i>	21,0
<i>BBBB</i>	0,3	<i>A¹A²AA</i>	16,0	<i>ABBB</i>	10,1
<i>BCA¹A¹</i>	0,3	<i>A¹A²AB</i>	18,4	<i>AEAA</i>	0,6
<i>BCA¹A²</i>	6,1	<i>A¹A²AE</i>	1,6	<i>AEAB</i>	1,8
<i>BCA²A²</i>	9,9	<i>A¹A²BB</i>	5,1	<i>AEBB</i>	1,8
<i>BCA²B</i>	1,3	<i>A¹A²BE</i>	2,2	<i>BBAA</i>	1,5
<i>CCA²A²</i>	0,6	<i>A¹BAA</i>	1,0	<i>BBAB</i>	3,7
		<i>A¹BAE</i>	1,0	<i>BBBB</i>	3,7
		<i>A²A²AA</i>	17,5	<i>BEAA</i>	0,3
		<i>A²A²AB</i>	16,6	<i>BEAB</i>	1,8
		<i>A²A²BB</i>	2,6	<i>BEBB</i>	1,5
		<i>A²BAA</i>	2,9		
		<i>A²BAB</i>	2,3		
		<i>A²BAE</i>	0,3		
		<i>A²BBB</i>	0,3		
		<i>BBAA</i>	0,3		

5.3 Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti za prvních 100 a 200 dnů laktace

Pouze v případě genu *CSN3* byl prokázán vztah k parametru mléčné užitkovosti, a to k obsahu bílkovin v mléce (tabulky 17 a 18). U genů *CSN1S1*, *CSN2* a *LGB* nebyl zjištěn statisticky významný vztah k žádnému ze sledovaných parametrů.

Nejvyšší produkce mléka, bílkovin a tuku za 100 a 200 denní úsek laktace byla u genu *CSN1S1* spojena s genotypem *CC*, naopak nejvyšší obsah bílkovin byl zaznamenán u genotypu *BB*. Nejvyšší obsah tuku za 100 denní úsek laktace byl zjištěn u genotypu *CC*, zatímco za 200 denní úsek laktace u genotypu *BC*. Rozdíly mezi genotypy nebyly v rámci sledovaných parametrů výrazné, navíc byl genotyp *CC* zastoupen jen s velmi nízkou četností (pouze u dvou prvotetek). Obdobně

Kučerová et al. (2006) uvádějí u českého strakatého skotu nejvyšší parametry mléčné užitkovosti spojené s genotypem *CC*, který rovněž detekovali u malého počtu jedinců. Naproti tomu Hanuš et al. (2000b) uvádějí u dojnic českého strakatého plemene na první laktaci vztah genotypu *BC* k vyššímu obsahu bílkovin a tuku oproti genotypu *BB*. Genotyp *CC* ve sledované populaci nezjistili vůbec.

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti u sledovaných prvotek za prvních 100 dnů laktace

Tabulka 17

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 100 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>CSN1S1</i>						
<i>BB</i>	258	2510	83	3,32	99	3,96
<i>BC</i>	54	2524	83	3,31	102	4,04
<i>CC</i>	2	2628	86	3,30	106	4,08
<i>CSN2</i>						
<i>A¹A¹</i>	37	2471	82	3,32	94	3,81
<i>A¹A²</i>	137	2471	82	3,33	97	3,95
<i>A¹B</i>	6	2725	92	3,38	104	3,78
<i>A²A²</i>	114	2534	83	3,28	98	3,89
<i>A²B</i>	18	2644	86	3,30	103	3,92
<i>BB</i>	1	2361	75	3,18	101	4,20
<i>CSN3</i> *						
<i>AA</i>	134	2527	83	3,29 ^a	100	3,95
<i>AB</i>	127	2484	83	3,37 ^{abc}	100	4,02
<i>AE</i>	13	2675	87	3,25 ^b	106	3,95
<i>BB</i>	28	2483	83	3,34	97	3,93
<i>BE</i>	12	2311	74	3,24 ^c	87	3,85
<i>LGB</i>						
<i>AA</i>	84	2491	82	3,32	98	3,95
<i>AB</i>	154	2524	83	3,31	99	3,93
<i>BB</i>	90	2542	84	3,33	103	4,07

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma genotypy označenými stejným písmenem;

V případě genu *CSN2* vynikal nejvyšší produkcí mléka, bílkovin a tuku a zároveň nejvyšším obsahem bílkovin genotyp *A¹B*. Nižší parametry produkce, ale vysoké parametry obsahu mléčných složek byly zjištěny u genotypů *A¹A¹*

a A^1A^2 . Opačný trend byl zaznamenán u genotypů A^2A^2 a A^2B (graf 1). Nejnižší hodnoty parametrů mléčné užitkovosti za 100 i 200 denní úsek laktace byly zjištěny u genotypu BB , který však nesla pouze jedna prvotelka, proto byl z analýz vypuštěn a jeho zařazení v tabulce má pouze informativní charakter. Výsledky naznačují, že alela A^2 zvyšuje produkci mléka, ale snižuje obsah bílkovin, zatímco v případě alely A^1 je tomu spíše naopak. Alela B pozitivně ovlivnila projev alel A^1 i A^2 , v homozygotním stavu se však její vliv zdá být negativní. Z důvodu výskytu genotypu BB jen u jedné plemence ale nelze usuzovat na jeho efekt. Naopak Kučerová et al. (2006) uvádějí genotyp A^1A^1 ve

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 200 dnů laktace

Tabulka 18

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 200 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>CSN1S1</i>						
<i>BB</i>	258	4872	164	3,39	189	3,89
<i>BC</i>	54	4944	167	3,39	197	4,01
<i>CC</i>	2	5155	171	3,34	200	3,94
<i>CSN2</i>						
<i>A¹A¹</i>	37	4786	162	3,39	183	3,83
<i>A¹A²</i>	137	4820	163	3,40	186	3,88
<i>A¹B</i>	6	5220	181	3,45	207	3,94
<i>A²A²</i>	114	4932	165	3,35	191	3,88
<i>A²B</i>	18	5158	174	3,39	202	3,94
<i>BB</i>	1	4425	139	3,14	186	4,15
<i>CSN3</i> *						
<i>AA</i>	134	4911	165	3,36 ^{ab}	191	3,90
<i>AB</i>	127	4845	165	3,42 ^{ac}	189	3,92
<i>AE</i>	13	5223	173	3,31 ^{cd}	205	3,91
<i>BB</i>	28	4797	165	3,44 ^{bd}	183	3,82
<i>BE</i>	12	4478	149	3,34	171	3,85
<i>LGB</i>						
<i>AA</i>	84	4845	164	3,37	189	3,89
<i>AB</i>	154	4926	166	3,38	191	3,89
<i>BB</i>	90	4865	165	3,41	191	3,95

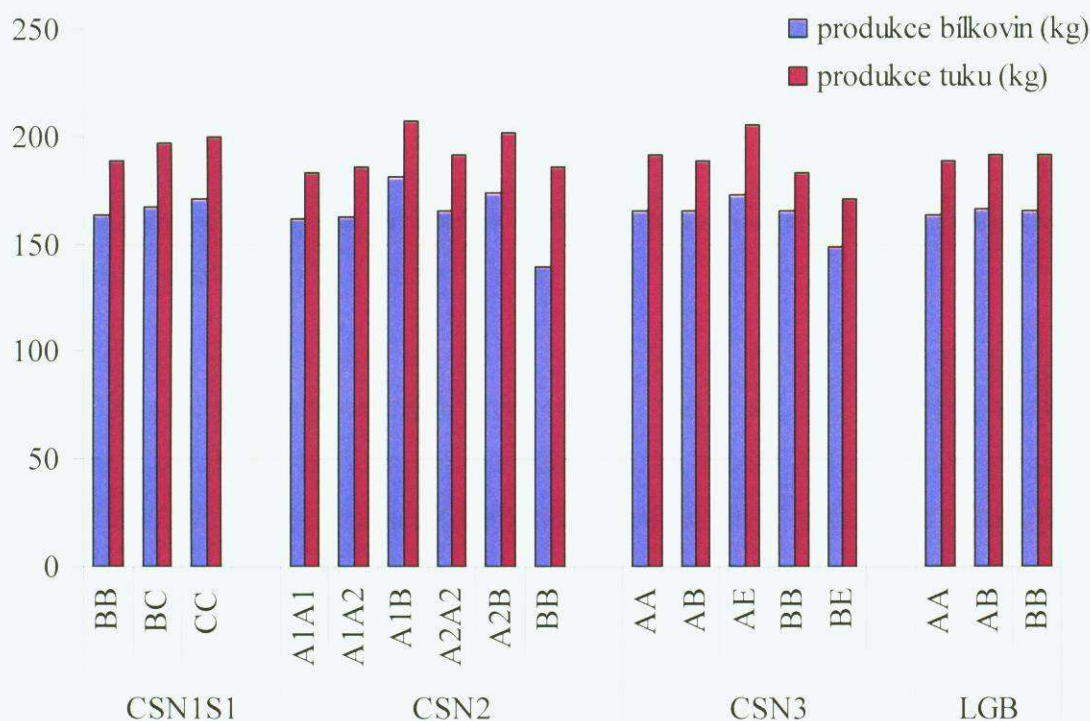
* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma genotypy označenými stejným písmenem;

vztahu s nejvyšší produkcí mléka a genotyp A^2A^3 ve vztahu k nejvyšší produkci bílkovin a tuku a zároveň s nejvyšším obsahem bílkovin v mléce. Comin et al. (2006) považují za nejvýznamnější z hlediska parametrů mléčné užitkovosti rovněž alelu A^2 , pak následuje alela A^1 a nakonec alela B .

Vztah genotypů genů mléčných bílkovin k produkci bílkovin a tuku za 200 denní úsek laktace

Graf 1



Gen *CSN3* vykázal statisticky významný vztah k obsahu bílkovin v mléce, přičemž nejvyšší obsah bílkovin byl zaznamenán u genotypů *BB* a *AB*. Oba genotypy však vykázaly nižší produkci mléka, bílkovin a tuku. Naopak genotypy *AA* a *AE* byly spojeny s vysokou mléčnou užitkovostí, ale nízkým obsahem bílkovin. Nepříznivý vliv na všechny sledované parametry byl zjištěn u genotypu *BE*. Výsledky naznačují, že alela *E* má obdobný efekt jako alela *A*, to znamená na vyšší mléčné produkce, ve spojení s alelou *B* však vykazuje horší výsledky než genotyp *AB*. Neubauerová (2001) rovněž uvádí u genotypu *AA* vztah k vyšší

mléčné produkci a naopak k nižšímu obsahu bílkovin, opačný efekt uvádí u genotypu *BB*. Tyto výsledky potvrdili i Boettcher et al. (2004), Caroli et al. (2004) a Kučerová et al. (2005).

V případě genu *LGB* byly za 100 denní úsek laktace zjištěny nejvyšší hodnoty všech sledovaných parametrů u genotypu *BB*. Za 200 denní úsek laktace byly nejvyšší hodnoty potvrzeny pouze v případě obsahu bílkovin a tuku a produkce tuku. Vyšší produkce mléka a bílkovin byla v tomto případě zjištěna u genotypu *AB*. Stejně tak Hanuš et al. (2000b) zjistili vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu bílkovin v mléce. Opačný trend zaznamenali ve své práci Kanimski et al. (2002), kteří uvádějí vztah genotypu *AA* k vyšší produkci mléka, bílkovin a tuku a k vyššímu obsahu bílkovin v mléce oproti genotypům *AB* a *BB*.

5.4 Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům technologické kvality mléka

Tři ze čtyř analyzovaných genů (*CSN2*, *CSN3* a *LGB*) vykazaly statisticky významný vztah k několika parametrům kvality mléka (tabulka 19). V případě genu *CSN1S1* nebyl zjištěn statisticky významný vztah ke sledovaným parametrům.

Gen *CSN1S1* nevykázal statisticky významný vztah k parametrům kvality mléka. Rozdíly mezi genotypy v rámci sledovaných parametrů opět nebyly výrazné, navíc genotyp *CC* nesly jen 2 plemenice, takže jeho vliv nelze objektivně posoudit. Méně příznivé výsledky byly zjištěny u genotypu *CC*, oproti genotypům *BB* a *BC*, jejichž hodnoty byly příznivější a vyrovnané. Hanuš et al. (2000a) zjistili u českého strakatého skotu rovněž vyšší obsah sušiny u krav s genotypem *BC* a nižší obsah syrovátkových bílkovin u krav s genotypem *BB*. Graml a Pirchner (2003) zjistili u plemene Fleckvieh vztah lokusu *CSN1S1* k obsahu kaseinu v mléce.

Efekt genu *CSN2* byl prokázán na obsah kaseinu v mléce a na podíl kaseinu z hrubých bílkovin (kaseinové číslo). Nejpříznivější hodnoty parametrů kvality mléka byly obdobně jako v případě parametrů mléčné užitkovosti spojeny s genotypem *A¹B* - nejvyšší obsah sušiny (S), tukuprosté sušiny (TPS), hrubých i

čistých bílkovin (HB, CB), kaseinu (KAS), nejvyšší podíl kaseinu z hrubých bílkovin (KC) a zároveň nejnižší obsah nebílkovinných dusíkatých látek (NNL) a nízký obsah syrovátkových bílkovin (SB). Příznivé hodnoty uváděných parametrů byly zjištěny i u genotypů A^1A^2 a A^1A^1 , naopak nejméně příznivé hodnoty byly spojeny s genotypy BB a A^2B . Vliv genotypu BB však nelze objektivně posoudit z důvodu nízké četnosti jeho výskytu, výsledky mají pouze informativní charakter. Efekty jednotlivých alel jsou v souladu s jejich zjištěnými efekty na parametry mléčné užitkovosti popsanými v kapitole 5.3. Rovněž Ng-Kwai-Hang (1998) uvádí u plemenic s genotypem A^1B nejvyšší obsah kaseinu v mléce. Graml a Pirchner (2003) ve své práci zjistili, že gen *CSN2* ovlivňuje syntézu kaseinu v mléce a má proto vztah k obsahu kaseinu v mléce.

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům kvality mléka u sledovaných prvotek

Tabulka 19

Ge- no- typ	n	Parametr kvality mléka							
		S (%)	TPS (%)	HB (%)	CB (%)	NNL (%)	KAS (%)	SB (%)	KC (%)
<i>CSN1</i>									
<i>BB</i>	258	13,05	9,08	3,40	3,21	0,19	2,72	0,50	79,96
<i>BC</i>	54	13,26	9,09	3,40	3,19	0,21	2,70	0,49	79,48
<i>CC</i>	2	12,77	8,96	3,37	3,17	0,20	2,62	0,54	77,78
<i>CSN2</i> * *									
A^1A^1	37	13,02	9,08	3,37	3,19	0,19	2,73	0,46	80,78 ^{ab}
A^1A^2	137	12,98	9,09	3,40	3,21	0,20	2,73	0,48	79,94
A^1B	6	13,34	9,34	3,54	3,36	0,19	2,87 ^{ab}	0,49	80,97
A^2A^2	114	13,05	9,04	3,37	3,18	0,20	2,68 ^a	0,49	79,53 ^a
A^2B	18	13,06	9,01	3,38	3,16	0,21	2,65 ^b	0,51	78,57 ^b
<i>BB</i>	1	12,65	8,68	2,89	2,68	0,21	2,11	0,57	72,91
* ** <i>CSN3</i> ** *									
<i>AA</i>	134	13,04	9,06	3,38 ^{ab}	3,18 ^{ab}	0,20	2,68 ^{ab}	0,50	79,37 ^{abcd}
<i>AB</i>	127	13,14	9,11	3,45 ^a	3,25 ^a	0,20	2,76 ^{ac}	0,49	80,06 ^b
<i>AE</i>	13	12,90	9,05	3,32 ^c	3,14 ^c	0,19	2,69	0,44	81,06 ^c
<i>BB</i>	28	13,18	9,17	3,52 ^{bcd}	3,33 ^{bcd}	0,19	2,85 ^{bcd}	0,48	80,91 ^d
<i>BE</i>	12	13,14	9,09	3,38 ^d	3,15 ^d	0,24	2,71 ^d	0,44	79,88
<i>LGB</i> *** *** ***									
<i>AA</i>	84	12,99	9,05	3,37	3,17	0,20	2,64 ^{ab}	0,54 ^{ab}	78,09 ^{ab}
<i>AB</i>	154	13,07	9,08	3,40	3,20	0,19	2,72 ^{ac}	0,49 ^{ac}	79,97 ^{ac}
<i>BB</i>	90	13,15	9,12	3,44	3,25	0,20	2,80 ^{bc}	0,45 ^{bc}	81,29 ^{bc}

* ** *** značí statistickou významnost $P < 0,05$; $P < 0,01$ a $P < 0,001$;

^{a b c d} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma genotypy téhož genu označenými stejným písmenem v rámci jednoho parametru;

Vliv genu *CSN3* byl prokázán na čtyři z osmi sledovaných parametrů (na obsah hrubých a čistých bílkovin, obsah kaseinu a kaseinové číslo). Nejvýznamnějším genotypem byl genotyp *BB*, který byl spojen s nejvyššími hodnotami obsahu sušiny, tukuprosté sušiny, hrubých a čistých bílkovin, kaseinu a zároveň s nejnižším obsahem nebílkovinných dusíkatých látek. Naproti tomu genotypy obsahující alelu *E* (*AE* a *BE*) a genotyp *AA* vykázaly nižší obsah a méně příznivou skladbu bílkovin v mléce, což opět naznačuje negativní vliv alely *E* na sledované parametry. Rozdíly mezi genotypy jsou znázorněny v grafu 2. Významný vliv genotypu *BB*, zejména na vyšší obsah kaseinu, uvádějí ve svých pracích také Hanuš et al. (2000a) u českého strakatého skotu a Graml a Pirchner (2003) u plemene Fleckvieh.

Statisticky vysoce významný vztah genu *LGB* byl zaznamenán k obsahu syrovátkových bílkovin, obsahu kaseinu a kaseinovému číslu. Nejprůzračnější hodnoty sledovaných parametrů byly zjištěny u genotypu *BB* (nejvyšší obsah sušiny, tukuprosté sušiny, hrubých a čistých bílkovin, kaseinu, nejvyšší kaseinové číslo, nejnižší obsah syrovátkových bílkovin). Nejméně příznivé hodnoty parametrů byly zaznamenány v případě genotypu *AA*. Stejně poznatky uvádějí rovněž Ikonen et al. (1997) a Hanuš et al. (2000a), kteří zjistili vztah genotypu *BB* k vyššímu obsahu kaseinu a vztah genotypu *AA* k vyššímu obsahu syrovátkových bílkovin. Naproti tomu Graml a Pirchner zaznamenali podstatný vliv genu *LGB* na obsah syrovátkových bílkovin a jen malý vliv na obsah kaseinu v mléce.

V případě genu *CSN1S1* byla v analýzách ke kvalitě sýra zjištěna nejvyšší pevnost a kvalita sýřeniny u genotypu *CC*, který však byl spojen s nejdelší dobou koagulace. Nejkratší doba koagulace byla zaznamenána u genotypu *BB*.

U prvotelky s genotypem *CSN2 BB* se bohužel nepodařilo stanovit ukazatele kvality sýra. Nejlepší hodnoty parametrů byly zjištěny u genotypů A^1A^1 a A^1A^2 . Vysoká pevnost, ale nejhorší kvalita sýřeniny a zároveň nejdelší doba koagulace byly zaznamenány u genotypu A^1B . Nepříznivá kvalita a pevnost sýřeniny byly zaznamenány u genotypu A^2B . Výsledky naznačují, že výše zmiňovaný vliv alely A^1 na nižší produkci mléka a bílkovin, ale vyšší obsah bílkovin s sebou nese i vztah k vyšší technologické kvalitě mléka. V případě alely A^2 je tomu naopak. Naproti tomu Comin et al. (2006) upřednostňují z hlediska technologických parametrů mléka alelu *B* oproti alelám A^1 a A^2 .

Pouze u genu *CSN3* byly zjištěny statisticky významné vztahy k parametrům kvality sýra (tabulka 20). Nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny vynikal genotyp *BB*, nepříznivé hodnoty obou parametrů byly zaznamenány u genotypu *BE*. Genotyp *BE* však vykázal nejkratší dobu koagulace. Naopak nejdéle se sráželo mléko genotypu *AE*. Objem vyloučené syrovátky byl u všech genotypů vyrovnaný. Méně příznivé hodnoty parametrů byly zaznamenány také v případě genotypu *AA*. Pozitivní vliv genotypu *BB* na technologické vlastnosti

Analýza vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům kvality sýra u sledovaných prvotek

Tabulka 20

Genotyp	n	Parametr kvality sýra			
		Doba koagulace (s)	Kvalita sýřeniny (stupeň)	Pevnost sýřeniny (mm)	Objem vyloučené syrovátky (ml)
<i>CSN1S1</i>					
<i>BB</i>	258	121	2,28	1,79	33
<i>BC</i>	54	122	2,48	1,81	34
<i>CC</i>	2	144	2,00	1,76	33
<i>CSN2</i>					
<i>A¹A¹</i>	37	105	2,16	1,75	34
<i>A¹A²</i>	137	118	2,14	1,79	33
<i>A¹B</i>	6	132	2,57	1,78	33
<i>A²A²</i>	114	123	2,43	1,81	33
<i>A²B</i>	18	115	2,47	1,82	34
<i>BB</i>	1	-	-	-	-
* ** <i>CSN3</i> *					
<i>AA</i>	134	127 ^a	2,45 ^{ab}	1,80 ^a	33
<i>AB</i>	127	113 ^{ab}	2,12 ^{ac}	1,80 ^b	33
<i>AE</i>	13	152 ^{bcd}	2,70 ^{cd}	1,79	33
<i>BB</i>	28	116 ^c	1,84 ^{bde}	1,71 ^{abc}	33
<i>BE</i>	12	107 ^d	2,56 ^e	1,85 ^c	33
<i>LGB</i>					
<i>AA</i>	84	118	2,47	1,82	33
<i>AB</i>	154	120	2,29	1,79	33
<i>BB</i>	90	125	2,24	1,79	33

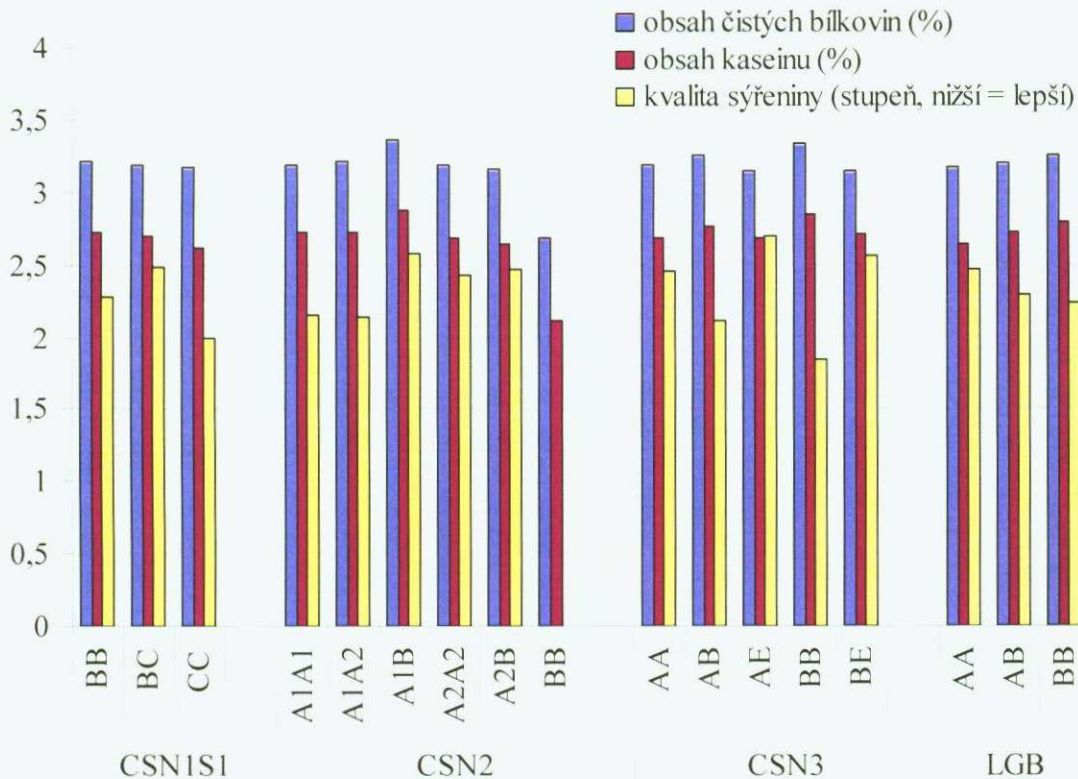
* ** značí statistickou významnost $P < 0,05$ a $P < 0,01$;

^{a b c d e} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma genotypy téhož genu označenými stejným písmenem v rámci jednoho parametru.

mléka, zejména na vyšší pevnost a kvalitu sýřeniny, kratší dobu sýření, vyšší objem vyloučené syrovátky a naopak negativní vliv genotypu *AA* na tyto vlastnosti potvrdili u českého strakatého skotu také Hanuš et al. (1995) a následně Hanuš et al. (2000a). Amigo et al. (2001) zjistili u plemene Fleckvieh rovněž vztah genotypu *BB* k vyšší pevnosti sýřeniny a kratší době sýření oproti genotypům ostatním. Ikonen et al. (1997) uvádějí ve své práci negativní efekt alely *E* na parametry technologické kvality mléka.

Vztah genotypů genů mléčných bílkovin k obsahu čistých bílkovin, kaseinu a kvalitě sýřeniny

Graf 2



Nejvyšší kvalita a pevnost sýřeniny, ale nejdelší doba koagulace byly zjištěny u genotypu *BB* genu *LGB*. Opačný výsledek byl zaznamenán u genotypu *AA*. Hanuš et al. (1995) ve své práci rovněž zjistili, že genotyp *BB* pozitivně ovlivňuje sýrařské vlastnosti mléka. U tohoto genotypu zaznamenali nejvyšší pevnost a kvalitu sýřeniny, ale také nejkratší dobu sýření a nejvyšší objem

vyložené syrovátky oproti genotypům *AA* a *AB*. Buchberger a Dovic (2000) rovněž považují alelu *B* za výhodnější pro výrobu sýrů oproti alele *A*.

5.5 Společný efekt genotypů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka

V souladu s výsledky samostatných analýz genů *CSN1S1* a *CSN2* byla zjištěna nejvyšší produkce mléka, bílkovin a tuku za 100 i 200 denní úsek laktace u genotypu *BBA¹B*, který vykázal i vysoký obsah bílkovin (tabulky 21 a 22). S nízkou produkcí mléka byly spojeny kombinace genotypů *BBA¹A¹* a *BBA¹A²*, naopak nízký obsah bílkovin byl zjištěn u kombinací *BBA²A²* a *BBA²B*. Výrazný efekt genotypu *A¹B* genu *CSN2* byl potvrzen i v kombinaci s genotypem *BB* genu

Společný efekt genotypů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 100 dnů laktace

Tabulka 21

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 100 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>BBA¹A¹</i>	36	2462	82	3,33	93	3,77
<i>BBA¹A²</i>	118	2461	82	3,34	97	3,96
<i>BBA¹B</i>	6	2721	92	3,38	104	3,79
<i>BBA²A²</i>	82	2555	83	3,26	99	3,87
<i>BBA²B</i>	14	2642	85	3,27	103	3,91
<i>BBBB</i>	1	2352	75	3,19	100	4,19
<i>BCA¹A¹</i>	1	2752	85	3,16	143	5,07
<i>BCA¹A²</i>	19	2535	83	3,29	100	3,95
<i>BCA²A²</i>	30	2479	81	3,30	98	3,96
<i>BCA²B</i>	4	2653	89	3,40	103	4,00
<i>CCA²A²</i>	2	2626	86	3,28	103	4,00

CSN1S1. Výsledky spojené s genotypy *BBA¹A¹* a *CCA²A²* potvrzují vliv alely *B* genu *CSN1S1* a alely *A¹* genu *CSN2* na nižší produkci mléka a bílkovin, ale na vyšší obsah bílkovin, zatímco u alel *C* a *A²* je tomu naopak. Genotypy *BBBB* a *BCA¹A¹* byly detekovány pouze u jedné plemence, proto byly z vyhodnocení vypuštěny a jejich výsledky v tabulce mají pouze informativní charakter. Genotyp

BBBB byl spojen s nízkými hodnotami parametrů, kromě obsahu tuku, zatímco genotyp *BCA¹A¹* vykázal vysoké hodnoty parametrů až na obsah bílkovin.

Společný efekt genotypů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 200 dnů laktace

Tabulka 22

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 200 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>BBA¹A¹</i>	36	4773	162	3,39	181	3,80
<i>BBA¹A²</i>	118	4782	162	3,40	184	3,88
<i>BBA¹B</i>	6	5205	180	3,45	207	3,94
<i>BBA²A²</i>	82	4970	165	3,34	192	3,87
<i>BBA²B</i>	14	5156	172	3,37	203	3,93
<i>BBBB</i>	1	4392	138	3,15	184	4,14
<i>BCA¹A¹</i>	1	5179	167	3,26	257	4,86
<i>BCA¹A²</i>	19	5064	170	3,38	200	3,97
<i>BCA²A²</i>	30	4826	162	3,38	190	3,95
<i>BCA²B</i>	4	5147	177	3,46	203	4,01
<i>CCA²A²</i>	2	5183	172	3,33	199	3,90

Statisticky významný vztah genotypových kombinací *CSN1S1* a *CSN2* k parametrům kvality mléka byl prokázán pouze v případě kaseinového čísla (tabulka 23). Oproti samostatnému testování obou genů v kapitole 5.4, došlo ke ztrátě statistické významnosti k obsahu kaseinu zjištěné u *CSN2*. Z tohoto jevu je zřejmé, že nevýznamnost genu *CSN1S1* ke sledovaným parametrům se projevila i ve společném efektu s genem *CSN2*. Obdobně jako v případě parametrů mléčné užitkovosti byla zjištěna nejvýznamnější genotypová kombinace *BBA¹B*, u níž byly zaznamenány nejvyšší průměrné hodnoty obsahu tukuprosté sušiny, hrubých a čistých bílkovin, kaseinu, nejvyšší kaseinové číslo a zároveň nízká hodnota obsahu syrovátkových bílkovin. Další genotypové kombinace se zjištěným pozitivním efektem na sledované parametry, zejména na obsah kaseinu, byly *BBA¹A¹* a *BBA¹A²* (graf 3). Naopak vliv genotypů *CCA²A²* a *BBA²B* byl nejméně příznivý. Informativní výsledky genotypů *BBBB* a *BCA¹A¹* naznačily jejich negativní vliv na sledované parametry.

Společný efekt genotypů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry kvality mléka u sledovaných prvotetek

Tabulka 23

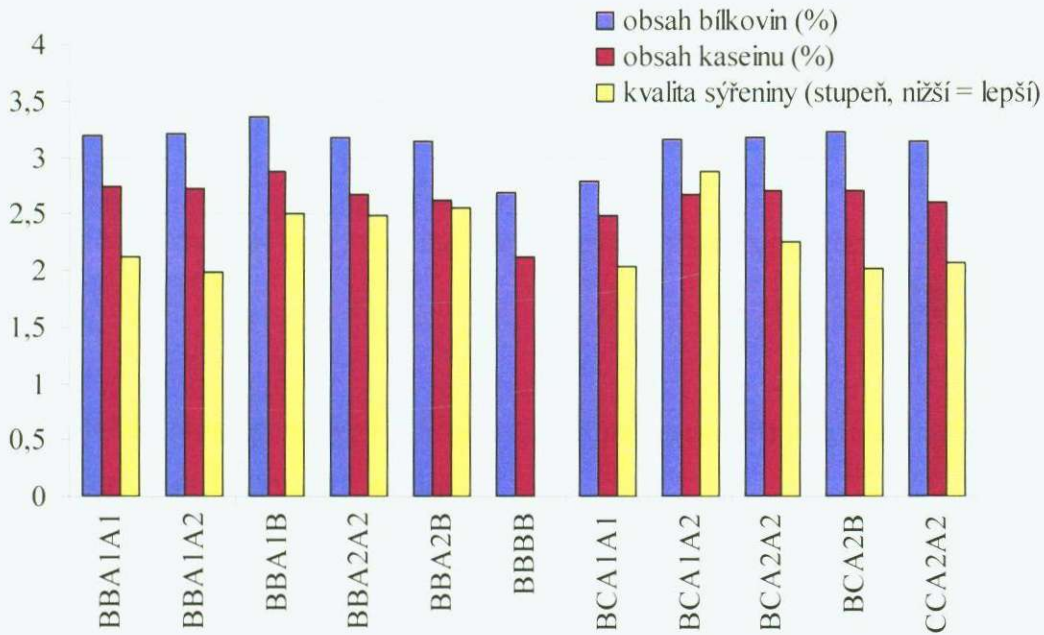
Genotyp	n	Parametr kvality mléka							
		S (%)	TPS (%)	HB (%)	CB (%)	NNL (%)	KAS (%)	SB (%)	KC *
<i>BBA¹A¹</i>	36	13,00	9,09	3,39	3,20	0,19	2,74	0,46	80,73 ^{abc}
<i>BBA¹A²</i>	118	12,95	9,09	3,40	3,21	0,19	2,73	0,48	80,11 ^d
<i>BBA¹B</i>	6	13,33	9,34	3,54	3,36	0,19	2,87	0,48	81,06
<i>BBA²A²</i>	82	13,01	9,04	3,36	3,17	0,19	2,68	0,49	79,53 ^a
<i>BBA²B</i>	14	12,92	8,97	3,35	3,14	0,20	2,63	0,51	78,69 ^{bd}
<i>BBBB</i>	1	12,65	8,69	2,90	2,69	0,21	2,12	0,57	73,05
<i>BCA¹A¹</i>	1	13,77	8,85	2,99	2,79	0,19	2,49	0,31	83,16
<i>BCA¹A²</i>	19	13,12	9,09	3,38	3,16	0,21	2,68	0,50	79,03 ^c
<i>BCA²A²</i>	30	13,18	9,06	3,39	3,18	0,20	2,70	0,49	79,67
<i>BCA²B</i>	4	13,47	9,15	3,44	3,22	0,22	2,71	0,51	78,71
<i>CCA²A²</i>	2	12,70	8,94	3,36	3,15	0,20	2,61	0,55	77,67

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

Vztah genotypů *CSN1S1* a *CSN2* k obsahu čistých bílkovin, kaseinu a kvalitě sýřeny

Graf 3



Společný efekt genů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry kvality sýra byl oproti jejich samostatnému testování prokázán u kvality sýřeniny (tabulka 24). Toto zjištění poukazuje na výhodu společného testování v případě vlivu obou genů na stejný parametr. Nejpriznivější genotypové kombinace pro parametry kvality sýra byly zjištěny BBA^1A^1 a BBA^1A^2 , obdobně jako v případě kvality mléka. Pozitivní vliv byl zaznamenán rovněž u genotypu BCA^2B . Naopak nepříznivý vliv byl zjištěn u genotypu BCA^1A^2 .

Společný efekt genotypů *CSN1S1* a *CSN2* na parametry kvality sýra u sledovaných prvotek

Tabulka 24

Genotyp	n	Parametr kvality sýra			
		Doba koagulace (s)	Kvalita sýřeniny * (stupeň)	Pevnost sýřeniny (mm)	Objem vyloučené syrovátky (ml)
BBA^1A^1	36	105	2,12 ^a	1,75	34
BBA^1A^2	118	117	1,99 ^{bcd}	1,78	33
BBA^1B	6	131	2,50	1,78	32
BBA^2A^2	82	124	2,48 ^b	1,81	33
BBA^2B	14	119	2,56 ^c	1,83	34
$BBBB$	1	-	-	-	-
BCA^1A^1	1	87	2,03	1,80	33
BCA^1A^2	19	124	2,88 ^{ade}	1,84	34
BCA^2A^2	30	120	2,26 ^e	1,80	34
BCA^2B	4	99	2,02	1,79	34
CCA^2A^2	2	143	2,07	1,77	33

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

5.6 Společný efekt genotypů *CSN2* a *CSN3* na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka

Statisticky významný vztah genu *CSN3* k obsahu bílkovin v mléce se projevil i při společném testování s genem *CSN2* (tabulky 25 a 26). Genotypová kombinace A^1BAA byla dle očekávání spojena s nejvyšší produkcí mléka, bílkovin a tuku za 100 i 200 denní úsek laktace a vykázala i vysoký obsah bílkovin

Společný efekt genotypů CSN2 a CSN3 na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 100 dnů laktace

Tabulka 25

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 100 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah * bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
A^1A^1AA	11	2419	80	3,31 ^a	94	3,85
A^1A^1AB	13	2486	85	3,44 ^{b-h}	98	3,93
A^1A^1AE	5	2747	88	3,19 ^{bij}	105	3,82
A^1A^1BB	3	2706	90	3,32	95	3,53
A^1A^1BE	5	2098	67	3,23 ^{ck}	70	3,48
A^1A^2AA	50	2452	81	3,31 ^{dln}	95	3,89
A^1A^2AB	58	2452	83	3,38 ^{inop}	98	3,99
A^1A^2AE	5	2656	86	3,25 ^q	108	4,07
A^1A^2BB	16	2422	80	3,33 ^{fs}	94	3,91
A^1A^2BE	7	2453	79	3,25 ^{et}	97	4,02
A^1BAA	3	2962	99	3,36	112	3,74
A^1BAE	3	2427	83	3,41	93	3,81
A^2A^2AA	55	2521	82	3,26 ^{fnu}	98	3,90
A^2A^2AB	51	2528	83	3,29 ^{gov}	105	3,86
A^2A^2BB	8	2528	85	3,36 ^x	95	3,89
A^2BAA	9	2767	86	3,16 ^{hlprwx}	70	3,75
A^2BAB	7	2467	86	3,53 ^{ajkmqs-w}	95	4,13
A^2BAE	1	2819	88	3,13	105	3,73
A^2BBB	1	2509	81	3,25	101	4,04
$BBAA$	1	2343	75	3,21	99	4,18

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{abcdefghijklmnopqrstuvwxyz} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

v mléce. Vyskytovala se však s nízkou četností. Rovněž podle očekávání byla s nejnižšími hodnotami produkce mléka, bílkovin a tuku a zároveň nízkými hodnotami obsahu bílkovin a tuku za oba úseky laktace spojena genotypová kombinace A^1A^1BE . Negativní vliv alely E genu $CSN3$, zejména jako součást genotypu BE , se projevil i v analýzách s genem $CSN2$, a to zejména sníženou produkcí mléka a bílkovin a sníženým obsahem bílkovin v mléce. Genotypy A^2BAE , A^2BBB a $BBAA$ byly pro nízkou četnost výskytu z analýz vypuštěny a jejich výsledky mají jen informativní charakter. Genotypová kombinace $BBAA$ však naznačuje negativní vliv na všechny sledované parametry kromě obsahu tuku v mléce. Naopak Comin et al. (2006) zaznamenali nejvyšší produkci mléka

a bílkovin u kombinací genotypů A^1A^1AB a A^2A^2BB , zatímco nejnižší produkci mléka a bílkovin zjistili u genotypů A^1A^2BB a A^1BAB .

Společný efekt genotypů *CSN2* a *CSN3* na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 200 dnů laktace

Tabulka 26

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 200 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah * bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
A^1A^1AA	11	4698	158	3,36 ^a	183	3,88
A^1A^1AB	13	4793	167	3,49 ^{bcde}	189	3,97
A^1A^1AE	5	5271	171	3,25 ^{bfghi}	197	3,73
A^1A^1BB	3	4998	172	3,42	176	3,56
A^1A^1BE	5	4112	136	3,34 ^j	144	3,59
A^1A^2AA	50	4767	160	3,38 ^k	183	3,87
A^1A^2AB	58	4759	162	3,43 ^{lmno}	183	3,87
A^1A^2AE	5	5316	177	3,36 ^p	215	4,05
A^1A^2BB	16	4743	162	3,44 ^{gq}	176	3,79
A^1A^2BE	7	4671	156	3,36 ^r	186	4,03
A^1BAA	3	5625	196	3,47	217	3,83
A^1BAE	3	4529	155	3,42	187	4,07
A^2A^2AA	55	4864	162	3,34 ^{cls}	188	3,89
A^2A^2AB	51	4958	166	3,36 ^{dmt}	190	3,86
A^2A^2BB	8	4763	164	3,44 ^{hv}	185	3,87
A^2BAA	9	5406	176	3,28 ^{enquv}	207	3,85
A^2BAB	7	4751	168	3,58 ^{aijko-u}	193	4,07
A^2BAE	1	5383	176	3,26	197	3,68
A^2BBB	1	5088	172	3,39	201	3,96
$BBAA$	1	4333	137	3,17	181	4,13

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

Společný vliv genů *CSN2* a *CSN3* byl prokázán na obsah čistých bílkovin, obsah kaseinu a kaseinové číslo (tabulka 27). Oproti jejich samostatnému testování došlo ke ztrátě významnosti k obsahu hrubých bílkovin zjištěné u *CSN3*. Tento jev opět potvrzuje, že nevýznamnost *CSN2* k oběma parametrům se projevila i ve společném efektu genů. Očekávaná nejvýznamnější kombinace genotypů A^1BBB (na základě samostatného testování genů v kapitole 5.4) nebyla v testované populaci detekována. Jako nejpříznivější byla zjištěna, stejně jako při testování vztahu k parametrům mléčné užitkovosti, kombinace A^1BAA . Pozitivní

vliv na sledované parametry kvality mléka měly rovněž genotypy A^1A^1BB , A^1A^1AB , A^1A^2BB a A^2A^2BB (graf 4). Negativní efekt byl zaznamenán u genotypů

Společný efekt genotypů *CSN2* a *CSN3* na parametry kvality mléka u sledovaných prvotek

Tabulka 27

Genotyp	Parametr kvality mléka							
	S (%)	TPS (%)	HB (%)	CB *	NNL (%)	KAS ** (%)	SB (%)	KC ** (%)
A^1A^1AA	13,14	9,07	3,37	3,19	0,18	2,70	0,48	80,28
A^1A^1AB	13,27	9,21	3,49	3,31 ^{a-d}	0,17	2,85 ^{abcdef}	0,46	81,80 ^{a-g}
A^1A^1AE	12,21	8,90	3,17	3,02 ^{ac-h}	0,16	2,57 ^{aghi}	0,44	81,12
A^1A^1BB	12,37	8,99	3,40	3,23	0,17	2,80	0,43	82,36 ^{hi}
A^1A^1BE	13,25	9,08	3,34	3,06 ^{bi}	0,27	2,60 ^{bjk}	0,46	77,72 ^{ahjkl}
A^1A^2AA	12,84	9,03	3,36	3,17	0,20	2,65 ^{clmno}	0,51	78,95 ^{bmno}
A^1A^2AB	13,05	9,14	3,44	3,23 ^c	0,20	2,75 ^{lp}	0,48	80,03 ^c
A^1A^2AE	13,22	9,04	3,36	3,16	0,20	2,77	0,39	82,48 ^{jmpqr}
A^1A^2BB	13,00	9,15	3,48	3,30 ^{fjk}	0,18	2,81 ^{gmqr}	0,49	80,60 ⁿ
A^1A^2BE	13,12	9,09	3,39	3,18	0,20	2,76	0,43	81,37 ^{ko}
A^1BAA	13,12	9,28	3,58	3,40 ^{gl}	0,18	2,93 ^{hjnst}	0,47	81,83 ^s
A^1BAE	13,60	9,43	3,51	3,31	0,20	2,79	0,51	79,63
A^2A^2AA	13,05	9,06	3,35	3,15 ^{cjm}	0,20	2,65 ^{dpqsu}	0,50	79,16 ^{dp}
A^2A^2AB	12,95	9,00	3,37	3,18	0,19	2,68 ^{ev}	0,50	79,50 ^{eq}
A^2A^2BB	13,50	9,19	3,54	3,33 ^{himn}	0,20	2,87 ^{ikouvw}	0,47	80,96 ^l
A^2BAA	12,66	8,87	3,30	3,08 ^{dkln}	0,22	2,59 ^{ftw}	0,49	78,36 ^{firs}
A^2BAB	13,54	9,15	3,44	3,25	0,19	2,71	0,54	78,66 ^g
A^2BAE	12,49	8,93	3,27	3,05	0,22	2,55	0,50	78,14
A^2BBB	13,54	9,39	3,63	3,42	0,21	2,86	0,56	78,76
$BBAA$	12,66	8,69	2,90	2,68	0,21	2,11	0,58	72,65

* ** značí statistickou významnost $P < 0,05$ a $P < 0,01$;

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem;

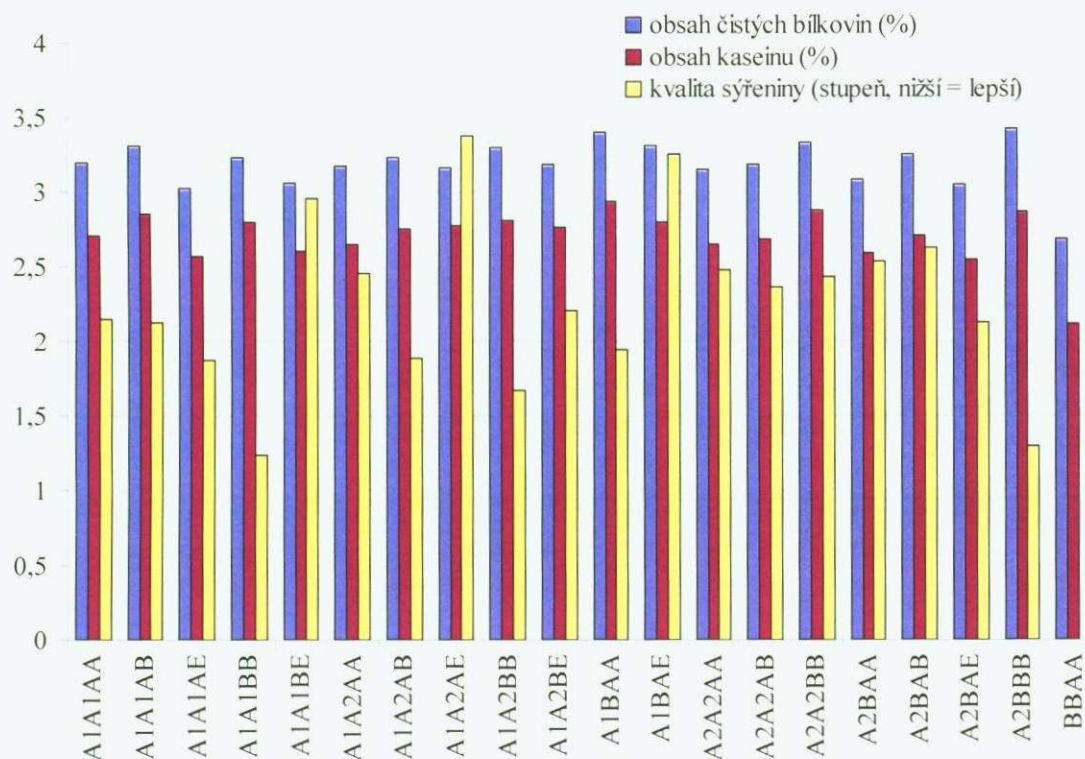
Počty prvotek nesoucích jednotlivé genotypy (n) byly shodné jako v tabulce 26.

obsahujících alelu *E* genu *CSN3* a zároveň genotyp A^1A^1 genu *CSN2* (A^1A^1AE , A^1A^1BE). Obecně lze konstatovat, že kombinace obsahující genotyp *BB* genu *CSN3* byly lepší ve vztahu ke sledovaným parametrům než většina genotypových kombinací, naopak vliv kombinací obsahujících alelu *E* genu *CSN3* byl oproti většině genotypových kombinací horší. Výsledky genotypů A^2BAE , A^2BBB a $BBAA$ mají opět pouze informativní charakter, přičemž kombinace $BBAA$ opět naznačila negativní vliv na sledované parametry. Rovněž Comin et al. (2006)

uvádějí genotypovou kombinaci A^1A^1AB jako pozitivní ve vztahu ke sledovaným parametrům kvality mléka.

Vztah genotypů *CSN2* a *CSN3* k obsahu čistých bílkovin, kaseinu a kvalitě sýřeniny

Graf 4



Při společném testování vlivu *CSN2* a *CSN3* na parametry kvality sýra byl prokázán statisticky významný vztah k době koagulace, kvalitě a pevnosti sýřeniny (tabulka 28). Tím byl prokázán vliv genu *CSN3* na sledované parametry, ale zároveň i možný vliv genu *CSN2*, který se dostatečně neprojevil v samostatných analýzách genů. Nejvyšší kvalita a pevnost sýřeniny, vysoký objem vyloučené syrovátky a krátká doba koagulace byly spojeny s genotypem A^1A^1BB a s genotypem A^2BBB . Obě genotypové kombinace se však vyskytovaly s nízkou četností, nelze proto objektivně posoudit jejich vliv. Rovněž u genotypů A^1A^2BB a A^1A^2AB byl zjištěn pozitivní efekt na sledované parametry. Naopak negativní vliv byl zaznamenán u genotypů A^1BAE a A^1A^2AE . Comin et al. (2006)

také zjišťovali společný efekt genů *CSN2* a *CSN3* na parametry technologické kvality mléka a zaznamenali v souladu s výsledky v této práci pozitivní vliv genotypů A^1A^2BB a A^1A^2AB , navíc také genotypů A^2BBB a A^2BAB . Genotypy byly spojeny s nejvyšší pevností sýřeniny a krátkou dobou koagulace. V této disertační práci uváděný nejpriznivější genotyp A^1A^1BB autoři ve sledované populaci nedetekovali. Autoři dále uvádějí, že efekt *CSN2* je více zaměřen na parametry mléčné užitkovosti, zejména na množství mléka, než na parametry technologické kvality mléka, na které se jeho vliv lépe projeví právě v kombinaci s genem *CSN3*.

Společný efekt genotypů *CSN2* a *CSN3* na parametry kvality sýra u sledovaných prvotek

Tabulka 28

Genotyp	n	Parametr kvality sýra			
		Doba koagulace ** (s)	Kvalita sýřeniny ** (stupeň)	Pevnost sýřeniny *** (mm)	Objem vyloučené syrovátky (ml)
A^1A^1AA	11	111 ^f	2,15 ^a	1,80 ^a	34
A^1A^1AB	13	112 ^g	2,12 ^b	1,80 ^b	34
A^1A^1AE	5	87 ^h	1,87 ^c	1,68 ^{cdes}	35
A^1A^1BB	3	92 ⁱ	1,24 ^{defg}	1,28 ^{abcf-r}	36
A^1A^1BE	5	107 ^j	2,95 ^{dhi}	1,89 ^{df}	33
A^1A^2AA	50	133 ^{ab}	2,46 ^{jk}	1,82 ^g	33
A^1A^2AB	58	100 ^{acde}	1,89 ^{hijlmno}	1,77 ^h	34
A^1A^2AE	5	244 ^{bcef-s}	3,37 ^{abceplpq}	1,91 ^{ei}	29
A^1A^2BB	16	113 ^k	1,67 ^{ikprstuv}	1,76 ^j	33
A^1A^2BE	7	108 ^l	2,20	1,82 ^k	34
A^1BAA	3	122 ^m	1,94	1,74 ^l	34
A^1BAE	3	139 ⁿ	3,25 ^{fmr}	1,83 ^m	31
A^2A^2AA	55	123 ^{do}	2,48 ^{gns}	1,80 ⁿ	33
A^2A^2AB	51	124 ^{ep}	2,36 ^{oqt}	1,82 ^o	33
A^2A^2BB	8	128 ^q	2,43	1,79 ^p	33
A^2BAA	9	111 ^r	2,53 ^u	1,84 ^q	36
A^2BAB	7	129 ^s	2,62 ^v	1,86 ^{rs}	33
A^2BAE	1	108	2,13	1,74	37
A^2BBB	1	79	1,29	1,63	34
$BBAA$	1	-	-	-	-

** *** značí statistickou významnost $P < 0,01$ a $P < 0,001$;

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

5.7 Společný efekt genotypů *CSN3* a *LGB* na parametry mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka

Rovněž v kombinaci genů *CSN3* a *LGB* se projevil statisticky významný vztah *CSN3* k obsahu bílkovin v mléce, který byl zjištěn jak v samostatných analýzách genů, tak v kombinaci s *CSN2* (tabulky 29 a 30). Nejvyšší obsah bílkovin a tuku byl spojen s genotypem *BBAA*, naopak nejvyšší produkci mléka,

Společný efekt genotypů *CSN3* a *LGB* na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 100 dnů laktace

Tabulka 29

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 100 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah * bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>AAAA</i>	43	2434	80	3,29	95	3,91
<i>AAAB</i>	60	2531	82	3,26 ^{abcd}	99	3,91
<i>AABB</i>	35	2545	84	3,33	106	4,15
<i>ABAA</i>	33	2467	82	3,34 ^a	100	4,05
<i>ABAB</i>	69	2459	82	3,37 ^{bc}	98	4,00
<i>ABBB</i>	32	2498	84	3,38 ^{cf}	102	4,08
<i>AEAA</i>	2	3163	103	3,22	117	3,66
<i>AEAB</i>	6	2486	82	3,32	97	3,91
<i>AEBB</i>	6	2738	87	3,18 ^{efg}	111	4,09
<i>BBAA</i>	5	2418	84	3,46 ^{dg}	99	4,08
<i>BBAB</i>	12	2527	83	3,30	99	3,92
<i>BBBB</i>	12	2440	81	3,32	95	3,92
<i>BEAA</i>	1	2548	75	3,00	68	2,83
<i>BEAB</i>	6	2301	75	3,26	90	3,95
<i>BEBB</i>	5	2224	72	3,25	87	3,98

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d e f g} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

bílkovin a tuku vykázal genotyp *AEAA*, který se však vyskytoval s nízkou četností. Tento výsledek potvrzuje výrazný vliv alely *B* genu *CSN3* na vyšší obsah bílkovin v mléce a zároveň vliv alel *A* a *E* genu *CSN3* na vyšší mléčnou užitkovost. Genotypová kombinace *BEAA* byla detekována pouze u jedné prvotelky, proto byla vypuštěna z analýz a v tabulce má pouze informativní charakter. Naproti tomu Matějček et al. (2007) zjistili nejvyšší produkci mléka

a bílkovin v případě genotypu *ABAA*, zatímco nejvyšší obsah bílkovin a tuku zaznamenali u genotypu *BBAB*.

Společný efekt genotypů *CSN3* a *LGB* na parametry mléčné užitkovosti u sledovaných prvotetek za prvních 200 dnů laktace

Tabulka 30

Genotyp	n	Parametr mléčné užitkovosti za prvních 200 dnů laktace				
		Produkce mléka (kg)	Produkce bílkovin (kg)	Obsah * bílkovin (%)	Produkce tuku (kg)	Obsah tuku (%)
<i>AAAA</i>	43	4739	159	3,37 ^{ab}	182	3,87
<i>AAAB</i>	60	4926	164	3,35 ^{cde}	190	3,88
<i>AABB</i>	35	4918	167	3,41 ^f	197	4,02
<i>ABAA</i>	33	4888	164	3,37 ^{gh}	190	3,91
<i>ABAB</i>	69	4826	165	3,43 ^{cij}	188	3,92
<i>ABBB</i>	32	4703	163	3,47 ^{adgk}	183	3,92
<i>AEAA</i>	2	6277	202	3,19 ^l	242	3,84
<i>AEAB</i>	6	4552	154	3,38	177	3,89
<i>AEBB</i>	6	5520	181	3,29 ^{ikm}	218	3,95
<i>BBAA</i>	5	4699	169	3,59 ^{befhjl-o}	189	4,02
<i>BBAB</i>	12	5018	170	3,40 ⁿ	189	3,79
<i>BBBB</i>	12	4562	155	3,41	170	3,77
<i>BEAA</i>	1	4873	152	3,16	147	3,12
<i>BEAB</i>	6	4456	148	3,34 ^o	169	3,85
<i>BEBB</i>	5	4274	145	3,40	170	4,02

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

^{a b c d e f g h i j k l m n o} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

Jako nejvýznamnější z hlediska parametrů kvality mléka byl zjištěn společný efekt genů *CSN3* a *LGB* (tabulka 31). Oproti testování genů samostatně byla jejich společným testováním získána vyšší statistická významnost ve vztahu k obsahu hrubých a čistých bílkovin a navíc byl prokázán i vztah k obsahu tukuprosté sušiny v mléce. Významnost vztahů genů *CSN3* a *LGB* k obsahu čistých a syrovátkových bílkovin, obsahu kaseinu a kaseinovému číslu byla zjištěna $P < 0,001$. Výsledky poukazují na přínos společného testování obou genů, které oba významně ovlivňují sledované parametry. Jako nejvýznamnější byl na základě samostatného testování *CSN3* a *LGB* očekáván genotyp *BBBB*. Příznivější výsledky byly však spojeny s genotypovou kombinací *BBAA*, pak následovaly genotypy *BBBB* a *ABBB*. Genotyp *BBAA* vynikal ve všech ukazatelích kromě

Společný efekt genotypů *CSN3* a *LGB* na parametry kvality mléka u sledovaných prvotetek

Tabulka 31

Geno- typ	n	Parametr kvality mléka							
		S (%)	TPS ** (%)	HB ** (%)	CB*** (%)	NNL (%)	KAS *** (%)	SB*** (%)	KC*** (%)
AAAA	43	13,03	9,05 ^{ab}	3,38 ^{ab}	3,17 ^{ab}	0,21	2,64 ^{abcd}	0,53 ^{a-i}	78,05 ^{a-i}
AAAB	60	13,02	9,04 ^{cd}	3,36 ^{cde}	3,17 ^{cd}	0,19	2,69 ^{efgh}	0,48 ^{ajkl}	79,87 ^{ajkl}
AABB	35	13,14	9,06 ^{ef}	3,39 ^{fg}	3,20 ^{ef}	0,19	2,73 ^{ijk}	0,49 ^{bmno}	80,51 ^{bmno}
ABAA	33	12,98	8,96 ^{ghiq}	3,32 ^{hij}	3,13 ^{ghi}	0,20	2,59 ^{eilmnopq}	0,54 ^{jmpqrstuv}	77,89 ^{jmpqrstuv}
ABAB	69	13,13	9,11 ^{gj}	3,44 ^{chk}	3,25 ^{gj}	0,20	2,76 ^{afirs}	0,49 ^{cpwx}	80,23 ^{cpwx}
ABBB	32	13,35	9,19 ^{acehk}	3,54 ^{adfilm}	3,34 ^{acehklm}	0,20	2,90 ^{bgimrtu}	0,43 ^{dkqwy}	82,08 ^{dknqwy}
AEAA	2	12,37	9,20	3,32	3,14	0,17	2,58 ^v	0,57 ^z	77,67
AEAB	6	12,98	9,08 ^l	3,35 ⁿ	3,16 ⁿ	0,19	2,68 ^{tw}	0,48 ²	80,05
AEBB	6	12,96	8,98 ^m	3,29 ^{lo}	3,10 ^{ko}	0,19	2,72 ^x	0,37 ^{elnrxz234}	82,82 ^{elorz}
BBAA	5	13,49	9,54 ^{bdfi-p}	3,78 ^{begikm-s}	3,62 ^{bdfijln-s}	0,16	3,07 ^{chknsvwxyz2}	0,55 ^{oy356}	81,19 ^{fs}
BBAB	12	13,25	9,07 ⁿ	3,44 ^p	3,24 ^p	0,20	2,77 ^{ox}	0,47 ^{fs4}	80,40 ^{gt}
BBBB	12	13,01	9,09 ^o	3,47 ^q	3,27 ^q	0,20	2,82 ^{dpy}	0,45 ^{gt5}	81,41 ^{hu}
BEAA	1	12,83	9,16	3,19	2,98	0,21	2,53	0,45	79,31
BEAB	6	13,41	8,95 ^p	3,33 ^r	3,10 ^{mr}	0,24	2,65 ^{uz}	0,45 ^{hu6}	79,32 ^{yz}
BEBB	5	13,19	9,23 ^q	3,49 ^s	3,24 ^s	0,24	2,83 ^{q2}	0,41 ^{iv}	81,13 ^{iv}

** *** značí statistickou významnost $P < 0,01$ a $P < 0,001$;

abcdefghijklmnopqrstuvwxy z 2 3 4 5 6 udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem a číslem.

obsahu syrovátkových bílkovin a kaseinového čísla, následující dva genotypy vynikaly zejména vysokým obsahem kaseinu a nízkým obsahem syrovátkových bílkovin (graf 5). Nejméně příznivé hodnoty parametrů byly spojeny s genotypy *AAAA*, *ABAA*, *AEAA*, *AAAB* a *BEAB*. Genotyp *BEAA* měl z důvodu nízké četnosti výskytu pouze informativní charakter.

Společný efekt genů *CSN3* a *LGB* na parametry kvality sýra byl prokázán pouze u kvality sýřeniny (tabulka 32). Opět nebyl potvrzen nejvýznamnější efekt genotypu *BBBB* očekávaný na základě výsledků samostatného testování genů. Nejpriznivější byl stejně jako v případě parametrů kvality mléka genotyp *BBAA*, který byl spojen s nejkratší dobou sýření, vysokou kvalitou sýřeniny, dobrou pevností sýřeniny, ale nízkým objemem vyloučené syrovátky. Dalšími genotypy

Společný efekt genotypů *CSN3* a *LGB* na parametry kvality sýra u sledovaných prvotek

Tabulka 32

Genotyp	n	Parametr kvality sýra			
		Doba koagulace (s)	Kvalita sýřeniny * (stupeň)	Pevnost sýřeniny (mm)	Objem vyloučené syrovátky (ml)
<i>AAAA</i>	43	126	2,70 ^{abcde}	1,82	33
<i>AAAB</i>	60	127	2,40 ^f	1,78	33
<i>AABB</i>	35	121	2,24 ^a	1,82	33
<i>ABAA</i>	33	105	2,24	1,82	34
<i>ABAB</i>	69	110	2,16 ^b	1,80	34
<i>ABBB</i>	32	123	1,98 ^c	1,77	33
<i>AEAA</i>	2	95	2,16	1,66	35
<i>AEAB</i>	6	181	2,83 ^{gh}	1,72	31
<i>AEBB</i>	6	131	2,65 ⁱ	1,88	34
<i>BBAA</i>	5	90	1,55 ^{dg}	1,79	32
<i>BBAB</i>	12	100	1,61 ^{efhijk}	1,72	34
<i>BBBB</i>	12	135	2,17	1,68	33
<i>BEAA</i>	1	131	1,06	1,83	35
<i>BEAB</i>	6	100	2,62 ^j	1,83	35
<i>BEBB</i>	5	110	2,77 ^k	1,88	30

* značí statistickou významnost $P < 0,05$;

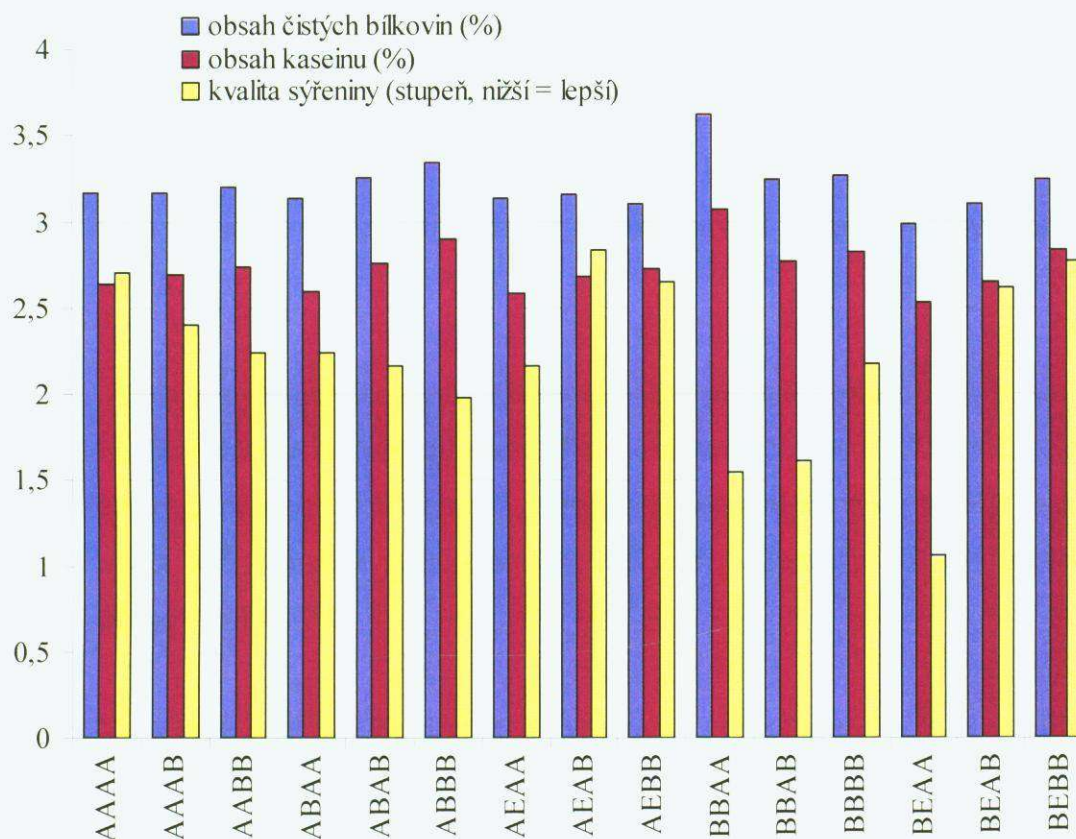
^{a b c d e f g h i j k l m} udávají statisticky významné rozdíly mezi dvěma skupinami označenými stejným písmenem.

s příznivým vlivem na sledované parametry byly *BBAB* a *ABBB*. Genotyp *BBBB* sice vynikal vysokou pevností a dobrou kvalitou sýřeniny, ale naopak vykázal

nejdelší dobu koagulace. Nejméně příznivý vliv na parametry kvality sýra byl zaznamenán u genotypů *AEAB*, *AEBB*, *BEBB*, *BEAB* a *AAAA*. Genotyp *BEAA* sice vykázal nejvyšší kvalitu sýřeniny, ale pro velmi nízkou četnost výskytu nelze usuzovat na jeho efekt. Podobně i Choi a Ng-Kwai Hang (2002) uvádějí jako nejprůzračnější kombinace genotypů *CSN3* a *LGB* pro výrobu sýrů *BBBB*, *BBAB*, *BBAA*, *ABBB* a *AABB*, naopak za nejméně příznivé považují genotypy *AAAA* a *AAAB*. Autoři však ve sledované populaci krav nezjistili přítomnost alely *E* genu *CSN3*.

Vztah genotypů *CSN3* a *LGB* k obsahu čistých bílkovin, kaseinu a kvalitě sýřeniny

Graf 5



6. ZÁVĚR

Na základě zjištěných výsledků týkajících se četností alel a genotypů genů mléčných bílkovin (alfa_{S1} kasein - *CSN1S1*, beta kasein - *CSN2*, kapa kasein - *CSN3* a beta laktoglobulin - *LGB*) a dále jejich vztahů k parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka u prvotek českého strakatého skotu lze vyvodit následující závěry:

- V případě genu *CSN1S1* byl zaznamenán převažující výskyt alely *B* oproti alele *C*. Nejvíce byl zastoupen genotyp *BB*, méně genotyp *BC* a nejméně genotyp *CC*, který se vyskytoval pouze v chovech 1 a 4.
- Nejvyšší alelická četnost u genu *CSN2* byla zjištěna pro alelu A^2 , méně se vyskytovala alela A^1 a jen řídce alela *B*. Celkem bylo detekováno šest genotypů, z nichž nejvíce byly zastoupeny genotypy A^1A^2 a A^2A^2 , řídce se vyskytoval genotyp *BB*. Dalšími detekovanými genotypy byly A^1A^1 , A^1B a A^2B .
- Alela *A* byla nejvíce zastoupenou alelou v případě genu *CSN3*. Pozitivním zjištěním bylo zastoupení alely *B* s průměrnou četností 0,310 a dále nízké zastoupení alely *E*. S nejvyšší průměrnou četností se vyskytovaly genotypy *AA* a *AB*, nejméně pak genotypy *BE* a *AE*. Genotyp *BB* byl zastoupen příznivými 8,8 %.
- V případě genu *LGB* byl zjištěn vyrovnaný výskyt alel *A* a *B*. Nejvíce se ve sledované populaci vyskytoval genotyp *AB*, zbývající genotypy (*AA* a *BB*) byly zastoupeny s obdobnou četností.
- Gen *CSN1S1* nevykázal statisticky významný vztah ke sledovaným parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka. Rozdíly mezi genotypy nebyly v rámci parametrů výrazné, navíc genotyp *CC* byl detekován pouze u dvou prvotek. Genotyp *CC* byl spojen s nejvyšší

mléčnou užitkovostí, nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny, ale naopak s nejnižším obsahem bílkovin a kaseinu a nejdělsí dobou koagulace. Zcela opačný trend byl zaznamenán u genotypu *BB*.

- Efekt genu *CSN2* byl prokázán pouze na obsah kaseinu a podíl kaseinu z hrubých bílkovin (kaseinové číslo). Velmi pozitivní vliv na produkci a bílkovinné složení mléka vykázal genotyp A^1B , který byl spojen s nejvyšší produkcí mléka a bílkovin, nejvyšším obsahem bílkovin a kaseinu a nejnižším obsahem syrovátkových bílkovin. Z parametrů kvality sýra vykázal nejvyšší pevnost, ale naopak nejhorší kvalitu sýřeniny a nejdělsí dobu koagulace. Naproti tomu genotypy A^1A^2 a A^1A^1 byly spojeny s nižší produkcí mléka, průměrným obsahem bílkovin a kaseinu, vyšším obsahem syrovátkových bílkovin, ale nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny a nejkratší dobou koagulace. Genotypy A^2A^2 a A^2B vykázaly vyšší produkci mléka a bílkovin, ale horší hodnoty parametrů technologické kvality mléka.

- Vliv genu *CSN3* byl prokázán na obsah bílkovin v mléce, obsah hrubých a čistých bílkovin, obsah kaseinu, kaseinové číslo, dobu koagulace, kvalitu a pevnost sýřeniny. Nejvýznamnějším genotypem byl genotyp *BB*, který byl spojen s průměrnou produkcí mléka a bílkovin, nejvyšším obsahem bílkovin a kaseinu, nejnižším obsahem nebílkovinných dusíkatých látek, nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny a průměrnou dobou koagulace. Naopak genotypy *AA* a *AE* vynikaly sice vysokou mléčnou produkcí, ale vykázaly nízký obsah bílkovin a kaseinu, nízkou kvalitu a pevnost sýřeniny a nejdělsí dobu koagulace. Nepříznivý vliv na parametry mléčné užitkovosti i technologické kvality mléka byl zjištěn u genotypu *BE*. Výsledky naznačily, že alela *E* má obdobný efekt jako alela *A*, tzn. zvyšuje mléčnou produkci, ale zároveň výrazně zhoršuje parametry technologické kvality mléka. Naopak alela *B* zvyšuje obsah bílkovin v mléce a výrazně zlepšuje technologickou kvalitu mléka.

- Statisticky vysoce významný vztah genu *LGB* byl zaznamenán k obsahu syrovátkových bílkovin, kaseinu a kaseinovému číslu. Nejvyšší produkci mléka a bílkovin, ale průměrný obsah bílkovin a kaseinu vykázal genotyp *AB*, zatímco průměrnou produkci mléka a bílkovin a nejvyšší obsah bílkovin a kaseinu vykázal genotyp *BB*. Oba genotypy byly spojeny s nejvyšší pevností a kvalitou sýřeniny, ale dlouhou dobou koagulace. Nejméně příznivé hodnoty většiny sledovaných parametrů byly spojeny s genotypem *AA*.
- Společný efekt genů *CSN1S1* a *CSN2* na sledované parametry byl prokázán pouze v případě kaseinového čísla a projevil se i ve vztahu ke kvalitě sýřeniny. Genotypová kombinace *BBA¹B* pozitivně ovlivňovala většinu sledovaných ukazatelů. Genotypy *BBA¹A¹* a *BBA¹A²* vykázaly pozitivní vztah k parametrům technologické kvality mléka, ale zároveň negativní vliv na mléčnou užitkovost. Nepříznivý efekt na sledované ukazatele byl zaznamenán u genotypů *BBA²B*, *BCA¹A²* a *CCA²A²*. Genotyp *CCA²A²* však vykázal dobrou kvalitu a pevnost sýřeniny.
- Společný vliv genů *CSN2* a *CSN3* byl prokázán na obsah bílkovin v mléce, obsah čistých bílkovin, obsah kaseinu, kaseinové číslo, dobu koagulace a kvalitu a pevnost sýřeniny. Oproti samostatnému testování došlo ke ztrátě významnosti k obsahu hrubých bílkovin zjištěné u *CSN3*. Naopak společný efekt genů na dobu koagulace a pevnost sýřeniny byl přínosný z hlediska vyšší významnosti oproti samostatnému testování *CSN3*. Pozitivní vliv na většinu sledovaných parametrů byl zjištěn u genotypů *A¹A¹BB*, *A¹A¹AB* a *A¹BAA*. Genotypy *A¹A²BB* a *A¹A²AB* byly spojeny s dobrou technologickou kvalitou mléka, avšak s nízkou mléčnou produkcí. Negativní efekt byl zaznamenán zejména u genotypů obsahujících alelu *E* genu *CSN3* (*A¹A¹BE*, *A¹A²AE*, *A¹A¹AE* a *A¹BAE*).
- Jako nejvýznamnější, zejména z hlediska parametrů technologické kvality mléka, byl zjištěn společný efekt genů *CSN3* a *LGB*. Oproti testování genů samostatně byla získána vyšší statistická významnost ve vztahu k obsahu

čistých bílkovin, obsahu kaseinu a kaseinového číslu, navíc byl prokázán i vztah k obsahu tukuprosté sušiny v mléce, což naznačuje efekt obou genů na sledované parametry. Naopak společný efekt genů na parametry kvality sýra byl prokázán pouze u kvality sýřeniny, pravděpodobně v důsledku nevýznamnosti vlivu genu *LGB* na pevnost sýřeniny a dobu koagulace. Nejpriznivější genotypovou kombinací nebyla dle očekávání *BBBB*, ale *BBAA*. Další pozitivní kombinací byla *BBAB*. Genotypy *BBBB* a *ABBB* byly spojeny s dobrou technologickou kvalitou, ale nižší produkcí mléka. Nejméně příznivé hodnoty parametrů technologické kvality mléka byly spojeny s genotypy *AAAA*, *AAAB*, *AEAA*, *AEAB*, *AEBB* a *ABAA*. Genotypy *BEBB* a *BEAB* vykazaly negativní vliv na většinu sledovaných ukazatelů.

Zjišťováním vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka byl prokázán nejvýznamnější vliv genu *CSN3*, zejména na parametry kvality mléka a sýra, a to jak v samostatných analýzách genů, tak ve společném testování dvou genů. Statistická významnost byla prokázána k většině sledovaných ukazatelů. Výsledky naznačují hlavní vliv tohoto genu na obsah kaseinu, čistých a hrubých bílkovin a zejména na kvalitu a pevnost sýřeniny a dobu koagulace. V případě genu *LGB* byl prokázán především vliv na obsah syrovátkových bílkovin, ale také na obsah kaseinu. Významnost efektu genu *CSN2* byla prokázána na obsah kaseinu v mléce. Pouze gen *CSN1S1* nebyl statisticky významný ve vztahu k žádnému z parametrů.

Na základě zjištěných výsledků lze proto doporučit pro účely šlechtění českého strakatého skotu využití genu *CSN3* jako doplňkového kritéria ve vztahu k technologické kvalitě mléka.

7. SOUHRN

Do sledování bylo zahrnuto 331 prvotetek českého strakatého skotu ze čtyř vysokoprodukčních stád, u nichž byly zjišťovány alelické a genotypové četnosti genů mléčných bílkovin - α_{S1} -kasein (*CSN1S1*), β -kasein (*CSN2*), κ -kasein (*CSN3*) a β -laktoglobulin (*LGB*) a následně byly analyzovány vztahy genů k parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka. Součástí analýz bylo i zjištění společných efektů dvojic genů na jednotlivé parametry.

Ve všech sledovaných chovech byl v případě genu *CSN1S1* zaznamenán převažující výskyt alely *B* oproti alele *C*. Nejvíce byl zastoupen genotyp *BB*, méně genotyp *BC* a nejméně genotyp *CC*, který se vyskytoval pouze v chovech 1 a 4. Nejvyšší alelická četnost u genu *CSN2* byla zjištěna pro alelu A^2 , méně se vyskytovala alela A^1 a jen řídce alela *B*. Celkem bylo detekováno šest genotypů, z nichž nejvíce byly zastoupeny genotypy A^1A^2 a A^2A^2 , řídce se vyskytoval genotyp *BB*. Dalšími detekovanými genotypy byly A^1A^1 , A^1B a A^2B . Alela *A* byla nejvíce zastoupenou alelou v případě genu *CSN3*. Pozitivním zjištěním bylo zastoupení alely *B* s průměrnou četností 0,310 a dále nízké zastoupení alely *E*. S nejvyšší průměrnou četností se vyskytovaly genotypy *AA* a *AB*, nejméně pak genotypy *BE* a *AE*. Genotyp *BB* byl zastoupen příznivými 8,8 %. V případě genu *LGB* byl zjištěn vyrovnaný výskyt alel *A* a *B*. Ve sledované populaci se nejčastěji vyskytoval genotyp *AB*, zbývající genotypy (*AA* a *BB*) byly zastoupeny s obdobnou četností.

Gen *CSN1S1* jako jediný nevykázal statisticky významný vztah ke sledovaným parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka. Rozdíly mezi genotypy nebyly v rámci parametrů výrazné, navíc genotyp *CC* byl detekován pouze u dvou prvotetek, proto nelze objektivně posoudit jeho efekt. Genotyp *CC* byl spojen s nejvyšší mléčnou užitkovostí, nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny, ale naopak s nejnižším obsahem bílkovin a kaseinu a nejdelší dobou koagulace. Zcela opačný trend byl zaznamenán u genotypu *BB*.

Efekt genu *CSN2* byl prokázán pouze na obsah kaseinu a podíl kaseinu z hrubých bílkovin (kaseinové číslo). Velmi pozitivní vliv na produkci a bílkovinné složení mléka vykázal genotyp A^1B , který byl spojen s nejvyšší

produkcí mléka a bílkovin, nejvyšším obsahem bílkovin a kaseinu a nejnižším obsahem syrovátkových bílkovin. Ukazatelů kvality sýra vykázal nejvyšší pevnost, ale naopak nejhorší kvalitu sýřeniny a nejdelší dobu koagulace. Naproti tomu genotypy A^1A^2 a A^1A^1 byly spojeny s nižší produkcí mléka, průměrným obsahem bílkovin a kaseinu, vyšším obsahem syrovátkových bílkovin, ale nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny a nejkratší dobou koagulace. Genotypy A^2A^2 a A^2B vykázaly vyšší produkci mléka a bílkovin, ale horší hodnoty parametrů technologické kvality mléka. Genotyp BB nesla pouze jedna plemenice, proto byl vyřazen z analýz a jeho výsledky mají jen informativní charakter.

Vliv genu $CSN3$ byl prokázán na obsah bílkovin v mléce, obsah hrubých a čistých bílkovin, obsah kaseinu, kaseinové číslo, dobu koagulace, kvalitu a pevnost sýřeniny. Nejvýznamnějším genotypem byl genotyp BB , který byl spojen s průměrnou produkcí mléka a bílkovin, nejvyšším obsahem bílkovin a kaseinu, nejnižším obsahem nebílkovinných dusíkatých látek, nejvyšší kvalitou a pevností sýřeniny a průměrnou dobou koagulace. Naopak genotypy AA a AE vynikaly sice vysokou mléčnou produkcí, ale vykázaly nízký obsah bílkovin a kaseinu, nízkou kvalitu a pevnost sýřeniny a nejdelší dobu koagulace. Nepříznivý vliv na parametry mléčné užitkovosti i technologické kvality mléka byl zjištěn u genotypu BE . Výsledky naznačily, že alela E má obdobný efekt jako alela A , to znamená na výši mléčné produkce, ale zároveň výrazně zhoršuje parametry technologické kvality mléka. Ve spojení s alelou B vykazuje horší výsledky, než genotyp AB .

Statisticky vysoce významný vztah genu LGB byl zaznamenán k obsahu syrovátkových bílkovin, kaseinu a kaseinovému číslu. Nejvyšší produkci mléka a bílkovin, ale průměrný obsah bílkovin a kaseinu vykázal genotyp AB , zatímco průměrnou produkcí mléka a bílkovin a nejvyšší obsah bílkovin a kaseinu vykázal genotyp BB . Oba genotypy byly spojeny s nejvyšší pevností a kvalitou sýřeniny, ale dlouhou dobou koagulace. Nejméně příznivé hodnoty většiny sledovaných parametrů byly spojeny s genotypem AA .

Společný efekt genů $CSN1S1$ a $CSN2$ na sledované parametry mléčné užitkovosti a kvality mléka byl prokázán pouze v případě kaseinového čísla. Pravděpodobně vlivem nevýznamnosti $CSN1S1$ k obsahu kaseinu v mléce došlo ke ztrátě významnosti k tomuto parametru zjištěné v samostatných analýzách

genů u *CSN2*. Naopak společný vliv obou genů na kvalitu sýřeniny se projevil ve statistické významnosti k tomuto parametru. Genotypová kombinace BBA^1B pozitivně ovlivňovala většinu sledovaných ukazatelů. Genotypy BBA^1A^1 a BBA^1A^2 vykázaly pozitivní vztah k parametrům technologické kvality mléka, ale zároveň negativní vliv na mléčnou užitkovost. Nepříznivý efekt na sledované ukazatele byl zaznamenán u genotypů BBA^2B , BCA^1A^2 a CCA^2A^2 . Genotyp CCA^2A^2 však vykázal dobrou kvalitu a pevnost sýřeniny. Informativní výsledky genotypů $BBBB$ a BCA^1A^1 , které se vyskytovaly s velmi nízkou četností, naznačily jejich negativní vliv na sledované parametry.

Společný vliv genů *CSN2* a *CSN3* byl prokázán z parametrů mléčné užitkovosti na obsah bílkovin v mléce, dále z parametrů technologické kvality mléka na obsah čistých bílkovin, obsah kaseinu, kaseinové číslo, dobu koagulace a kvalitu a pevnost sýřeniny. Oproti samostatnému testování došlo ke ztrátě významnosti k obsahu hrubých bílkovin zjištěné u *CSN3*. Naopak společný efekt genů na dobu koagulace a pevnost sýřeniny byl přínosný z hlediska vyšší významnosti oproti samostatnému testování *CSN3*. Pozitivní vliv na většinu sledovaných parametrů byl zjištěn u genotypů A^1A^1BB , A^1A^1AB a A^1BAA . Genotypy A^1A^2BB a A^1A^2AB byly spojeny s dobrou technologickou kvalitou mléka, avšak s nízkou mléčnou produkcí. Negativní efekt byl zaznamenán zejména u genotypů obsahujících alelu *E* genu *CSN3* (A^1A^1BE , A^1A^2AE , A^1A^1AE a A^1BAE).

Zejména z hlediska parametrů technologické kvality mléka byl jako nejvýznamnější zjištěn společný efekt genů *CSN3* a *LGB*. Oproti testování genů samostatně byla získána vyšší statistická významnost ve vztahu k obsahu čistých bílkovin, obsahu kaseinu a kaseinovému číslu, navíc byl prokázán i vztah k obsahu tukuprosté sušiny v mléce, což naznačuje vliv obou genů na sledované parametry. Naopak společný efekt genů na parametry kvality sýra byl prokázán pouze u kvality sýřeniny, pravděpodobně v důsledku nevýznamnosti vlivu genu *LGB* na pevnost sýřeniny a dobu koagulace. Nejpříznivější genotypovou kombinací nebyla dle očekávání $BBBB$, ale $BBAA$. Další pozitivní kombinací byla $BBAB$. Genotypy $BBBB$ a $ABBB$ byly spojeny s dobrou technologickou kvalitou, ale nižší produkcí mléka. Nejméně příznivé hodnoty parametrů technologické kvality mléka byly spojeny s genotypy $AAAA$, $AAAB$, $AEAA$, $AEAB$, $AEBB$

a *ABAA*. Genotypy *BEBB* a *BEAB* vykázaly negativní vliv na většinu sledovaných ukazatelů. Výsledky potvrzují výrazný vliv alely *B* genu *CSN3* na vyšší obsah bílkovin v mléce a na lepší technologickou kvalitu mléka a zároveň vliv alel *A* a *E* genu *CSN3* na vyšší mléčnou užitkovost, ale na horší technologickou kvalitu mléka.

Analýzou vztahů genů mléčných bílkovin k parametrům mléčné užitkovosti a technologické kvality mléka byl prokázán nejvýznamnější vliv genu *CSN3*, zejména na parametry kvality mléka a sýra, a to jak v samostatných analýzách genů, tak ve společném testování dvou genů. Statistická významnost byla prokázána k většině sledovaných ukazatelů. Výsledky naznačují hlavní vliv tohoto genu na obsah kaseinu, čistých a hrubých bílkovin a zejména na kvalitu a pevnost sýřeniny a dobu koagulace. V případě genu *LGB* byl prokázán především vliv na obsah syrovátkových bílkovin, ale také na obsah kaseinu. Významnost efektu genu *CSN2* byla prokázána na obsah kaseinu v mléce. Pouze gen *CSN1S1* nebyl statisticky významný ve vztahu k žádnému z parametrů.

V souladu s trendy Evropské unie v otázce kvality potravin a s nimi spojenými živočišnými produkty lze pro účely šlechtění českého strakatého skotu doporučit využití genu *CSN3* jako doplňkového ukazatele ve vztahu k technologické kvalitě mléka.

8. SUMMARY

There were observed 331 Czech Fleckvieh cows at first lactation in this thesis. Milk protein genes - α_{S1} -casein (*CSN1S1*), β -casein (*CSN2*), κ -casein (*CSN3*) and β -lactoglobulin (*LGB*) were detected in all cows and consequently analysed in relation to parameters of milk production and milk quality including coagulation properties. Analyses of joint effects of gene couples on all parameters were also included.

The most frequent allele of *CSN1S1* was *B* compared to low frequent allele *C*. In consequence of this finding, the most frequent genotype was *BB* contrary to less frequent genotype *BC* and rarely occurred genotype *CC*. Allele A^2 of gene *CSN2* was detected as the most frequent. Less frequency was found for allele A^1 . Allele *B* was very rare as well as the genotype *BB*. Mainly genotypes A^1A^2 and A^2A^2 occurred in observed population. Other detected genotypes of *CSN2* were A^1A^1 , A^1B and A^2B . Three alleles (*A*, *B* and *E*) of gene *CSN3* were detected. Allele *A* was the most frequent. The least frequency was found for allele *E* while *B* allele occurred with average frequency 0.310, which was very positive. Highly occurred genotypes were *AA* and *AB* compared to rarely occurred genotypes *BE* and *AE*. In case of *LGB* gene, alleles *A* and *B* occurred with similar frequencies. Genotype *AB* was the most frequent in comparison with genotypes *AA* and *BB*.

There was found no significant effect of *CSN1S1* gene on observed parameters of milk production and milk quality. The differences between genotypes were small. Genotype *CC* was linked with the highest milk yield, curd firmness and quality but with the lowest protein and casein contents and the longest coagulation time. This genotype occurred only in two cows which is not enough for making reliable conclusions. The opposite tendency was found in genotype *BB*.

The effect of *CSN2* gene was proved only on casein content and casein number (= portion of casein from crude protein). Positive impact on milk production and protein composition was found in genotype A^1B which was linked with the highest milk and protein yields, protein and casein contents, and the lowest content of whey protein. This genotype was also associated with the highest curd firmness but the lowest curd quality and the longest coagulation

ne. Contrary to this, genotypes A^1A^2 and A^1A^1 were linked with low milk yield, average protein and casein contents, high content of whey protein but the highest quality and firmness of curd and short coagulation time. Genotypes A^2A^2 and A^2B were associated with higher milk and protein yield but the worst values of milk quality parameters.

The impact of *CSN3* gene was proved on protein and casein contents, casein number, coagulation time, curd firmness and quality. The most favourable genotype was *BB* which was linked with average milk and protein yields, the highest protein and casein contents, the lowest content of non-protein nitrogen substances, the highest quality and firmness of curd and average coagulation time. Opposite effect was found in genotypes *AA* and *AE* which were linked with high milk yield but low protein and casein contents, low quality and firmness of curd and the longest coagulation time. Negative effect on all observed parameters was found in genotype *BE*. The results imply on similar effect of allele *E* to allele *A*, it means on higher yield parameters, but at the same time allele *E* has a negative effect on milk quality including coagulation properties. On the other hand, allele *B* increases protein content as well as milk quality parameters.

Highly significant effect of *LGB* gene was found on whey protein content, casein content and casein number. The highest milk and protein yields but average protein and casein contents were associated with genotype *AB* while average milk and protein yields and high protein and casein contents were linked with genotype *BB*. Both genotypes were associated with the highest curd firmness and quality but long coagulation time. The least favourable values of observed parameters were linked with genotype *AA*.

Joint effect of *CSN1S1* and *CSN2* genes was found on casein number and curd quality. Genotype combination BBA^1B positively affected most of observed parameters. Positive effect on milk quality parameters but negative effect on milk yield was found in genotypes BBA^1A^1 and BBA^1A^2 . Negative effect on almost all observed parameters was detected in genotypes BBA^2B , BCA^1A^2 and CCA^2A^2 but genotype CCA^2A^2 was associated with good curd quality and firmness.

The effect of *CSN2* and *CSN3* genotypes was proved on protein and casein contents, casein number, coagulation time and curd quality and firmness. Compared to analyses of single genes, the significance of crude protein was lost.

On the other hand, joint effect of genes on coagulation time and curd firmness resulted in higher significance of these parameters. Positive impact on most of observed parameters was found in genotypes A^1A^1BB , A^1A^1AB and A^1BAA . Genotypes A^1A^2BB and A^1A^2AB were linked with good milk quality but low milk yield. Negative effect was detected in genotype containing allele E of gene $CSN3$ (A^1A^1BE , A^1A^2AE , A^1A^1AE and A^1BAE).

As the most favourable couple for milk quality parameters was found $CSN3$ and LGB . Compared to single genes analyses, higher significance was found in relation to protein and casein contents, casein number, and moreover to fat free dry matter, which implies on impact of both genes on observed parameters. On the other hand, joint effect of genes on milk coagulation properties was proved only on curd quality. It was probably due to non-significance of LGB on curd firmness and coagulation time. The most favourable genotype combination was not $BBBB$, as was expected, but $BBAA$. The effect of genotype $BBAB$ was also positive. Genotypes $BBBB$ and $ABBB$ were linked with good milk quality but lower milk yield. Negative effects on milk quality parameters were found in genotypes $AAAA$, $AAAB$, $AEAA$, $AEAB$, $AEBB$ and $ABAA$. Negative impact on most of observed parameters was detected in genotypes $BEBB$ and $BEAB$.

On the basis of the results was proved the most favourable impact of $CSN3$ gene on milk quality parameters. This result was found in single analysis as well as in joint analyses of gene couples. $CSN3$ gene had significant effect on most of observed parameters. The main impact of $CSN3$ was proved on protein and casein contents, curd quality and firmness and coagulation time. The effect of LGB gene was found mainly on whey protein content but also on casein content. Significance of $CSN2$ was proved on casein content. Only in case of $CSN1S1$ gene was not found a significant effect on any observed parameter.

According to the findings is possible to recommend the use of $CSN3$ gene in Czech Fleckvieh breeding as an additional parameter in relation to milk quality including coagulation properties.

9. POUŽITÉ ZKRATKY

BLAD – deficiencie bovinní leukocytární adheze (letální dědičné onemocnění u holštýnského skotu vedoucí k neadekvátní imunitě sliznic a následným opakovaným a vážným slizničním infekcím a zpomalenému růstu);

CSN1S1 – alfa_{S1} kasein;

CSN1S2 – alfa_{S2} kasein;

CSN2 – beta kasein;

CSN3 – kapa kasein;

CVM – komplex vertebrálních malformací (dědičné onemocnění skotu vyznačující se srústem posledních dvou krčních obratlů, zkrácením krku a předních končetin, skoliózou, pravostrannou hypertrofií srdce a dalšími exteriérovými abnormalitami);

DGATI – acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferáza 1;

DUMPS – deficiencie uridin-5-monofosfát syntázy (genetická porucha biosyntézy pirimidinu a následná embryonální mortalita homozygotně recesivního jedince okolo 40.dne prenatálního věku);

GH – růstový (somatotropní) hormon;

LALBA – alfa laktalbumin;

LGB – beta laktoglobulin;

MAS – (Marker Assisted Selection) markery podporovaná selekce využívající genotypové a fenotypové informace o jedinci s cílem zvýšit přesnost a intenzitu selekce;

PAGE – polyakrylamidová gelová elektroforéza;

PCR – polymerázová řetězová reakce (Polymerase Chain Reaction);

PRL – hormon prolaktin;

RFLP – polymorfismus délky restričních fragmentů (Restriction Fragment Length Polymorphism);

QTL – kvantitativní lokusy (Quantitative Trait Loci) = místa na chromozomu, kde se nachází geny pro kvantitativní znaky;

SNP – polymorfismus jednoho nukleotidu (Single Nucleotide Polymorphism).

10. SEZNAM LITERATURY

- Agrawala P.L., Wagner V.A., Geldermann H. (1992): Sex determination and milk protein genotyping of preimplantation stage bovine embryos using multiplex PCR. *Theriogenology*, 38:969-978.
- Akers R.M., Bauman D.E., Capuco A.V., Goodman G.T., Tucker H.A. (1981): Prolactin regulation of milk secretion and biochemical differentiation of mammary epithelial-cells in periparturient cows. *Endocrinology*, 109:23-30.
- Amigo L., Martin-Alvarez P.J., Garcia-Muro E., Zarazaga I. (2001): Effect of milk protein haplotypes on the composition and technological properties of Fleckvieh bovine milk. *Milchwissenschaft*, 56:488-491.
- Asimov G.J., Krouze N.K. (1937): The lactogenic preparations from the anterior pituitary and the increase of milk yield in cows. *J. Dairy Sci.*, 20:289.
- Bauman D.E. (1992): Bovine somatotropin: review of an emerging animal technology. *J. Dairy Sci.*, 75:3432-3451.
- Beaglehole R., Jackson R. (2003): Balancing research for new risk factors and action for the prevention of chronic diseases. *NZMJ*, 116. In: <http://www.nzma.org.nz/journal/116-1168/>
- Bennewitz J., Reinsch N., Paul S., Looft C., Kaupe B., Reimann C., Erhardt G., Thaller G., Kühn Ch., Schwerin M., Thomsen H., Reinhardt F., Reents R., Kalm E. (2004): The *DGAT1* K232A Mutation Is Not Solely Responsible for the Milk Production Quantitative Trait Locus on the Bovine Chromosome 14. *J. Dairy Sci.*, 87:431-442.
- Biswas T.K., Bhattacharya T.K., Narayan A.D., Badola S., Kumar P., Kumar S., Sharma A. (2003): Effect of growth hormone gene polymorphism on milk quality traits in crossbred cattle. *J. Appl. Anim. Res.*, 24:145-151.
- Blalock J.E. (1994): The syntax of immuno-neuroendocrine communication. *Immun. Today*, 15:504-511.
- Burton J.L., McBride B.W., Block E., Glimm D.R., Kennelly J.J. (1994): A review of bovine growth hormone. *Can. J. Anim. Sci.*, 74:167-201.
- Boettcher P.J., Caroli A., Stella A., Chessa S., Budelli E., Canavesi F., Ghiroldi S., Pagnacco G. (2004): Effects of Kasein Haplotypes on Milk Production Traits in Italián Holstein and Brown Swiss Cattle. *J. Dairy Sci.*, 87:4311-4317.
- Bouška J., Doležal O., Jílek F., Kudrna V., Kvapilík J., Příbyl J., Rajmon R., Sedmíková M., Skřivanová V., Šlosárková S., Tyrolová Y., Vacek M., Žižlavský J. (2006): Chov dojeného skotu. Profi Press, s.r.o., Praha, 1. vyd., 186 s.

- Buchberger J., Dovc P. (2000): Lactoprotein genetic variants in cattle and cheese making ability. *Food Technology and Biotechnology*, 38:91-98.
- Caroli A., Chessa S., Bolla P., Budelli E., Gandini G. C. (2004): Genetic structure of milk protein polymorphism and effects on milk production traits in a local dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, 121:119-127.
- Collier R.J., McNamara J.P., Wallace C.R., Dehoff M.H. (1984): A review of endocrine regulation of metabolism during lactation. *J. Anim. Sci.*, 59:495-510.
- Comin A., Cassandro M., Ojala M., Bittante G. (2006): Effect of β - and κ -casein genotypes on milk coagulation properties, milk production and content, and milk quality traits in Italian Holstein cows. 57th Annual Meeting of the EAAP, 17. - 20.9.2006, Antalya, Turkey.
- Copras E.S., Harman S.M., Blackman M.R. (1993): Human growth hormone and human aging. *Endocr. Rev.*, 14:20-39.
- Čejna V., Mlček J., Chládek G. (2006): Vliv plemene a pořadí laktace na obsah kaseinu v kravském mléce. In: Sborník z konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha, 98-99.
- Čítek J., Řehout V., Hajič F., Košvanec K., Šoch M. (1997): Genetic polymorphism of kappa-casein locus in Czech Pied and Black Pied cattle. *Czech J. Anim. Sci.*, 42:1-4.
- Čítek J., Řehout V., Neubauerová V. (2001): Allele frequency at PRL (prolactin) and LGB (lactoglobulin beta) genes in Red cattle breeds from Central Europe and in other breeds. *Czech J. Anim. Sci.*, 46:433-438.
- De Paz C.C.P., Packer I.U., de Freitas A.F., Tamhasco-Talhari A., Regitano L.C.D., de Alencar M.M., Rodrigues A.D. (2004): Effect of genetic polymorphisms on the growth curve parameters in beef cattle. *Brazilian J. Anim. Sci.*, 33: 858-869.
- De Vlaming V.L. (1979): Actions of prolactin among the vertebrates. In: Barrington EJW *Hormones and Evolution*, Academic Press, New York:561-642.
- Druet T., Fritz S., Colleau J.J., Gautier M., Eggen A., Rossignol M.N., Boscher M.Y., Malafosse A., Boichard D. (2005): Genetic markers in breeding programs. The 26th European Holstein and Red Holstein Conference, 19.-21.5.2005, Prague, Czech Republic.
- Dvořák J., et al. (2000): Principy a možnosti využívání genetických markerů ve šlechtění skotu. In: Sborník z 8. mezinárodní konference "Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce skotu". České Budějovice, 8.-9.2.2000, 29-31.

- Dybus A., Grzesiak W., Kamieniecki H., Szatkowska I., Sobek Z., Blaszczyk P., Czerniawska-Piatkowska E., Zych S., Muszynska M. (2005): Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle. *Archiv für Tierzucht*, 48:149-156.
- Eigel W.N., Butler J.E., Ernstrom C.A., Farrell H.M., Harwalkar V.R., Jenness R., Whitney R.McL. (1984): Nomenclature of proteins of cow's milk. *J. Dairy Sci.*, 67:1599-1631.
- Enennaam A., Medrano J. F. (1991): Milk Protein Polymorphisms in California Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 74:1730-1742.
- Eppard P.J., Bentle L.A., Violand B.N., Ganguli S., Hintz R.L., Kung L., Krivi G.G., Lanza G.M. (1992): Comparison of the galactopoietic response to pituitary-derived and recombinant-derived variants of bovine growth hormone. *J. Endocrinol.*, 132:47-56.
- Erhardt G. (1989): κ -caseins in bovine milk. Evidence of a further allele (κ -Cn E) in different breeds. *J. Anim. Breed. Genet.*, 106:225-231.
- Farrell H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng-Kwai-Hang K. F., Swaisgood H. E. (2004): Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk - Sixth Revision. *J. Dairy Sci.*, 87:1641-1674.
- Folley S.J., Young F.G. (1940): Further experiments on the continued treatment of lactating cows with anterior pituitary extracts. *J. Endocrinol.*, 2:226.
- Graml R., Pirchner F. (2003): Effects of milk protein loci on content of their proteins. *Archiv für Tierzucht*, 46:331-340.
- Grisart B., Coppieters W., Farnir F., Karim L., Ford C., Berzi P., Cambisano N., Mni M., Reid S., Simon P., Spelman R., Georges M., Snell R. (2002): Positional Candidate Cloning of a QTL in Dairy Cattle: Identification of a Missense Mutation in the Bovine *DGATI* Gene with Major Effect on Milk Yield and Composition. *Genome Res.*, 12:222-231.
- Grochowska R., Lunden A., Zwierzchowski L., Snochowski M., Oprzadek J. (2001): Association between gene polymorphism of growth hormone and carcass traits in dairy bulls. *Anim. Sci.*, 72:441-447.
- Hanuš O., Gajdůšek S., Gabriel B., Kopecký J., Jedelská R. (1995): Sýrařsky významné vlastnosti syrového a pasterovaného mléka ve vztahu k polymorfismu mléčných bílkovin. (Cheesemaking properties of raw and pasteurized milk with respect to milk protein polymorphism). *Czech J. Anim. Sci.*, 40:523-528.
- Hanuš O., Beber K., Kopecký J. (2000a): Varianty mléčných bílkovin a vlastnosti mléka a krav. In.: Sborník příspěvků z mezinárodní konference „Šlechtitelské, výživářské a technologické aspekty produkce a kvality mléka“ („Breeding, nutritional and technological aspects of milk production and duality“). Rapotín, 47-49.

- Hanuš O., Beber K., Čermák V., Kopecký J., Jedelská R. (2000b): Typy mléčných bílkovin ovlivňují užítkovost, dlouhověkost i zdraví krav. In.: Sborník příspěvků z mezinárodní konference „Šlechtitelské, výživářské a technologické aspekty produkce a kvality mléka“ („Breeding, nutritional and technological aspects of milk production and duality“). Rapotín, 53-57.
- Havlíček Z. (1996): Polymorfismus mléčných proteinů ve vztahu k jejich produkci a kvalitě. Dizertační práce. MZLU Brno, 179.
- Hruban V., Stratil A., Čepica S., Petr J., Hrouda M., (1999): Principy a aplikace molekulární genetiky ve šlechtění. ČZU Praha, 242 s.
- Hruban V., Majzlík I. (2000): Obecná genetiky. ČZU Praha, 1. Vydání, 316 s.
- Chikuni K., Fukumoto Y., Tanabe R., Murous S., Ozawa S. (1997): A simple method for genotyping the bovine growth hormone gene. *Animal Genetics*, 28:230-232.
- Choi J. W., Hg-Kwai-Hang K. F. (2002): Effects of genetic variants of κ -casein and β -lactoglobulin and Heat Treatment of Milk on Cheese and Whey Compositions. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 5:732-739.
- Chrenek P., Vašíček D., Bauerová M., Bulla J. (1998): Simultaneous analysis of bovine growth hormone and prolactin alleles by multiplex PCR and RFLP. *Czech J. Anim. Sci.*, 43:53-55.
- Chung E.R., Rhim T.J., Han S.K. (1996): Associations between PCR-RFLP Markers of Growth Hormone and Prolactin Genes and Production Traits in Dairy Cattle. *Korean J. Anim. Sci.*, 38:321-336.
- Ikonen T., Ojala M., Syvaioja E.L. (1997): Effects of composite casein and beta-lactoglobulin genotypes on renneting properties and composition of bovine milk by assuming an animal model. *Agricultural and Food Science in Finland*, 6:283-294.
- Jann O., Prinzenberg E. M., Brandt H., Williams J. L., Ajmone-Marsan P., Zaragoza P., Ozbeyaz C., Erhardt G. (2002): Intragenic haplotypes at the bovine CSN1S1 locus. *Arch. Anim. Breed.*, 41:13-21.
- Jann O. C., Ibeagha-Awemu E. M., Ozbeyaz C., Zaragoza P., Williams J., Aimone-Marsan P., Lenstra J. A., Moazami-Goudarzi K., Erhardt G. (2004): Geographic distribution of haplotype diversity at the bovine casein locus. *Genet. Sel. Evol.*, 36:243-257.
- Juneja R. K. (1981): Studies on genetic polymorphism of plasma proteins in domestic animals. (Thesis). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden: 40.
- Kaminski S., Rymkiewicz-Schymczyk J., Wojcik E., Rusc A. (2002): Associations between bovine milk protein genotypes and haplotypes and

- the breeding value of Polish Black-and-White bulls. *J. Anim. Feed Sci.*, 11:205-221.
- Kawasaki E.S. (1990): Sample preparation from blood, cells and another fluids. In: *PCR protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press, New York, 146-152.
- Khatami S.R., Lazeby O.E., Maksimenko V.F., Sulimova G.E. (2005): Association of DNA polymorphisms of the growth hormone and prolactin genes with milk productivity in Yaroslavl and Black-and-White cattle. *Russian J. Genet.*, 41: 167-173.
- Knoll A., Urban T. (2002): Current methods used in molecular genetics of animals (Aktuální metody používané v molekulární genetice zvířat). In: *XXth Genetics Days, Brno*, 31-36.
- Kräusslich H. (1994): *Tierzüchtungslehre.*, 4. vyd., Stuttgart, Ulmer Verlag: 464 s.
- Kučera J., Král P. (2006): Český strakatý skot: zaměřeno na kvalitu. In: *Sborník z konference s mezinárodní účastí „Den mléka“*, 22.5.2006, ČZU Praha, 7-8.
- Kučerová J., Němcová E., Štípková M., Jandurová O., Matějčík A., Bouška J. (2005): The association between *CSN3* genotypes and milk production parameters in Czech Pied Cattle. *Book of Abstracts of the 56th Annual Meeting of the EAAP*, 5. - 8.6.2005, Uppsala, Sweden, 365.
- Kučerová J., Matějčík A., Jandurová O. M., Sorensen P., Němcová E., Štípková M., Kott T., Bouška J., Frelich J. (2006): Milk protein genes *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3*, *LGB* and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.*, 51:241-247.
- Kurg A. (2005): High-throughput technologies and finding of candidate genes of animal and human disorders. *Workshop on genomics and bioinformatics in animal biotechnology*, Jastrzebiec 31.1. – 4.2. 2005, Poland.
- Laugesen M., Elliott R. (2003): Ischaemic heart disease, Type 1 diabetes, and cow milk A1 β -casein. *NZMJ*, 116. In: <http://www.nzma.org.nz/journal/116-1168/>
- Ledvina M. (1993): *Biochemie*. Univerzita Karlova, Praha, 390 s.
- Lewin H.A., Schmitt K., Hubert R., Vaneijk M.J.T., Arnheim N. (1992): Close linkage between bovine prolactin and BoLA-DRB3 genes: Genetic-mapping in cattle by single sperm typing. *Genomics*, 13:44-48.

- Lien S., Alestrom P., Klunghand H., Rogne S. (1992): Detection of multiple β -casein (*CASB*) alleles by amplification created restriction sites (ACRS). *Anim. Genet.*, 23:333-338.
- Lien S., Rogne S. (1993): Bovine casein haplotypes: number, frequencies and applicability as genetic markers. *Anim. Genet.*, 24:373-376.
- Linville R. C., Pomp D., Johnson R. K., Rothschild M. F. (2001): Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine. *J. Anim. Sci.*, 79:60-67.
- Lucy M.C., Hauser S.D., Eppard P.J., Krivi G.G., Clark J.H., Bauman D.E., Collier R.J. (1993): Variants of somatotropin in cattle: gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 10: 325-333.
- Masler I.A., Riddick D.H. (1979): Prolactin production by human endometrium during the normal menstrual cycle. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 135:751-754.
- Matějčíček A., Matějčíčková J., Němcová E., Jandurová O. M., Štípková M., Bouška J., Frelich J. (2007): Joint effects of *CSN3* and *LGB* genotypes and their relation to breeding values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.*, 52:83-87.
- Mášová H., Šustová K. (2006): Obsah kaseinu u plemen české strakaté a holštýnské. In: Sborník z konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha, 95-97.
- Mäki-Tanila A. (2006): Seeing the genomic value of markers. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123:217.
- Mercier J.-C., Vilotte J.-L. (1993): Structure and function of milk protein genes. *J. Dairy Sci.*, 76:3079-3098.
- Miller W.L., Eberhardt N.L. (1983): Structure and evolution of the growth hormone gene family. *Endocr. Rev.*, 4:97-130.
- Mullis K.B., Faloona F.A. (1987): Specific synthesis of DNA in vitro via polymerase-catalysed chain reaction. *Methods Enzymol.*, 155:335-350.
- Neubauerová V. (2001): Detekce genetických markerů a možnosti jejich využití u skotu a dalších kopytníků. Disertační práce. JU v Českých Budějovicích, 211.
- Ng-Kwai-Hang K.F. (1998): Genetic polymorphism of milk proteins: Relationships with production traits, milk composition and technological properties. *Can. J. Anim. Sci.*, 78:131-147.
- Niall H.D., Hogan M.L., Sauer R., Rosenblu I.Y., Greenwoo F.C. (1971): Sequence of pituitary and placental lactogenic and growth hormones -

- evolution from a primordial peptide by gene reduplication. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 68:866-869.
- Panicke L., Freyer G., Erhardt G. (1996): Effekte der Milchproteinpolymorphismen auf die Leistung. In: Kolloquium Milchprotein und Proteinansatz, Graal-Müritz, FBN Dummerstorf, Universität Rostock, 20.
- Příbýl J., Hruban V. (2000): QTL ve šlechtění hospodářských zvířat. In: Sborník z konference "Současnost a perspektivy šlechtění hospodářských zvířat", ČZU v Praze, 9.11.2000, 122-132.
- Pytloun P. (2001): Šlechtitelský program českého strakatého plemene. *Náš chov*, tématická příloha, 12:4-6.
- Riddle O., Bates R.W., Dykshorn S.W. (1932): A new hormone of the anterior pituitary. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 29:1211-1215.
- Rodrigues C.V., Guimares S.E.F., Neto E.D., Pinheiro L.E.L. (1998): Identification of novel polymorphism in the promoter region of the bovine growth hormone gene. *Animal Genetics*, 29:65-66.
- Sabour M.P., Lin C.Y., Smith C. (1997): Association of genetic variants of bovine growth hormone with milk production traits in Holstein cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 114:435-442.
- Saiki R. K., Scharf S., Faloona F., Mullis K. B., Horn G. T., Erlich H. A., Arnheim N. (1985): Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science*, 230:1350-1354.
- Sambrook J., Fritsch E. F., Maniatis T. (1989): *Molecular cloning: A laboratory manual*. 2nd ed., Cold Spring Harb. Lab. Press, USA.
- Seavey B.K., Singh R.N.P., Lewis U.J., Geschwin I.I. (1971): Bovine growth hormone: evidence for two allelic forms. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 43:189-195.
- Sejrsen K., Foldager J., Sorensen M.T., Akers R.M., Bauman D.E. (1986): Effect of exogenous bovine somatotropin on pubertal mammary development in heifers. *J. Dairy Sci.*, 69:1528-1535.
- Schaeffer L. R. (2006): Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123:218-223.
- Schlee P., Graml R., Schallenberger E., Schams D., Rottmann O., Olbrichbludau A., Pirchner F. (1994a): Growth hormone and insulin-like growth factor I concentrations in bulls of various growth hormone genotypes. *Theor. Appl. Genet.*, 88:497-500.

- Schlee P., Graml R., Rottmann O., Pirchner F. (1994b): Influence of growth hormone genotypes on breeding values of Simmental bulls. *J. Anim. Breed. Genet.*, 111:253-256.
- Smith H. O., Wilcox K. W. (1970): A restriction enzyme from *Haemophilus influenzae*. I. Purification and general properties. *J. Mol. Biol.*, 51:379-391.
- Spelman R.J., Ford C.A., McElhinney P., Gregory G.C., Snell R.G. (2002): Characterization of the *DGAT1* Gene in the New Zealand Dairy Population. *J. Dairy Sci.*, 85:3514-3517.
- Svaz chovatelů českého strakatého skotu (2007): Chovný cíl a šlechtitelský program českého strakatého skotu. Dostupné na: www.cestr.cz
- Tucker H.A. (1981): Physiological control of mammary growth, lactogenesis and lactation. *J. Dairy Sci.*, 64:1403-1421.
- Urban F. et al. (1997): Chov dojeného skotu, Natural s. r. o., 290 s.
- Vukasinovic N., Denise S.K., Freeman A.E. (1999): Association of Growth Hormone Loci with Milk Yield Traits in Holstein Bulls. *J. Dairy Sci.*, 82: 788-794.
- Walters C.A., Daly D.C., Chapitis J., Kuslis S.T., Prior J.C., Kusmik W.F., Riddick D.H. (1983): Human myometrium: a new potential source of prolactin. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 147:639-644.
- van der Werf J., Kinghorn B. (2000): Basics of marker assisted selection. QTL course: Identifying and incorporating genetic markers and major genes in animal breeding programs, Belo Horizonte - Brazil, 119-127.
- Weller J.I., Golik M., Seroussi E., Ezra E., Ron M. (2003): Population-wide analysis of a QTL affecting milk-fat production in the Israeli Holstein population. *J. Dairy Sci.*, 86:2219-2227.
- Winter A., W. Krämer, F. A. O. Werner, S. Kollers, S. Kata, G. Durstewitz, J. Buitkamp, J. E. Womack, G. Thaller, and R. Fries (2002): Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase (*DGAT1*) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. *PNAS* 99:9300-9305 (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142293799)
- Womack J.E., Threadgill D.W., Moll Y.D., Faber L.K., Foreman M.L., Dietz A.B., Tobin T.C., Skow L.C., Zneimer S.M., Gallagher D.S., Rogers D.S. (1989): Syntenic mapping of 37 loci in cattle. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 51:1109.
- Woyichik R.P., Camper S.A., Lyons R.H., Horowitz S., Goodwin E.C., Rottman F.M. (1982): Cloning and nucleotide sequencing of the bovine growth hormone gene. *Nucleic Acids Research*, 10:7197-7210.

11. SEZNAM PUBLIKACÍ

11.1 Vědecké publikace:

MATĚJÍČEK A., MATĚJÍČKOVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O. M., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J., FRELICH J. (2007): Joint effects of *CSN3* and *LGB* genotypes and their relation to breeding values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.*, 52:83-87.

KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., JANDUROVÁ O. M., SORENSEN P., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., KOTT T., BOUŠKA J., FRELICH J. (2006): Milk protein genes *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3*, *LGB* and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.*, 51:241-247.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., JANDUROVÁ O. M., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2005): Vztah kandidátního genu *LGB* k parametrům mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu (The association between candidate gene *LGB* and milk production parameters in Czech Fleckvieh). *Coll. of Sci. Papers, Ser. for Anim. Sci., ZF JU v Českých Budějovicích*, 22(2):155-158.

KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., JANDUROVÁ O. M., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J., FRELICH J. (2005): Vztah genotypů kandidátního genu *CSN3* k parametrům mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu (The association between genotypes of candidate gene *CSN3* and milk production parameters in Czech Fleckvieh). *Coll. of Sci. Papers, Ser. for Anim. Sci., ZF JU v Českých Budějovicích*, 22(2):159-162.

11.2 Sborníky z konferencí:

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Polymorphism of *LGB* locus and its effect on milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Proceedings from 41st Croatian & 1st International Symposium on Agriculture*, 13. – 17.2.2006, Opatija, Croatia, 625-626.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): *CSN2* locus in relation to milk production parameters of Czech Fleckvieh. *Biotechnology 2006, České Budějovice, Czech Republic*, 294-296.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Vliv lokusů *CSN2* a *CSN3* na úroveň plemenných hodnot parametrů mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. *Sborník z*

mezinárodní konference Agroregion, ZF JU, 24.-25.8. 2006, České Budějovice, 45-48.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Vliv genotypů *CSN3* a *LGB* na úroveň plemenných hodnot parametrů mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha, 90-92.

KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): The effect of *CSN1S1* and *CSN2* loci on milk production parameters in Czech Fleckvieh. Proceedings from 41st Croatian & 1st International Symposium on Agriculture, 13. – 17.2.2006, Opatija, Croatia, 613-614.

KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): The effect of milk protein genes on breeding values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. Book of Abstracts of the 57th Annual Meeting of the EAAP, 17. – 20.9.2006, Antalya, Turkey, 282.

KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): Polymorfismus lokusů *CSN3* a *LGB* a jejich vztah k parametrům mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha, 87-89.

KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., JANDUROVÁ O., MATĚJÍČEK A., BOUŠKA J. (2005): The association between *CSN3* genotypes and milk production parameters in Czech Pied Cattle. Book of Abstracts of the 56th Annual Meeting of the EAAP, 5. – 8.6.2005, Uppsala, Sweden, 365.

11.3 Postery:

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Polymorphism of *LGB* locus and its effect on milk production parameters in Czech Fleckvieh. 41st Croatian & 1st International Symposium on Agriculture, 13. – 17.2.2006, Opatia, Croatia.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Vliv genotypů *CSN3* a *LGB* na úroveň plemenných hodnot parametrů mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. Konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha.

MATĚJÍČEK A., KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., FRELICH J., BOUŠKA J. (2006): Vliv lokusů *CSN2* a *CSN3* na úroveň plemenných hodnot parametrů mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. Mezinárodní konference Agroregion, ZF JU, 24.-25.8. 2006, České Budějovice.

- KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): The effect of *CSN1S1* and *CSN2* loci on milk production parameters in Czech Fleckvieh. 41st Croatian & 1st International Symposium on Agriculture, 13. – 17.2.2006, Opatia, Croatia.
- KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): The effect of milk protein genes on breeding values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. 57th Annual Meeting of the EAAP, 17. – 20.9.2006, Antalya, Turkey.
- KUČEROVÁ J., MATĚJÍČEK A., NĚMCOVÁ E., JANDUROVÁ O., ŠTÍPKOVÁ M., BOUŠKA J. (2006): Polymorfismus lokusů *CSN3* a *LGB* a jejich vztah k parametrům mléčné užitkovosti u českého strakatého skotu. Konference s mezinárodní účastí „Den mléka“, 22.5.2006, ČZU Praha.
- KUČEROVÁ J., NĚMCOVÁ E., ŠTÍPKOVÁ M., JANDUROVÁ O., MATĚJÍČEK A., BOUŠKA J. (2005): The association between *CSN3* genotypes and milk production parameters in Czech Pied Cattle. EAAP, 5. – 8.6.2005, Uppsala, Sweden.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
KNIHOVNA
Studentská 13
370 05 České Budějovice