

## THE INFLUENCE OF MARKERS CSN3 AND ETH10 ON MILK PRODUCTION PARAMETERS IN CZECH PIED CATTLE

### VLIV MARKERŮ CSN3 A ETH10 NA PARAMETRY MLÉČNÉ UŽITKOVOSTI U ČESKÉHO STRAKATÉHO SKOTU

Jitka KUČEROVÁ<sup>1\*</sup>, Eva NĚMCOVÁ<sup>2</sup>, Miloslava ŠTÍPKOVÁ<sup>2</sup>, Irena VRTKOVÁ<sup>3</sup>, Josef DVOŘÁK<sup>3</sup>, Jan FRELICH<sup>1</sup>, Josef BOUŠKA<sup>2</sup>, Miroslav MARŠÁLEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Special Zootechnics, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Studentská 13, 37005 České Budějovice, Czech Republic, tel.: +420387772608, fax: +420387772601, e-mail: jitka.k@seznam.cz

<sup>2</sup>Division of Cattle Breeding, Department of Technology and Animal Breeding Technique, Research Institute of Animal Production Prague - Uhřetěves, Přátelství 815, 104 01 Prague 114 – Uhřetěves, Czech Republic

<sup>3</sup>Department of Genetics, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Zemědělská 1, 61300 Brno, Czech Republic

Manuscript received: April 14, 2004; Reviewed: October 21, 2004; Accepted for publication: December 15, 2004

#### ABSTRACT

There were observed milk production parameters in 5506 daughters of 37 Czech Pied cattle sires in our study. Sires were genotyped for markers CSN3 and ETH10. The aim was to find relation between genetic markers CSN3, ETH10 and observed milk performance parameters. The relation between CSN3 genotype and milk production parameters was found to be significant. The effect of CSN3 genotype AA on milk, protein and fat yield and effect of genotype BB on protein and fat percentage was proved. Frequency of allele B and genotype BB in Czech Pied cattle was similar to other Simmental breeds and was also higher than allele frequencies found in Holsteins. These findings also conform with findings in other studies and after verification on larger populations using granddaughter design population structure can be used in breeding programme of Czech Pied cattle. Significant relation was also found between microsatellite marker ETH10 and milk fat content. Further study is needed to prove this finding in larger populations of sires and their grandsires with higher genetic variability of their breeding values before considering to implement markers into breeding process.

This research was supported by projects MSM 122200002, MSM 432100001, NAZV QD 0176 and NAZV QF 3020.

**KEY WORDS:** genetic markers, cattle breeding, milk production, CSN3, ETH10

#### ABSTRAKT

V této práci byly sledovány parametry mléčné užitkovosti u 5506 dcer po 37 plemenících českého strakatého skotu. U plemeníků byly zjišťovány genotypy markerů CSN3 a ETH10. Cílem práce bylo zjistit vztah genetických markerů CSN3 a ETH10 ke sledovaným parametrům mléčné užitkovosti. Statisticky významný vztah byl zaznamenán mezi markerem CSN3 a parametry mléčné užitkovosti. Genotyp CSN3 AA byl spojen s vyšší produkcí mléka, bílkovin a tuku a naopak genotyp BB byl spojen s vyšším obsahem bílkovin a tuku v mléce. Zjištěné četnosti alely B a genotypu BB u českého strakatého skotu odpovídají četnostem u plemen simentálského původu a jsou zároveň vyšší, než četnosti uváděné u mléčných plemen, zejména u plemene holštýn. Uvedené výsledky jsou v souladu s poznatky jiných autorů a po ověření na širší populaci plemeníků v rámci granddaughter design je možné tyto poznatky využít ve šlechtění českého strakatého skotu. Dále byl zjištěn statisticky významný vztah mezi mikrosatelitním lokusem ETH10 a obsahem tuku v mléce dcer. Toto zjištění bude vhodné ověřit na rozsáhlejší souboru plemeníků a jejich otců s vyšší variabilitou plemenných hodnot před jeho doporučením k využití ve šlechtitelském procesu.

Tato práce vznikla za finanční podpory projektů MSM 122200002, MSM 432100001, NAZV QD 0176 a NAZV QF 3020.

**KEY WORDS:** genové markery, šlechtění skotu, mléčná produkce, CSN3, ETH10

## DETAILED ABSTRACT

There were observed milk production parameters (milk yield, protein yield, fat yield, protein percentage and fat percentage) in 5506 daughters of 37 Czech Pied cattle sires in this study. Sires were genotyped for markers CSN3 and ETH10. The aim was to find relation between genetic markers CSN3, ETH10 and observed milk performance parameters. DNA was obtained from semen of sires. Polymerase Chain Reaction (PCR) was used for amplification of DNA part. Then followed split of one of the two present variants by specific restriction endonuclease using a method Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP). The result was detected by use of electrophoresis on agarose gel. Ethidium bromide was used for visualization of fragments on UV radiation. The data were evaluated in programme SAS using linear models for analysing influence of CSN3 and ETH10 on production parameters. The relation between CSN3 genotype and milk production parameters was found to be significant. The effect of CSN3 genotype AA on milk, protein and fat yield and effect of genotype BB on protein and fat percentage was proved. Highly significant effect of genotype BB was only found on protein percentage. Other effects as well as effects of genotype AA were found to be moderately significant. Frequency of allele B and genotype BB in Czech Pied cattle was similar to other Simmental breeds and was also higher than allele frequencies in some milk breeds, especially Holsteins. These findings also conform with findings in other studies so that after verification on larger populations using granddaughter design they can be recommended to use in breeding programme of Czech Pied cattle. Significant relations were also found between microsatellite marker ETH10 and milk fat content. Further studies are needed to prove this finding in larger populations of sires and grandsires with higher genetic variability of their breeding values before considering to implement this marker into breeding process.

## ÚVOD

Markery podporovaná selekce (MAS) je vhodným dodatkem k existujícím selekčním postupům, neboť genetické markery korelující s užitkovými vlastnostmi skotu odčerpávají určitý podíl rozptylu a umožňují přesnější odhad plemenné hodnoty [6]. Zejména se jedná o vztah polymorfismu markeru k rozdílům v užitkovosti zvířat [16]. Začleněním informací o genetickém markeru je do selekce kvantitativní vlastnosti zahrnuto nové selekční hledisko, čímž dochází ke zpřesnění odhadu souhrnné plemenné hodnoty a zvýšení účinnosti prováděné selekce [8]. Pro zjištění podílu markeru na

proměnlivosti daného znaku je vhodné použít populační strukturu granddaughter design [26].

Kaseiny tvoří převážný podíl mléčných proteinů (78 – 82 %), zbývající (18 – 22 %) část připadá na syrovátkové proteiny [17]. Gen pro mléčný protein  $\kappa$ -kasein (CSN3) se nachází na 6. boviním chromosomu a kóduje informaci pro jeden z nejdůležitějších proteinů mléka, který je součástí tzv. kaseinového komplexu a je nezbytný pro uspořádání a stabilitu kaseinové micely [1]. Gen pro kapa-kasein ovlivňuje množství, složení a technologické vlastnosti mléka [22].

[27] a [10] zjistili u populace slovenského strakatého skotu nejvyšší mléčnou užitkovost u plemenic genotypu CSN3 AA a naopak nejnižší mléčnou užitkovost u plemenic genotypu BB. Plemenice genotypu BB však vykázali nejvyšší procento bílkovin a tuku. Naopak nejvyšší procento bílkovin a zároveň nejvyšší mléčnou užitkovost zjistili u krav s genotypem BB [4] v populaci holštýnského skotu a rovněž [9] v populaci prvotek holštýnského a českého strakatého skotu. Pozitivní vliv genotypu BB na technologické vlastnosti mléka, zejména rychlost sýření, vyšší produkci sýřeniny, nižší množství syrovátkového prachu, atd., a naopak negativní vliv genotypu AA, byl publikován mnoha autory ([5]; [21]). Nepříznivý vliv alely E na znaky mléčné užitkovosti a na kvalitu mléčné bílkoviny v porovnání s alelou B a alelou A zaznamenali [12] a [18].

Mikrosatelitní marker ETH10 se nachází na pátém boviním chromosomu [2] a je zařazen mezi lokusy, které jsou využívány pro ověřování paternity. [23] sledovali masnou užitkovost synů deseti plemeniků ve třech oblastech Japonska a zjišťovali, zda jsou rozdíly v masné užitkovosti spojené s genotypem a frekvencí alel jedenácti paternitních mikrosatelitů včetně ETH10. Zjistili statisticky významné rozdíly frekvencí alel ETH10 mezi skupinami býků s rozdílnou kvalitou masa vyjádřenou mramorováním, tj. ukládáním intramuskulárního tuku.

## MATERIÁL A METODIKA

Do sledování bylo zahrnuto celkem 37 plemeniků českého strakatého skotu a 5 506 ks jejich dcer. U dcer byly sledovány parametry mléčné užitkovosti za 1. normovanou laktaci (240 – 305 dnů): množství vyprodukovaného mléka, bílkovin a tuku v kg, obsah bílkovin a tuku v mléce (%). Dále byl zjišťován státní registr otce a genotypy CSN3 a ETH10 u otců.

Přítomnost genových markerů u plemenných býků byla zjišťována z inseminačních dávek. K vlastnímu stanovení byla použita nejprve polymerázová řetězová reakce (PCR, Polymerase Chain Reaction) pro namnožení požadovaného úseku DNA řetězce. Pak následovalo rozštěpení jedné

ze dvou přítomných variant PCR produktu specifickou restriční endonukleázou - metodou polymorfismu délky restričních fragmentů (RFLP, Restriction Fragment Length Polymorphism) a výsledek se zjišťoval pomocí elektroforézy na agarozovém gelu za použití ethidium bromidu pro vizualizaci fragmentů na UV světle.

Údaje o plemenicích a užitkovosti jejich dcer byly zjišťovány z kontroly užitkovosti skotu.

Všechny získané údaje byly statisticky vyhodnoceny v programu SAS 8.2. Vztah CSN3 a ETH10 k parametrům mléčné užitkovosti byl zjišťován podle následujících lineárních modelů:

$$1. \text{CSN3: } y_{ijk} = \text{SRO}_j + bA_i + C_k + e_{ijk}$$

$$2. \text{ETH10: } y_{ijk} = \text{SRO}_j + bA_i + T_k + e_{ijk}$$

kde y je parametr mléčné užitkovosti krávy; SRO je sdružený efekt stáda, roku a období; bA je regrese na věk plemence při prvním otelení; C je efekt genotypu CSN3 otce; T je efekt genotypu ETH10 otce; e je soubor reziduálních efektů.

Hladina významnosti F-testů a t-testů byla posuzována na úrovních:

- + statisticky významné ( $0,05 \geq P \geq 0,01$ )
- ++ statisticky středně významné ( $0,01 > P > 0,001$ )
- +++ statisticky vysoce významné ( $P \leq 0,001$ ).

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Charakteristika souboru sledovaných plemeniků je uvedena v tabulce 1. Plemenné hodnoty odpovídají požadavkům na býky zlepšovatele. Průměrná plemenná hodnota byla zaznamenána pro kg mléka +895,32 kg a pro kg bílkovin +35,86 kg. Relativní plemenná hodnota se pohybovala v rozmezí 117 – 145 pro kg bílkovin a 80

– 122 pro korigovaný netto přírůstek.

Výsledky mléčné užitkovosti dcer a masné užitkovosti synů sledovaných plemeniků jsou uvedeny v tabulce 2. Dcery vykázaly průměrnou mléčnou užitkovost za 1. normovanou laktaci 4 971 kg mléka při obsahu 3,49 % bílkovin a 4,29 % tuku a vyprodukovaly průměrně 173 kg bílkovin a 212 kg tuku. Naproti tomu [3] zjistili u vybraného vzorku plemenic českého strakatého skotu na 1. normované laktaci produkci 3 963 kg mléka, 133 kg bílkovin a 170 kg tuku.

U sledovaných plemeniků byly zjištěny tři genotypy CSN3 – AA, AB a BB s genotypovými četnostmi 38 %, 48 % a 14 % a alelovými četnostmi A 0,61 a B 0,39 (tabulka 3). Rovněž [15] zjistili u českého strakatého skotu obdobné frekvence alely A (0,61) a B (0,37). [28] uvádějí u sledovaného souboru slovenského strakatého skotu přibližně o polovinu nižší četnost genotypu AA (18,2 %) a o 3,5 % nižší četnost genotypu BB (12,5 %) a naopak vyšší četnost genotypu AB (69,3 %). Podstatně vyšší četnost genotypu AA (57 %), ale zároveň nižší četnost genotypu AB (39 %) zjistili [24] u polského černostrakatého skotu, přičemž genotyp BB byl zastoupen pouze 4 %. Genotypovým četnostem odpovídala i vysoká četnost alely A (0,77) a nízká četnost alely B (0,23). Vysokou četnost alely A zaznamenali rovněž [19] u dánského holštýnského skotu (0,85) a plemene dánský shorthorn (0,86). Naproti tomu velmi nízké četnosti alely B zjistili u finského holštýnského skotu (0,12), švédského červeného skotu (0,19) a švédského červenostrakatého skotu (0,12). [20] ve své práci zjistili nejvyšší četnost alely A u holštýnsko-fríského plemene (0,84) a alely B u plemene jersey (0,66). U simentálského skotu zaznamenali obdobnou četnost alely A (0,69) jako v případě námi sledovaného souboru českého strakatého

Table 1: Characteristics of observed Czech Pied sires

Tabulka 1: Charakteristika sledovaného souboru plemeniků českého strakatého skotu

Ukazatele <sup>1</sup>	Základní statistické charakteristiky <sup>2</sup>				
	n	$\bar{x}$	$s_x$	min.	max.
Plemenné hodnoty (PH) <sup>3</sup>					
PH pro množství mléka v kg (kg) <sup>5</sup>	37	895,32	373,13	265	1734
PH pro kg bílkovin v mléce (kg) <sup>6</sup>	37	35,86	9,00	26	60
PH pro % bílkovin v mléce (%) <sup>7</sup>	37	-0,03	0,15	-0,47	0,3
PH pro kg tuku v mléce (kg) <sup>8</sup>	37	33,57	16,55	-6	77
PH pro % tuku v mléce (%) <sup>9</sup>	37	-0,07	0,23	-0,69	0,54
Relativní plemenné hodnoty (RPH) <sup>4</sup>					
RPH pro kg bílkovin v mléce <sup>10</sup>	37	125,35	7,39	117	145
RPH pro korigovaný netto přírůstek <sup>11</sup>	37	101,73	11,17	80	122

1 - Parameters; 2 - Basic statistics; 3 - Breeding values (BV); 4 - Relative breeding values (RBV); 5 - BV for milk yield (kg); 6 - BV for protein yield (kg); 7 - BV for protein content (%); 8 - BV for fat yield (kg); 9 - BV for fat content (%); 10 - RBV for protein yield; 11 - RBV for corrected nett gain

skotu. Citované výsledky potvrzují vyšší výskyt alely A u holštýnského skotu a alely B u kombinovaného strakatého skotu.

Dcery po plemenících s genotypem CSN3 AA nadojily v průměru o 157 kg a 289 kg více mléka za laktaci oproti dcerám býků s genotypem AB a BB. Rozdíl mezi skupinami byl středně významný. Podobné výsledky byly zjištěny u produkce bílkovin a tuku. Plemenice po otcích s genotypem CSN3 AA vyprodukovaly o 6 kg více bílkovin a o 9 kg více tuku než plemenice po otcích s genotypem AB. Také v tomto případě byl rozdíl mezi skupinami středně významný. Rovněž [7] zjistili pozitivní vliv alely A na množství vyprodukovaného mléka, bílkovin a tuku. Vyšší mléčnou produkci spojenou s genotypem CSN3 AA zaznamenali rovněž [11] u korejského skotu, ([13]; [14]) u finského ayrshire a [24] u polského černostrakatého skotu.

Vysoce významný rozdíl v obsahu bílkovin a středně významný rozdíl v obsahu tuku byl zjištěn mezi dcerami plemeníků s genotypem CSN3 BB a dcerami plemeníků

s genotypem AA a AB. Vyšší procento bílkovin a tuku v mléce bylo zaznamenáno v případě genotypu BB v porovnání s genotypem AA a AB. Tento výsledek odpovídá vyššímu obsahu bílkovin a tuku v mléce spojeného s genotypem CSN3 BB, který zjistili [21], [13] a [24].

Při hodnocení vztahu mikrosatelitu ETH10 k ukazatelům mléčné užitkovosti (tabulka 4) byl zjištěn statisticky významný rozdíl pouze u obsahu tuku v mléce (2,64<sup>+</sup>). Přestože rozdíly mezi jednotlivými skupinami genotypů byly patrné i u dalších ukazatelů mléčné produkce, nebyly statisticky významné. Nejvyšší obsah tuku vykázala skupina dcer po otcích s genotypem ETH10 217/223 a naopak nejnižší obsah tuku byl zaznamenán u dcer po otcích s genotypem 217/221. Zajímavým zjištěním je také to, že genotyp 217/223 vyniká ve všech sledovaných ukazatelích a je spojen s jejich nejvyššími hodnotami ze sledovaných genotypů.

Table 2: Milk production parameters of daughters  
Tabulka 2: Ukazatele mléčné užitkovosti dcer sledovaných plemeníků

Ukazatele mléčné užitkovosti dcer <sup>1</sup>	Základní statistické charakteristiky <sup>2</sup>				
	n	$\bar{x}$	$s_x$	min.	max.
Dny laktace (dny) <sup>12</sup>	5 506	295	15,8	240	305
Mléko (kg) <sup>13</sup>	5 506	4971	1145	2004	9750
Bílkoviny (kg) <sup>14</sup>	5 506	173	41,1	69	366
Bílkoviny (%) <sup>15</sup>	5 506	3,49	0,23	2,73	4,28
Tuk (kg) <sup>16</sup>	5 506	212	49,7	78	440
Tuk (%) <sup>17</sup>	5 506	4,29	0,42	3,1	5,7

1 - Parameters (of milk production of daughters); 2 - Basic statistics; 12 - Days of lactation (days); 13 - Milk yield (kg); 14 - Protein yield (kg); 15 - Protein content (%); 16 - Fat yield (kg); 17 - Fat content (%)

Table 3: Relation between marker CSN3 in sires and milk production parameters of daughters  
Tabulka 3: Vztah markeru CSN3 otce k ukazatelům mléčné užitkovosti dcer

Ukazatele <sup>1</sup>	n otců <sup>19</sup> Četnost (%) <sup>20</sup>	Genotyp CSN3 otce <sup>18</sup>			F - test	t - test
		AA	AB	BB		
		14	18	5		
Mléko (kg) <sup>13</sup>	$\mu$	4 953	4 796	4 664	3,48 <sup>++</sup>	1: 2 <sup>++</sup>
Bílkoviny (kg) <sup>14</sup>	$\mu$	171	165	169	2,75 <sup>+</sup>	1: 2 <sup>++</sup>
Bílkoviny (%) <sup>15</sup>	$\mu$	3,44	3,44	3,59	6,92 <sup>+++</sup>	1, 2: 3 <sup>+++</sup>
Tuk (kg) <sup>16</sup>	$\mu$	213	204	207	4,11 <sup>+</sup>	1: 2 <sup>++</sup>
Tuk (%) <sup>17</sup>	$\mu$	4,32	4,27	4,46	4,46 <sup>++</sup>	1: 3 <sup>+</sup> ; 2: 3 <sup>++</sup>

1 - Parameters; 13 - Milk yield (kg); 14 - Protein yield (kg); 15 - Protein content (%); 16 - Fat yield (kg); 17 - Fat content (%); 18 - CSN3 genotype of sires; 19 - n sires; 20 - Genotype frequency (%)

Table 4. Relation between marker ETH10 in sires and milk production parameters of daughters  
Tabulka 4. Vztah markeru ETH10 otce k ukazatelům mléčné užitkovosti dcer

Genotyp ETH10 <sup>21</sup>	Ukazatele <sup>1</sup>					
	n	Mléko (kg) <sup>13</sup> $\bar{x}$	Bílkoviny (kg) <sup>14</sup> $\bar{x}$	Bílkoviny (%) <sup>15</sup> $\bar{x}$	Tuk (kg) <sup>16</sup> $\bar{x}$	Tuk (%) <sup>17</sup> $\bar{x}$
217/217	804	4 872	170	3,48	213	4,39
217/219	2 721	5 003	172	3,45	213	4,28
217/221	81	4 859	170	3,49	195	4,09
217/223	192	5 053	177	3,50	231	4,55
213/217	251	4 873	167	3,42	205	4,23
213/219	398	4 907	169	3,44	209	4,29
219/219	70	4 814	164	3,41	205	4,27
F – test		0,26	0,26	0,70	1,01	2,64 <sup>+</sup>
t - test						1:2,3,6 <sup>+</sup> 4:2,3,5,6 <sup>+</sup>

1 - Parameters; 13 - Milk yield (kg); 14 - Protein yield (kg); 15 - Protein content (%); 16 - Fat yield (kg); 17 - Fat content (%); 21 - ETH10 genotype of sires

## ZÁVĚR

Vztahy markeru CSN3 k ukazatelům mléčné užitkovosti, zejména k množství mléka, obsahu bílkovin a tuku, zjištěné v této práci, potvrzují výsledky uváděné jinými autory. Po ověření těchto výsledků na širší populaci plemenků v rámci granddaughter design je tento marker vhodný k praktickému využití ve šlechtění českého strakatého skotu. Vztah mikrosatelitu ETH10 k parametrům mléčné užitkovosti bude nutné před praktickým využitím ve šlechtění ověřit na početnějším souboru plemenků a jejich otců s větší variabilitou plemenných hodnot.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] Alexander, L. J. et al. (1988): Isolation and characterization of the bovine kappa-casein gene. *Eur. J. Biochem.*, 178: 395–401.
- [2] Barendse W., Armitage S. M., Aleyasin A., Womack J. E. (2000): Differences between the radiation hybrid and genetic linkage maps of bovine chromosome 5 resolved with a quasi-phylogenetic method of analysis. *Mamm. Genome*, 11:369-372.
- [3] Dědková L., Wolf J. (2001): Estimation of genetic parameters for milk production traits in Czech dairy cattle populations. (Odhad genetických parametrů pro znaky mléčné užitkovosti českých populací dojeného skotu). *Czech J. Anim. Sci.*, 46:292-301.
- [4] Eenennaam, A.; Medrano, J.F. (1991): Milk Protein Polymorphisms in California Dairy Cattle. *J. Dairy Sci. University of California*, 74: 1730-1742.
- [5] Erhardt, G. et al. (1996): Effect of genetic

polymorphism of bovine milk proteins on cheese yield under practical conditions. In: Book of Abstr. 47th Annual Meeting of EAAP, Lillehammer: 44.

[6] Fl'ak, P. (2000): Význam MPS/MAS v chove HD: Biometricko-genetická problematika - jej súčasný stav. Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce skotu. In: Sb. 8. mezinárodní konference, 8.-9.2.2000, 32-34.

[7] Freyer, G. et al. (1999): Casein polymorphism and relation between milk production traits. *J. Anim. Breed. Genet.*, 116: 87-97.

[8] Haley, C.S. (1995): Livestock QTLs-bringing home the bacon? *Trends in Genetics*, 11: 488-492.

[9] Havlíček Z. (1996): Polymorfismus mléčných proteinů ve vztahu k jejich produkci a kvalitě. Dizertační práce. MZLU Brno:179.

[10] Chrenek, P. et al. (1998): Charakteristika mliečkovej úžitkovosti dojnic slovenského strakatého plemena vo vzťahu ku genotypom  $\kappa$ -kazeínového génu. *J. Farm. Anim. Sci. (Vedecké práce VÚŽV Nitra)*, 31: 9-12.

[11] Chung E. R., Kim W. T., Lee C. S. (1998): DNA polymorphisms of kappa-casein, beta-lactoglobulin, growth hormone and prolactin genes in Korean cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 11:422-427.

[12] 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*, Vol 6, Iss 4:283-294.

- [13] Ikonen, T., Ojala, M., Ruottinen O. (1999): Associations between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *J. Dairy Sci.*, 82:1026-1033.
- [14] Ikonen, T., Bovenhuis, H., Ojala, M., Ruottinen, O., Georges, M. (2001): Associations between casein haplotypes and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *J. Dairy Sci.*, 84:507-514.
- [15] Jandurová, O., Snášelová, J., Turečková, B., Štípková, M. (2001): Vliv alely KCN E na obsah bílkovin v mléce a frekvence této alely u Holštýnského skotu v ČR. Sborník z mezinárodní konference „Den mléka 2001“, ČZU Praha, 26.4.2001:45-46. ISBN 80-213-0763-3
- [16] Knoll, A., Urban, T. (2002): Current methods used in molecular genetics of animals (Aktuální metody používané v molekulární genetice zvířat). In: XX<sup>th</sup> Genetics Days, Brno, 31-36.
- [17] Kräusslich, H. (1994): Tierzuchtungslehre., 4. vyd. Stuttgart, Ulmer Verlag: 464.
- [18] Leone, P. et al. (1998): Effects of the CASK E variant on Milk yield indexes in Italian Holstein Friesian Bulls. 26th Conference of ISAG, Animal Genetics, 29 (Suppl. 1): 63.
- [19] Lien, S., Kantanen, J., Olsaker, I., Holm L. E., Eythorsdottir E., Sandberg, K., Dalsgard, B., Adalsteinsson S. (1999): Comparison of milk protein allele frequencies in Nordic cattle breeds. *Animal Genetics*, 30:85-91.
- [20] Mayer, H. K., Marchler, A., Prohaska, C., Norz, R. (1997): Milk protein polymorphism in Austrian dairy cattle breeds. *Milchwissenschaft*, 52 (7): 366-369.
- [21] 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.
- [22] Sabour M. P., Lin C. Y., Lee A. J., McAllister A.J. (1996): Association between milk protein variants and genetic values of Canadian Holstein bulls for milk yield traits. *J. Dairy Sci.*, 79:1050-1056.
- [23] Smith S. B., Zembayashi M., Lunt D. K., Sanders J. O., Gilbert C. D. (2001): Carcass traits and microsatellite distributions in offspring of sires from three geographical regions of Japan. *J. Anim. Sci.*, 79:3041-3051.
- [24] Strzalkowska, N., Krzyzewski, J., Zwierzchowski, L., Ryniewicz, Z. (2002): Effects of  $\kappa$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin loci polymorphism, cows' age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle. *Animal Science Papers and Reports, Institute of genetics and Animal Breeding, Jastrzebiec, Poland*, 20:21-35.
- [25] Šubrt J., Mikšík J. (2002): A comparison of selected quality parameters of the meat of Czech Pied and Montbéliard bulls. (Porovnání vybraných jakostních parametrů masa býků českého strakatého a montbéliardského plemene). *Czech J. Anim. Sci.*, 47:57-63.
- [26] Weller J. I., Y. Kashi, M. Soller (1990): Power of daughter and granddaughter designs for determining linkage between marker loci and quantitative trait loci in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73:2525-2537.
- [27] Žitný, J. et al. (1996): Rozdiely v mliekovej úžitkovosti rôzneho kappa-kezeinového genotypu dojníc slovenského strakatého plemena. *Živ. výr.*, 41: 533-538.
- [28] Žitný J., Trakovická A., Kúbek A. (2000): Detection of kapa-caseine genotypes of Slovak spotted breed cows in cattle genetic reserves in Slovakia. *Acta fytotechnica et zootechnica*, 3: 28.