



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat cu titlul “*Studiul polimorfismului genetic al proteinelor din lapte și relațiile variantelor genetice ale acestora cu însușirile cantitative și calitative ale laptelui la unele populații de taurine*” este structurată în două părți și anume: studiul bibliografic și partea de cercetări proprii, la care se adaugă introducerea, concluziile și recomandările, respectiv bibliografia.

Partea de studiu bibliografic cuprinde patru capitole:

- ❖ *Capitolul I.* În acest capitol este prezentată situația actuală a efectivelor de taurine și a producției de lapte pe plan mondial și național, tendințele de evoluție și datele statistice conform Organizației pentru Hrana și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO), Departamentului pentru Agricultură a Statelor Unite (USDA) și Institutului Național de Statistică (INS).
- ❖ *Capitolul II.* În acest capitol este prezentată compoziția chimică a laptelui de vacă, comparativ cu cea de la alte specii, incluzând și specii de interes zootehnic, precum și structura, și funcțiile proteinelor majore din lapte de vacă.
- ❖ *Capitolul III.* În acest capitol sunt descrise o parte dintre tehnicile moleculare utilizate pentru identificarea variantelor genetice ale proteinelor majore din lapte, care implică analiza proteinelor, respectiv analiza ADN.
- ❖ *Capitolul IV.* Cuprinde o sinteză a datelor existente în literatura de specialitate cu privire la *cantitatea* de lapte la taurine, parametrii genetici ai producției calitative și cantitative de lapte laptelui, polimorfismul genetic al proteinelor majore din lapte, structura genetică la locii proteinelor majore din lapte și relațiile dintre variantele genetice și însușirile calitative și cantitative ale laptelui la rasele de taurine Holstein-Friză, Montbéliarde și Bălțată cu negru românească.

Partea de cercetări proprii cuprinde șase capitole:

- ❖ *Capitolul V.* În cadrul acestui capitol sunt prezentate scopul, importanța cercetărilor, protocolul experimental, și cadrul instituțional în care s-au desfășurat cercetările.

Activitatea de cercetare a fost efectuată în cadrul mai multor unități de producție, respectiv instituții specializate: ferma de vaci Chilia, ferma de vaci Giani, Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Creșterea Bovinelor – Dancu, Facultatea de Zootehnie din cadrul Universității de Științe

Agricole și Medicină Veterinară ”Ion Ionescu de la Brad – Iași”, Institutul de Științele Vieții din cadrul USAMV Cluj-Napoca, Fundația pentru Controlul Calității Laptelui, Florești, Cluj-Napoca și Departamentul de Științe Agricole și de Mediu din cadrul Universității Udine – Italia.

❖ *Capitolul VI.* În acest capitol sunt descrise metodele de cercetare și materialul utilizat în vederea îndeplinirii obiectivelor propuse. Cercetările au fost efectuate pe trei populații de taurine: Holstein-Friză, Montbéliarde și Bălțată cu negru românească (BNR). În vederea efectuării analizelor fizico-chimice au fost recoltate probe de lapte sezonier (în conformitate cu legislația în vigoare), iar analiza lor a fost realizată prin spectroscopia cu infra roșu. Datele individuale privind producția de lapte și rangul lactațiilor au fost preluate din bazele de date existente în ferme. În vederea efectuării analizelor de genetică moleculară au fost recoltate probe de lapte o singură dată de la fiecare animal în parte (respectându-se normele existente cu privire la prelevarea probelor de lapte) și a fost utilizată tehnica electroforezei cu focalizare izoelectrică. Analiza statistică a rezultatelor a fost efectuată cu ajutorul programelor SPSS v.19 pentru Windows , Microsoft Excel din pachetul Microsoft Office și S.A.V.C pentru Windows, iar pentru estimarea parametrilor genetici, varianței și covarianței a fost utilizat modelul matematic R.E.M.L (Restricted Maximum Likelihood) pe baza pedigreeelor animalelor luate în studiu. Pentru evaluarea stării de echilibru genetic în cadrul populațiilor conform teoriei Hardy-Weinberg, a fost utilizat testul hi pătrat (χ^2).

❖ *Capitolul VII.* În acest capitol sunt prezentate rezultatele cercetărilor proprii cu privire la performanțele productive ale raselor de taurine luate în studiu. Au fost calculate valorile medii și estimatorii variabilității pentru caracterele privind calitatea și cantitatea de lapte, precum și diferențele dintre medii pentru fiecare caracter în cadrul fiecărei rase și apoi între rase pentru fiecare caracter. Astfel, pentru *procentul de grăsime* din lapte, au fost obținute diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) între cele trei rase pentru toate sezoanele, mai puțin cel de iarnă.

Pentru *procentul de proteină* s-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) între rasele Holstein-Friză și Montbéliarde în cazul sezonului de iarnă, cu o valoare medie superioară pentru rasa Holstein-Friză. În sezonul de primăvară, în cadrul populațiilor Holstein și Montbéliarde s-au înregistrat valori medii similare pentru procentul de proteină, iar diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) s-au înregistrat între rasele Holstein și Bălțată cu negru românească, respectiv între Montbéliarde și Bălțată cu negru românească.

În cazul sezonelor vară și toamnă au existat diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) între cele trei rase. Rasa Holstein-Friză a înregistrat cea mai mare valoare medie a procentului de grăsime atât în anotimpul de vară cât și în cel de toamnă.

În ceea ce privește *conținutul în cazeină*, pentru probele recoltate iarna s-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) între rasele Holstein-Friză și Montbéliarde, respectiv

între BNR și Montbéliarde, cu o valoare medie superioară pentru rasa Holstein-Friză, urmată de rasa BNR. Pentru procentul de cazeină din laptele recoltat primăvara s-au calculat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între rasele Holstein-Friză și Montbéliarde, în timp ce între rasele Holstein-Friză și BNR, respectiv Montbéliarde și BNR există diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) pentru același caracter.

Pentru probele de lapte recoltate vara, există diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$), între Holstein-Friză și Montbéliarde. În cazul probelor de lapte recoltate toamna, diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între rasele Holstein-Friză și BNR. Pentru rasa Holstein-Friză s-a calculat cea mai mare valoare medie în cadrul tuturor sezoanelor.

Pentru *numărul de celule somatice* s-au obținut diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) între rasele Holstein-Friză și Montbéliarde, respectiv între BNR și Montbéliarde pentru sezoanele iarnă, primăvară și vară. În toate cele trei anotimpuri rasa Montbéliarde a înregistrat cele mai mari valori medii, în ciuda faptului că este caracterizată ca având o incidență scăzută a mastitelor și rezistență crescută la boli.

❖ *Capitolul VIII.* În acest capitol este prezentată structura genetică a populațiilor de taurine luate în studiu pentru cei șase loci ce codifică proteinele majore din lapte. Indivizii din rasele Holstein-Friză și Montbéliarde au fost genotipizați la locii genelor ce codifică proteinele majore din lapte și anume: CSN1S1 (ce codifică α_{S1} -CN), CSN2 (β -CN), CSN1S2 (α_{S2} -CN), CSN3 (K-CN), LGB (β -LG) și LALBA (α -LA). Variantele genetice indentificate prin analiza proteinelor din lapte sunt controlate genetic și pot fi forma genotipuri homozigote de tipul AA sau BB și heterozigote, de tipul AB în funcție de mutația specifică din secvența de ADN.

La locusul genei CSN1S1 au fost identificate două alele α_{S1} -CN*B și α_{S1} -CN*C genotipul cel mai frecvent întâlnit fiind cel homozigot BB, datorită frecvenței mari a alelei α_{S1} -CN*B. Alela α_{S1} -CN*C este foarte rară, în cadrul studiului efectuat fiind prezentă, dar cu frecvența foarte redusă în cele două populații. Alela C nu fost identificată în populația Montbéliarde studiată. Datorită frecvenței ridicate a alelei α_{S1} -CN*B, genotipul dominant în cele două populații este α_{S1} -CN BB cu frecvențe de peste 94%.

Ambele populații analizate au fost în echilibru genetic conform principiului Hardy-Weinberg, întrucât nu au existat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între frecvențele observate și cele așteptate.

La locusul genei CSN2 au fost identificate 7 genotipuri rezultate din combinația alelelor A_1 , A_2 , B și C prezente în populațiile studiate. Genotipurile A_1A_1 și A_2C au fost identificate doar în cadrul populației Holstein-Friză. În cadrul acestei populații genotipurile cel mai frecvent întâlnite au fost A_1A_2 și A_2A_2 ambele cu aceeași frecvență, iar cele mai rare au fost genotipurile A_2C și BB. Alela A_2 a avut cea mai mare frecvență în cadrul ambelor populații, aceasta fiind cea mai comună în cadrul genului *Bos*. Pe de altă parte, alela β -CN*C a avut o frecvență extrem de redusă, aproape nesemnificativă la

rasa Holstein-Friză, iar la rasa Montbéliarde nu a fost identificată. În cadrul populației Montbéliarde genotipul A_2B a avut cea mai mare frecvență, urmat de genotipul homozigot A_2A_2 .

Alela A_1 a avut o frecvență mai mare în populația Holstein-Friză, iar Alela B (mai puțin comună) a înregistrat cea mai ridicată frecvență în populația Montbéliarde.

Ambele populații analizate se aflau în echilibru genetic conform principiului Hardy-Weinberg, întrucât nu au existat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între frecvențele observate și cele așteptate.

La locusul α -LA nu a fost identificat polimorfism genetic, alela α -LA *B având frecvența egală cu 1.

La locusul LGB au fost identificate două variante genetice β -LG*A și B ce au format două genotipuri homozigote AA și BB și un genotip heterozigot AB. Alela β -LG*B a avut cea mai ridicată frecvență, rezultat similar pentru ambele populații analizate. La Holstein-Friză genotipul cel mai întâlnit a fost β -LG AB cu o frecvență de 0,44 iar la rasa Montbéliarde – genotipul homozigot β -LG BB, cu o frecvență de 0,62. Alela β -LG*A a avut frecvență mai mare în populația Holstein-Friză, în timp ce alela β -LG*B a avut o frecvență superioară la rasa Montbéliarde.

Ambele populații analizate se aflau în echilibru genetic conform principiului Hardy-Weinberg, întrucât nu au existat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între frecvențele observate și cele așteptate.

❖ *Capitolul IX.* În acest capitol sunt prezentate rezultatele obținute cu privire la parametrii genetici estimați în cadrul populațiilor luate în studiu. Pentru cantitatea de lapte, coeficienții de heritabilitate au fost de 0,23 pentru Holstein-Friză, respectiv 0,22 pentru Montbéliarde. Determinismul genetic al *procentului de grăsime* a fost ridicat pentru ambele populații, Montbéliarde având însă o valoare a coeficientului de heritabilitate superioară (0,67) comparativ cu rasa Holstein-Friză (0,64). Pentru *conținutul în proteină* au fost estimați coeficienți de heritabilitate foarte mari în cazul ambelor populații, acest lucru fiind în acord cu rezultatele altor studii de specilitate efectuate pe cele două populații.

Determinismul genetic al *procentului de cazeină* estimat în cadrul cercetărilor proprii a fost superior la Montbéliarde (0,29) comparativ cu populația Holstein-Friză (0,27). Pentru ambele populații a fost estimată o heritabilitate medie pentru acest caracter. Valorile coeficientului de heritabilitate pentru *numărul de celule somatice* (NCS) estimate în cadrul cercetărilor proprii la cele două populații au fost apropiate: 0,16 pentru Holstein-Friză, respectiv 0,14 pentru Montbéliarde, ceea ce indică un determinism genetic scăzut.

Pentru stabilirea gradului de interdependență dintre caractere au fost calculați coeficienții de corelație fenotipică și genetică pentru cantitatea de lapte (*lapte kg*), procentul de grăsime (*grăsime %*), procentul de proteină (*proteină %*), procentul de cazeină (*cazeină %*), procentul de lactoză (*lactoză %*) și numărul de celule somatice (*NCS/ml x1000*), precum și pentru fracțiunile proteice (α SI-cazeina, β -CN, K-CN și β -LG).

❖ *Capitolul X.* În cadrul acestui capitol am prezentat relațiile dintre genotipurile identificate la locii polimorfici CSN1S1, CSN2, CSN3 respectiv LGB și cantitatea de lapte, procentul de grăsime, proteină, cazeină, lactoză și numărul de celule somatice din lapte (NCS) pentru rasele Holstein-Friză, Monbéliarde și Bălțată cu negru românească (BNR).

Rasa Holstein-Friză.

Locusul CSN1S1

- *Cantitatea de lapte:* BB>BC. Indivizii homozigoți pentru alela B au produs o cantitate mare de lapte pe lactație normală comparativ cu indivizii cu genotipul heterozigot BC. Nu s-au înregistrat diferențe semnificative ($p>0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.
- *Procentul de grăsime:* BB>BC. Vacile cu genotipul homozigot α_{S1} -CN BB au avut un procent de grăsime mai mare cu 0,8% (valoare relativă) comparativ cu vacile la care s-a identificat genotipul heterozigot BC. Nu s-au înregistrat semnificative ($p>0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.
- *Procentul de proteină:* BC>BB. Laptele obținut de la indivizii heterozigoți pentru alela C a avut un conținut cu 0,2% (valoare relativă) mai ridicat în proteină comparativ cu laptele obținut de la vacile cu genotipul BB. Diferențele au fost nesemnificative ($p>0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.
- *Procentul de cazeină:* BC>BB. Nu au existat diferențe semnificative ($p>0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.
- *NCS:* BB<BC. În laptele recoltat de la vacile cu genotipul α_{S1} -CN BC a fost calculat un număr de celule somatice cu aproximativ 164% (valoare relativă) mai mare comparativ cu laptele provenit de la vacile cu genotipul α_{S1} -CN BB. Între genotipuri s-au înregistrat diferențe semnificative ($p<0,05$).

Locusul CSN2

- *Cantitatea de lapte:* $A_2A_2>A_1A_2>A_1B>A_2B>A_1A_1$. Diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) s-au înregistrat între genotipurile A_2A_2 și A_1A_1 .
- *Procentul de grăsime:* $A_1A_2>A_2B>A_1A_1>A_2A_2>A_1B$. Diferențe foarte semnificative ($p<0,001$) s-au înregistrat între genotipul A_1A_2 și genotipurile A_2A_2 și A_1A_1 .
- *Procentul de proteină:* $A_2B>A_1A_1>A_1A_2>A_2A_2>A_1B$. Între genotipurile A_2B și A_2A_2 s-au înregistrat diferențe semnificative ($p<0,05$).
- *Procentul de cazeină:* $A_2B>A_1A_1>A_1A_2>A_2A_2>A_1B$. Nu au existat diferențe semnificative ($p>0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.
- *Procentul de lactoză.* Laptele recoltat de la vacile cu genotipul BB și cele cu genotipul A_2C a avut cel mai ridicat conținut în lactoză. Diferențe distinct semnificative ($p<0,01$) s-au înregistrat între genotipul BB și A_1A_2 , respectiv A_1B .
- *NCS.* Laptele provenit de la vacile cu genotipul A_1A_1 a avut cel mai ridicat număr de celule somatice/mL, cu 25,9% (valoare relativă) mai mult decât la vacile cu genotipul A_1A_2 ,

respectiv cu 26,9% (valoare relativă) mai mult decât la cele cu genotipul A₂B. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au obținut între genotipurile A₁B și A₂B.

Locusul CSN3

- *Cantitatea de lapte.* Vacile cu genotipul heterozigot AB au produs cu 733 kg mai mult lapte comparativ cu indivizii homozigoți AA ($p < 0,001$) și cu 2555 kg mai mult decât vacile cu genotipul BB ($p < 0,001$).
- *Procentul de grăsime.* Indivizii homozigoți pentru alela K-CN*B au produs un lapte cu conținut mai ridicat de grăsime (cu 1,6% - valoare relativă) comparativ cu heterozigoții AB, respectiv homozigoții pentru alela K-CN*A (cu 2,6% mai mult - valoare relativă). Nu s-au înregistrat diferențe semnificative ($p > 0,05$).
- *Procentul de proteină.* Vacile cu genotipul K-CN BB au produs un lapte cu conținut mai ridicat de proteină față de vacile cu genotipurile AB și AA. Între genotipul BB și AA, respectiv AB s-au obținut diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *Procentul de cazeină.* Indivizii homozigoți BB au produs un lapte cu procent de cazeină mai ridicat cu 7%, respectiv 3,1% (valori relative) comparativ cu indivizii homozigoți AA, respectiv cei heterozigoți AB. S-au înregistrat diferențe distinct semnificative ($p < 0,01$) între genotipurile homozigote BB și AA și diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) între BB și AB.
- *Procentul de lactoză.* Au fost identificate asocieri pozitive între genotipul K-CN BB conținutul în lactoză a laptelui. Între genotipul BB și AA s-au obținut diferențe distinct semnificative ($p < 0,01$) iar între genotipul BB și AB – diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *NCS.* Laptele recoltat de la vacile cu genotipul heterozigot BB a avut cel mai mic număr de celule somatice/ml, cu aproximativ 37,5% (valoare relativă) mai redus comparativ cu laptele recoltat de la vacile cu genotipul homozigot AA. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipurile AB și AA.

Locusul LGB

- *Cantitatea de lapte.* Vacile cu genotipul heterozigot β -LG AB au produs cu 780 kg mai mult lapte decât cele cu genotipul AA și cu 940 kg mai mult decât indivizii homozigoți BB. Diferențe distinct semnificative ($p < 0,01$) s-au înregistrat între genotipurile BB și AB.
- *Procentul de grăsime.* Indivizii homozigoți β -LG BB au produs un lapte cu conținut mai ridicat în grăsime față de indivizii heterozigoți β -LG AB, respectiv cei homozigoți β -LG AA, diferențele fiind foarte semnificative ($p < 0,001$) în ambele cazuri.
- *Procentul de proteină* a fost mai ridicat în laptele obținut de la vacile cu genotipul β -LG BB. Diferențele între genotipuri pentru acest caracter au fost nesemnificative ($p > 0,05$).
- *Procentul de cazeină.* Diferențele între genotipuri pentru acest caracter au fost nesemnificative ($p > 0,05$).

- *Procentul de lactoză.* Diferențele semnificative ($p < 0,05$) s-au înregistrat între genotipurile BB și AB, iar diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) – între genotipurile AB și AA.
- *NCS.* Laptele recoltat de la vacile cu genotipul heterozigot AA a avut cel mai mic număr de celule somatice/ml. Diferențe semnificative ($p < 0,05$) s-au înregistrat între genotipurile AA și BB, respectiv AA și AB.

Rasa Montbéliarde

Locusul CSN1S1

În cadrul rasei Montbéliarde, la locusul α_{S1} -CN nu am identificat polimorfism genetic, ci doar un singur genotip format de alela α_{S1} -CN*B.

Locusul CSN2

- *Cantitatea de lapte:* β -CN*A₂A₂>A₁A₂>A₂B>A₁B. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipurile A₂A₂ și A₁B, respectiv între A₂B și A₁B.
- *Procentul de grăsime:* A₁A₂>A₂A₂>A₂B>A₁B. Între genotipul A₁A₂ și A₂A₂, respectiv între A₂B și A₁B s-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *Procentul de proteină.* Combinația alelelor A₁ și A₂ este favorabilă de asemenea obținerii unui procent mai mare de proteină. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipul A₁A₂ și genotipul A₂B.
- *Procentul de cazeină:* A₁A₂>A₂B>A₂A₂>A₁B. Diferențe distinct semnificative ($p < 0,01$) s-au înregistrat între genotipurile A₁A₂ și A₂A₂.
- *Procentul de lactoză.* Laptele obținut de la vacile cu genotipurile A₁B și A₂B a avut cel mai mare conținut în lactoză. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între A₂B și A₁A₂.
- *NCS.* Laptele provenit de la vacile cu genotipul A₁B a avut cel mai mic număr de celule somatice/ml. S-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) între genotipuri pentru acest caracter.

Locusul CSN3

- *Cantitatea de lapte:* K-CN AB>BB>AA. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipurile AB și BB, respectiv AB și AA.
- *Procentul de grăsime:* BB>AB>AA. Diferențele dintre cele trei genotipuri au fost foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *Procentul de proteină.* Vacile cu genotipul K-CN BB au produs un lapte cu conținut mai ridicat de proteină față de vacile cu genotipurile AB și AA. Diferențe semnificative ($p < 0,05$) s-au înregistrat între genotipul BB și genotipurile AB, respectiv AA.
- *Procentul de cazeină.* Nu s-au înregistrat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între genotipuri pentru acest caracter.

- *Procentul de lactoză* a fost mai crescut în laptele produs de indivizii heterozigoți AB. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipurile AB și BB.
- *NCS*. Laptele recoltat de la vacile cu genotipul heterozigot AA a avut cel mai mic număr de celule somatice/ml. Între genotipurile AB și BB au existat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$).

Locusul LGB

- *Cantitatea de lapte*: $AA > AB > BB$. Între genotipurile AA și BB, respectiv AB și BB diferențele au fost foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *Procentul de grăsime*: $BB > AA > AB$. Între genotipurile BB și AB diferențele au fost distinct semnificative ($p < 0,01$).
- *Procentul de proteină*. $AA > BB > AB$. Laptele produs de indivizii homozigoți pentru alela β -LG*A a avut un conținut de proteină mai ridicat cu 1,9% respectiv 1% (valori relative) comparativ cu laptele produs de indivizii de tip AB și BB. Diferențe semnificative ($p < 0,05$) s-au înregistrat între genotipurile AA și AB.
- *Procentul de cazeină*. $BB > AB > AA$. Diferențe semnificative s-au înregistrat între genotipurile BB și AA.
- *Procentul de lactoză* a fost mai crescut cu 3,7%, respectiv 3,8% (în valori relative) în cazul indivizilor heterozigoți β -LG AB comparativ cu indivizii homozigoți AA și BB. S-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) între genotipul AB și genotipul BB, respectiv AA.
- *NCS*. Indivizii cu genotipul AA au produs un lapte cu conținut redus de celule somatice. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au înregistrat între genotipurile BB și AA, respectiv AB.

Rasa Bălțată cu negru românească (BNR)

Locusul CSN1S1

- *Cantitatea de lapte*. Indivizii homozigoți pentru alela B au produs o cantitate mai mare de lapte pe lactație normală comparativ cu indivizii ce posedă genotipul heterozigot BC. Nu au existat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între cele două genotipuri pentru acest caracter.
- *Procentul de grăsime*. Vacile cu genotipul homozigot α_{S1} -CN BB au avut un procent de grăsime cu 1,5% mai mare (valoare relativă) comparativ cu vacile la care a fost identificat genotipul heterozigot BC, diferențele fiind foarte semnificative ($p < 0,001$).
- *Procentul de proteină*. Laptele obținut de la indivizii heterozigoți pentru alela α_{S1} -CN*C a avut un conținut cu 1,1% (valoare relativă) mai ridicat în proteină comparativ cu laptele obținut de la vacile cu genotipul BB, diferențele fiind foarte semnificative ($p < 0,001$) între genotipuri.

- *Procentul de cazeină.* Valorile medii pentru procentul de cazeină au indicat o diferență de 18,8% (valoare relativă) în favoarea genotipului α_{S1} -CN BB. Diferența statistică dintre genotipurile BB și BC pentru acest caracter a fost foarte semnificativă ($p < 0,001$).
- *Procentul de lactoză* a fost cu 1,6% (valoare relativă) mai mare în laptele recoltat de la indivizii heterozigoți BC comparativ cu laptele provenit de la indivizii homozigoți BB ($p < 0,001$).
- *NCS.* Laptele produs de vacile cu genotipul α_{S1} -CN BB a avut un conținut în NCS cu 23,4% (valoare relativă) mai ridicat comparativ cu laptele provenit de la vacile cu genotipul α_{S1} -CN BC. Între cele două genotipuri s-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$).

Locusul CSN2

Cantitatea de lapte: $A_1A_1 > A_1A_2 > A_2A_2 > A_2B > A_1B$. Diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) s-au obținut și între genotipurile A_1A_2 și A_1B , respectiv A_2B . Indivizii heterozigoți A_1A_2 au produs cu 969 kg lapte/lactație normală mai mult decât indivizii cu genotipul A_1B .

➤ *Procentul de grăsime* a fost cu 3,8% (valoare relativă) mai ridicat în laptele recoltat de la vacile cu genotipul A_1B comparativ cu laptele produs de indivizii homozigoți A_1A_1 , diferența fiind foarte semnificativă ($p < 0,001$). Diferențe foarte semnificative s-au înregistrat și între genotipul A_2B și genotipurile A_1A_1 , A_1A_2 și A_2A_2 .

➤ *Procentul de proteină.* Laptele produs de vacile cu genotipurile A_1B și A_2B a avut un procent de proteină cu 3%, respectiv 2,7% și 2,3% (valori relative) mai ridicat față de vacile cu genotipul A_1A_1 , respectiv A_2A_2 și A_1A_2 . În toate cele trei cazuri diferențele dintre genotipuri pentru procentul de proteină au fost foarte semnificative ($p < 0,001$).

➤ *Procentul de cazeină* a fost mai ridicat cu 9,6% (valoare relativă) în laptele produs de vacile cu acest genotip comparativ cu laptele produs de indivizii homozigoți pentru alela β -CN* A_1 și cu 4,8%, (valoare relativă) față de laptele produs de indivizii heterozigoți A_1A_2 . În ambele cazuri diferențele au fost foarte semnificative ($p < 0,001$).

➤ *Procentul de lactoză.* Amu fost stabilite asocieri pozitive între genotipul A_1A_2 și procentul de lactoză. S-au înregistrat diferențe foarte semnificative ($p < 0,001$) între A_1A_2 și A_2A_2 , respectiv între A_1A_2 și A_2B pentru acest caracter.

➤ *NCS.* Laptele provenit de la vacile cu genotipul A_1B a avut un număr de celule somatice mai mic cu 51,1%, respectiv 35% (valori relative) comparativ cu laptele recoltat de la indivizii heterozigoți A_1A_2 , respectiv cei homozigoți A_2A_2 , iar diferențele au fost foarte semnificative ($p < 0,001$). Diferențe foarte semnificative s-au obținut și între genotipul A_2B și genotipurile A_1A_1 , A_1A_2 , respectiv A_2A_2 .

Locusul CSN3

➤ *Cantitatea de lapte:* Indivizii homozigoți AA au realizat cea mai mare producție de lapte, cu 494 kg mai mult decât indivizii heterozigoți AB și cu 133 kg mai mult decât

