

Litaerfðir íslenskra nautgripa

SIGRÍÐUR BJARNADÓTTIR

Hólsgerði, 601 Akureyri

og

STEFÁN AÐALSTEINSSON

Kristnibraut 8, 113 Reykjavík

YFIRLIT

Þetta verkefni fjallar um erfðir aðallita og litamynstra í íslenska nautgripastofninum. Aðallitirnir eru sex, þ.e. rautt, bröndótt, kolótt, svart, sægrátt og grátt. Gripirnir geta verið einlitir, skjöldóttir, húfóttir/hjálmoóttir, krossóttir, huppóttir, hryggjóttir, grönóttir og sokkóttir.

Efniviðurinn í rannsókninni er úr þremur mismunandi heimildum. Þær eru skýrsluhald bænda, nautaskýrslur Búnaðarfélags Íslands og litskráningar fyrsta höfundar á mjólkurkúm á 72 bæjum vítt og breitt um landið.

Sjö litasæti í nautgripum voru tekin til rannsóknar, en þau eru *E*, *A*, *BR*, *D*, *SI*, *WP* og *S*. Í *E*-sætinu eru þrjú erfðavísar; E^D , ríkjandi svart, E^+ , víkjandi svart, og E^c , sem gefur rautt í arfhreinu ástandi. Í *A*-sætinu eru tveir erfðavísar; A^+ , sem veldur kolóttu í víkjandi svörtum einstaklingum, og A^a , sem leyfir víkjandi svörtu að koma fram. Í *BR*-sætinu eru tveir erfðavísar; BR^{BR} , ríkjandi, sem veldur því að kolóttur einstaklingur verður bröndóttur, og BR^{br} , víkjandi, sem hefur ekki áhrif á kolótt. Í *D*-sætinu er víkjandi erfðavísir fyrir sægráu, D^d , en erfðavísir fyrir ódeyfðum lit, D^D , er ríkjandi. Venjulegur grár litur í íslenskum kúm stafar af víkjandi erfðavísi, SI^{SI} , í *SI*-sætinu, en ríkjandi erfðavísir í því sæti, SI^{sl} , veldur ekki gráum lit. Grönótt stafar af ríkjandi erfðavísi, WP^{WP} , í *WP*-sætinu, en víkjandi erfðavísir í sama sæti, WP^{wp} , veldur ekki grönóttu. Í *S*-sætinu eru fjórir erfðavísar. Þeir eru S^s , ríkjandi, sem veldur einlitu, S^{cs} , sem veldur hryggjóttu, S^{sk} , sem veldur húfóttu/hjálmoóttu eða krossóttu/baugóttu, og S^s , víkjandi, sem veldur skjöldóttu þegar hann er arfhreinn. Margir erfðavísar með lítil áhrif hver valda sokkóttu.

SUMMARY

Colour inheritance in Icelandic cattle

The paper deals with inheritance of main colours and spotting patterns in Icelandic cattle. The main colours are six, i.e. red, brindle, brown, black, dun and blue roan. The spotting patterns are spotted, two types of white face, inguinal white, colour sided, white with pigmented ears and muzzle and white legs.

The study is based on information from three different sources. Those are the national milk recording scheme, the sire catalogue from the Farmers' Association of Iceland and the first author's colour registration on dairy cattle from 72 farms all over Iceland.

Seven colour loci were studied. They are *E*, *A*, *BR*, *D*, *SI*, *WP* and *S*. At the *E*-locus, three alleles are found; E^D , producing dominant black, E^+ , for recessive black, and E^c , giving red colour when homozygous. The *A*-locus contains two alleles; A^+ , producing brown in recessive black animals, and A^a , recessive, without effect, producing recessive black when homozygous. At the *BR*-locus two alleles are found; BR^{BR} , dominant, turning brown colour into brindle, and BR^{br} , recessive, with no effect on brown colour. At the *D*-locus, a recessive allele for dun dilution, D^d , is found, while the allele for nondiluted pigment, D^D , is dominant. Blue roan in Icelandic cattle is due to a recessive allele, SI^{sl} , at the *SI*-locus, while the dominant allele at that locus, SI^{SI} , does not produce blue roan. White colour, with pigmented ears and muzzle is

produced by a dominant allele, WP^{WP} , at the WP -locus, while the recessive allele, WP^{wp} , is without effect. At the S -locus, four alleles are known. They are S^S , dominant, producing unbroken colour, S^{CS} producing colour sided, S^{SK} producing white face, and S^s producing broken colour or piebaldness (white spotting) when homozygous. White leg marks are produced by minor modifying genes.

Key words: coat colour, Icelandic cattle, inheritance.

INNGANGUR

Litaerfðir hinna ýmsu dýrategunda hafa verið rannsakaðar allt frá byrjun síðustu aldar. Breytileiki lita innan tegundar er talsverður og erfðirnar eru misvel þekktar milli tegunda. Fjölbreyttar athuganir á þessu sviði í gegnum tíðina hafa valdið tilurð mismunandi erfðavísahaitea innan og milli tegunda. Lýsing á virkni hinna ýmsu erfðavísa bendir til ákveðinnar samsvörunar milli tegundanna.

Út frá umfjöllun um litaerfðir nautgripa í um öld, ásamt eigin athugunum, verður hér leitast við að skilgreina litaerfðir íslenska nautgripakynsins, jafnframt því sem tekið er tillit til samsvörunar milli tegunda. Íslenski nautgripastofninn er ákjósanlegur til rannsókna á litaerfðum. Hér á landi hefur enginn litur verið útilokaður frá ræktuninni og paranir eru tilviljanakenndar með tilliti til litar á nautum og kúm.

Helstu ritgerðir um erfðir á litum nautgripa

Ritgerð Wright (1917) er mikilvægasta ritgerð um erfðir á litum nautgripa frá fyrstu áratugum 20. aldar. Hann var frumkvöðull þess að tengja saman litaerfðir í músum og nautgripum. Ibsen (1933) rannsakaði litaerfðir í sjö nautgripakynjum og Bogart og Ibsen (1937) rannsökuðu einnig nautgripaliti, sérstaklega erfðavísa í *E-sætinu*. Rendel (1957) skrifaði tímamótaritgerð um liti í búfé, þar sem hann setti upp yfirlit um samstæða liti í hinum ýmsu búfjártegundum. Berge (1948–1963) skrifaði margar stakar greinar um litaerfðir í nautgripum, ásamt einni yfirlitsritgerð (Berge, 1965). Hann fylgdi ekki nema að litlu leyti reglum um samheiti samstæðra erfðavísa milli tegunda. Lauvergne (1966) skrifaði mikla ritgerð um litaerfðir nautgripa og fylgdi í nokkrum mæli reglum um samheiti samstæðra erfðavísa milli tegunda. Sama gerði Searle (1968), en hann gekk lengra í samheitum sam-

stæðra erfðavísa en aðrir höfðu gert og notaði reglur um heiti á erfðavísu í músum sem fyrirmynd. Sama viðhorf kom fram hjá Olson (1975) og Olson og Willham (1982).

Ritgerðir um erfðir á litum í íslenskum nautgripum eru eftir Guðmund Stefánsson (1971), Sigríði Bjarnadóttur (1993) og Stefán Aðalsteinsson o.fl. (1995).

Litalýsingar, aðallitir og litamynstur

Í umfjöllun hér á eftir er litunum skipt upp í aðalliti annars vegar og litamynstur hins vegar. Aðallitur er sá litur kallaður þar sem litur með þekktu heiti kemur fyrir. Litamynstur gefur til kynna að ákveðið svæði á skepnunni sé með hvítan lit, þ.e. án litarefnis.

Allir aðallitirnir hafa ákveðið nafn. Það getur verið rautt, svart, kolótt/dumbótt, bröndótt, sægrátt/mósótt, bleikt/gult og grátt/hélótt/hélugrátt. Litamynstrin koma til vegna hvítra svæða á lituðum fleti. Þessi hvítu svæði eru oft á ákveðnum líkamshlutum, svo sem á enni, hala-skúf, neðst á útlimum, á hrygg, bringu og kvið. Mörg nöfn litamynstranna tengjast staðsetningu hvíta svæðisins, t.d. hjálmótt, hryggjótt, sokkótt og huppótt. Heiti þeirra tengjast heiti aðallitanna í samtengdu orði. Aðallitur ákveður fyrri hluta orðsins og litamynstrið kemur sem seinni hlutinn, t.d. brandsokkótt.

Gerð var samantekt á lýsingu á litum og hornum í nautgripum við Landbúnaðarháskólann á Ási í Noregi árið 1993 (Sigríður Bjarnadóttir og Stefán Aðalsteinsson, 1993). Litalýsingin er birt á íslensku í viðauka.¹ Einstökum litum og litamynstrum er lýst í stuttu máli hér

1) Þessi lýsing á ensku er varðveitt við Norræna genabankann fyrir búfé í Noregi (Nordic Gene Bank for Farm Animals, The Agricultural University of Norway, N-1432 Ås).

fyrir neðan. Ýmsir fleiri litir hafa komið við sögu í erlendum rannsóknum sem hér er vitnað til, en hér er eingöngu fjallað um liti sem þekktir eru hér á landi.

Rautt. Blæbrigði á rauðum lit eru mörg og spanna allt frá daufum, ljósbleikum lit yfir í sótrautt, en í sótrauðu eru svört hár kringum dökkar granir, um augu og í hala. Innanverð læri og kviður eru oft ljósari en aðrir líkamshlutar. Rauðar kýr hafa litlausa húð í augnkrókum, en kolóttar kýr hafa dökkleita húð þar (Berge, 1965).

Svart. Svartur gripur er oftast jafnlitur. Á svörtum gripum geta huppur og innanverð læri þó verið grásvört. Svört hár eru inni í eyrum og ljós granahringur kemur ekki fyrir.

Kolótt/dumbótt. Íslenskir, kolóttir nautgripir eru svartir með rauð eða rauðbrún hár inni í eyrum, oft í hnakka og eftir hryggnum. Granahringur er ljós og liturinn er oft lýstur í hupp og á innanverðum lærum. Húðliturinn er dökkur í augnkrókunum. Blæbrigði kolóttis eru mörg, þau ljósustu eru rauðleit langt niður á síður og svartur litur á þeim á mun minna svæði. Allra dekkstu blæbrigðin hafa rauðleit hár inni í eyrunum og það vottar fyrir ljósum granahring. Kálfarnir fæðast rauðir og verða síðan kolóttir við fyrstu hárskipti.

Bröndótt. Bröndóttir gripir hafa svartar þverrendur á rauð- eða brúnleitum grunni. Rendurnar ganga út frá hryggsúlunni niður á við og svolítið aftur. Húðlitur er í augnkrókum (Berge, 1965). Blæbrigði í bröndóttu eru mörg. Á ljósbröndóttum kúm eru rendurnar mjög dreifðar, oft aðeins á haus, hálsi og mölum. Kolbröndóttar kýr eru mjög dökkleitar á síðum vegna samruna randanna. Kálfarnir fæðast rauðir, en bröndótti liturinn kemur í ljós við fyrstu hárskipti.

Sægrátt/mósótt. Þennan lit er hægt að kalla blýgráan. Það eru fá blæbrigði af sægráu í íslenska stofninum. Sægrákolóttar nefnast kolóttar kýr þar sem sægrátt kemur í staðinn fyrir svart litarefni. Sægrábröndóttar kýr eru með sægráar bröndur á rauð- eða brúnleitum fleti.

Bleikt. Þessi litur samsvarar sægráum lit í

kúm með svartan grunnlit. Í bleiku kúnum er grunnliturinn rauður og litarefnið mjög deytt og útpynnt. Liturinn er gjarnan daufari á innanverðum lærum og kvið en á öðrum líkamshlutum.

Grátt/hélótt/héluvrátt – hélurautt/rauðyrjótt. Hér er um að ræða blöndu af hvítum og lituðum hárum. Lituðu hárin eru yfirleitt svört í íslenska stofninum og skepnan er grá. Séu lituðu hárin rauð er skepnan rauðyrjótt. Breytileiki í þessum lit er mikill í íslenska stofninum. Hvít hár yfirgnæfa þau lituðu á stórum svæðum og svo öfugt. Sums staðar á gráu kúnum koma fyrir blettir eða svæði þar sem gulleit eða rauðleit hár koma í staðinn fyrir hvít. Sé mikið um gul eða rauðleit hár kemur fram rauðleit skella. Þessi grái litur finnst í norska Fjarðakyninu á Vesturlandinu í Noregi (Kantanen o.fl., 2000).

Hvítt á haus getur verið bundið við mismunandi svæði á hausnum og útbreiðslu hvíta flatarins. *Húfótt* eða *hjálmótt* nefnist það þegar mestallur eða allur hausinn á gripnum er hvítur. *Krossótt* eða *baugótt* er hvítur haus með lit í kringum augun, framan á snoppu og niður á granir, stundum með bletti á kinnnum og kjálkum. *Blesótt* er hvítt svæði sem nær frá augum niður á granir, misbreitt. Stjarna er hvítt á enni. Sé hvíta svæðið nokkuð stórt er það oft nefnt lauf. Hvít skella rétt fyrir ofan granir kallast snoppa.

Grönótt nefnist hvít skepna með lit á eyrum og grönnum. Í mörgum tilvikum eru litaðar doppur á grönóttu, mest á haus, hálsi, bógum og fótum.

Hryggjótt er það kallað þegar hvít lína nær eftir endilöngum hrygg. Stundum eru haus og hali hvítir. Í sumum tilvikum er línan eingöngu á framanverðum eða aftanverðum hrygg. Í gömlu, norrænu kynjunum er hryggjótt oftast með breiðari rönd eftir hrygg en hér þekkt og er þá greinilega tengt grönóttu, sem oft er með dökkt á síðunum. Beltótt er hvítt belti sem nær yfir hrygg og undir kvið. Beltið er misbreitt og nær ekki alltaf yfir hrygginn, stundum eru leifar eftir af því á síðunum. Þetta mynstur er komið frá Galloway kyninu í íslenska stofninn.

Skjöldótt nefnast hvítar skellur á bol. Hvítu svæðin eru oftast áberandi og fætur, kviður,

bringa og hali eru þeir líkamshlutar sem fyrstir verða hvítir. Hvítt í hupp kallast *huppótt*. Mikið hvítt í hupp sem teygir sig vel út á síðurnar kallast oft *síðótt*. Hvítt á fótum nefnist *sokkótt*. Hvítu svæðin á bol og fótum geta verið misstór og ná stundum saman, t.d. hvítt á báðum afturfótum upp á við og í huppinn.

Litaerfðavísar og áhrif þeirra

Margar mismunandi kenningar um litaerfðir meðal nautgripa hafa komið fram. Um erfðir rauða og svarta litarins virðast flestir nokkuð sammála, að svart sé ríkjandi og rautt víkjandi og stýrist af erfðavísu í *E*-sæti. Kolótt virðist ríkja yfir rauðu en víkja fyrir svörtu. Menn eru þó ekki á eitt sáttir um svipgerð og erfðavísa sem standa að baki kolóttu. Flestir höfundar virðast sammála um að bröndótt komi fram við samverkan þessara tveggja erfðavísa, þess kolótta og þess bröndótta.

Sægrátt og bleikt tengja menn einkum erfðavísu í *A*- og *D*-sæti. Tákn svipaðra erfðavísa eru mismunandi milli nautgripakynja og höfunda. Einnig eru áhrif erfðavísa á bæði litarefnin óljós.

Í grein Stefáns Aðalsteinssonar o.fl. (1995), sem byggir á sama efnivið og hér er fjallað um, var gerð grein fyrir nýrri hugmynd að erfðum á kolóttu. Þar var sýnt fram á að bæði ríkjandi og víkjandi svart kemur fram í íslenskum nautgripum. Þá var sett fram sú tilgáta að erfðavísir fyrir kolóttu væri í *A*-sæti og hann ylli kolóttu í arfhreinu, víkjandi svörtu (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1995). Í sömu ritgerð var sýnt fram á að bröndóttur litur kæmi fram við það að ríkjandi erfðavísir fyrir bröndóttu sýnir áhrif sín á kolóttum grunni.

Á síðustu áratugum hefur færst æ meira í vöxt að kanna samsvörun erfðavísa í einni tegund við hliðstæða erfðavísa í annarri tegund. Við rannsóknir á erfðamengi tegunda kemur í ljós að það er aðalregla í erfðafræði spendýra að sömu erfðavísasæti séu í öllum tegundum. Erfðavísarnir í hverju sæti um sig geta verið misjafnir frá einni tegund til annarrar, en hlutverk þeirra er yfirleitt tengt ákveðnu sæti í mörgum tegundum. Markmið þessarar rann-

sóknar er að kanna erfðir aðallita og litamynstra í íslenska nautgripastofninum og staðsetja litaerfðavísana í erfðavísasæti með tilliti til samsvörunar milli tegunda.

EFNI OG MEÐHÖNDLUN ÞESS

Gögnin sem notuð eru eiga sér þrenn mismunandi upptök. Þau eru tekin úr skýrsluhaldi bænda, nautaskýrslum Búnaðarfélags Íslands og athugunum fyrri höfundar og Jóns Viðars Jónmundssonar. Frá Hlégarði í Aðaldal fengu upplýsingar um afkvæmi parana sægrárra og/eða bleikra foreldra um margra ára skeið. Þá var safnað viðbótarefni til að kanna hvort víkjandi svart myndist í íslenskum nautgripum.

Skýrsluhald bænda

Í skýrsluhaldi nautgripærktarfélaganna er litgripa lýst með tveggja tölustafa kóða, þar sem sá fyrri stendur fyrir aðallit og sá seinni fyrir litamynstur.

Í 1. töflu eru sýndir talnalyklar fyrir aðallit (fyrri tala) og litamynstur (seinni tala). Í skýrsluhaldinu eru skilgreindir lyklarnir 1 og 2 fyrir rautt, 3 og 4 fyrir bröndótt og 5 og 6 fyrir kolótt. Í reynd voru svo til eingöngu notaðir lyklarnir 2, 4 og 6 fyrir aðallitina rautt, bröndótt og kolótt og var því ákveðið að breyta lyklum 1, 3 og 5 í 2, 4 og 6 í sömu röð til einföldunar við úrvinnslu gagnanna. Fyrir litamynstur var á hliðstæðan hátt slegið saman talnalyklunum 5, 6 og 7 og eingöngu lykill 6 notaður fyrir litamynstrið skjöldótt. Samkvæmt þessu er rauðhuppótt kýr færð með tölurnar 24 í litalýsingu. Talan 2 stendur fyrir rautt og talan 4 fyrir huppótt.

Nautaskýrslur

Búnaðarfélag Íslands gefur árlega út skýrslur um naut sæðingastöðvarinnar á Hvanneyri. Starfsmenn stöðvarinnar lýsa lit nautanna hverju sinni og voru þær litalýsingar notaðar um lit nauta í rannsókninni.

Skráning kúa, úrtak

Í ágústbyrjun árið 1992 ferðaðist fyrri höfundur, ásamt Jóni Viðari Jónmundssyni, um landið,

1. tafla. Skýring á merkingu talnasætis í tveggja stafa talnalykli fyrir litaskráningu í skýrsluhaldi kúabænda.

Table 1. Description of a two-digit code used for coat colour classification of cows in the milk recording system.

Fyrri tala <i>First digit</i>	Aðallitur <i>Main colour</i>	Seinni tala <i>Second digit</i>	Litamynstur <i>Colour patterns</i>
1,2	Rautt— <i>Red</i>	1	Hjálmótt— <i>White head</i>
3,4	Bröndótt— <i>Brindle</i>	2	Krossótt— <i>White face</i>
5,6	Kolótt— <i>Brown</i>	3	Sokkótt— <i>White on legs</i>
7	Svart— <i>Black</i>	4	Huppótt— <i>Inguinal white</i>
8	Grátt— <i>Roan</i>	5, 6, 7	Skjöldótt— <i>Spotted</i>
9	Sægrátt— <i>Dun</i>	8	Hryggjótt— <i>Colour sided</i>
		9	Grönótt— <i>White with pigmented ears & muzzle</i>

frá Aðaldal í S-Þingeyjarsýslu vestur og suður fyrir til Landeyja í Rangárvallasýslu. Alls voru 72 bæir heimsóttir og litur á mjólkurkúm búanna skráður með fjögurra tölustafa lykli. Í mörgum tilvikum lét bóndinn í té upplýsingar um aðallit á móður. Í þessari skráningu var notuð litalýsing sem var unnin í samstarfi við Norræna genabankann að Ási í Noregi (sjá viðauka).

Bæirnir sem voru heimsóttir eru þátttakendur í skýrsluhaldi bænda og úrtakið var að mestu tilviljanakennt. Nokkrir bæir voru þó vísitandi teknir með ef sjaldgæfir litir, einkum hryggjótt og grönótt, voru algengir í hjörðinni.

Gagnavinnsla

Sumarskráning frá 1992 gaf upplýsingar um 2095 einstaklinga, sem mynduðu grunninn að gagnasafninu. Ættir þeirra og upplýsingar um lit ættingja voru fengnar úr skýrsluhaldinu og nautaskýrslunum og eftir samkeyrslu þessara gagna lá fyrir fæðingarár og númer einstaklingsins, númer á foreldrum og móðurföður hans, auk fjögurra tölustafa litalýsing á einstaklingnum og tveggja tölustafa litalýsing á foreldrum, móðurföður, föðurmóður og föðurföður. Í sumum tilvikum fannst ekki litalýsing á öfum og ömmum einstaklingsins. Sama kom fyrir um einstaka mæður.

Þessar 2095 kýr voru undan 234 nautum og dætrafjöldinn á hvert naut dreifðist frá 1 upp í 82. Ákveðið var að nota einungis þau naut sem áttu fimm eða fleiri dætur við tölfræðilega

keyrslu. Því voru 105 naut tekin með; 29 rauð, 33 bröndótt, 23 kolótt, 14 svört, 1 grátt og 5 sægrá. Þessi naut áttu alls 1582 skráðar dætur.

Við vinnslu gagnanna var dætrahópur hvers nauts fyrir sig færður í töflu í sérstöku forriti og flokkaður eftir aðallit, þar sem tekið var tillit til aðallitar á móður. Meðhöndlun sama dætrahóps var endurtekin, þar sem tekið var tillit til litamynstra.

Niðurstöður parana milli rauðra nauta og rauðra, bröndóttra, kolóttra, svartra, grárna og sægrárra kúa voru teknar saman í töflur, þannig að sex töflur urðu til yfir afkvæmi rauðra nauta með sex aðallitum kúa. Hliðstæðar sex töflur urðu til fyrir bröndótt naut og enn aðrar fyrir kolótt, svört og sægrá naut. Einungis ein tafla var notuð fyrir grátt, þar sem aðeins eitt grátt naut var með í athuginni. Í þessum töflum voru nautin flokkuð eftir lit foreldra sinna. Á sama hátt voru dætrahóparnir flokkaðir þegar tekið var tillit til litamynstra. Með slíkri uppsetningu varð auðvelt að athuga niðurstöður mismunandi parana.

Skráningin á hinum ýmsu blæbrigðum aðallita og útbreiðslu litamynstra var notuð óbeint. Dætrahópar nauta sem gáfu sægrátt og dætrahópar þeirra nauta sem ekki gáfu sægrátt voru bornir saman með tilliti til blæbrigða.

Tengsl rauða, kolótta og svartar litarins gáfu tilefni til ítarlegri flokkunar þessara 2095 kúa úr sumarskráningu. Þá einskorðaðist flokkunin við fyrrnefnda liti, þannig að bröndóttir, sæ-

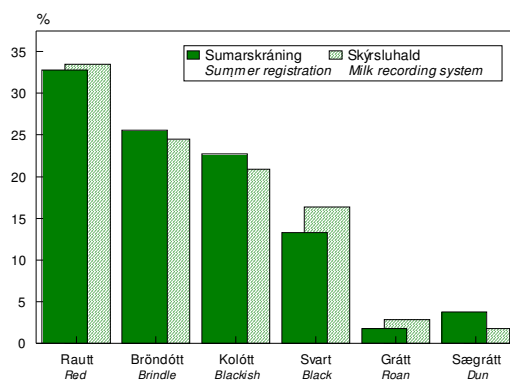
grábröndóttir og sægrákolóttir gripir flokkuðust undir kolótt og sægráir gripir með svörtum. Afkvæmi foreldris sem var skráð grátt eða sægrátt var sleppt vegna óvissu um hvaða grái/sægrái litur væri á ferðinni. Jafnframt var afkvæmi sleppt ef litur móður var ekki fyrir hendi. Á þennan hátt var mögulegt að flokka 1269 kýr undan 99 nautum sem rauðar, kolóttar eða svartar (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1995).

Þegar uppgjör gagna úr skýrsluhaldi og sumarskráningu var komin vel á veg var aflað viðbótargagna til að kanna hvort víkjandi svart kynni að koma fyrir í íslenskum kúm. Fengnar voru tiltækar upplýsingar um lit á 125 afkvæmum fjögurra nauta. Eitt nautið var kolótt, en hin þrjú voru talin víkjandi svört, vegna þess að afkvæmi þeirra með rauðum kúm voru rauð, kolótt og svört.

NIÐURSTÖÐUR

Dreifing aðallita

Á 1. mynd er sýnd dreifing aðallita þeirra 2095 kúa sem skoðaðar voru í ágúst 1992. Á sömu mynd má sjá dreifingu aðallita sömu kúa þar sem litaskráningin er tekin úr skýrsluhaldi bænda. Fleiri bröndóttar kýr koma fram í sumarskráningu en í skýrsluhaldi. Þar virðist mega kenna um erfiðleikum á að greina bröndóttan lit í ljósbröndóttum gripum og eins í skjöldóttum gripum með mikla útbreiðslu hvíta litarins. Fleiri kolóttar kýr skila sér í sumarskráningu en á skýrslum og er líklegt að þar hafi



1. mynd. Tíðnidreifing aðallitanna sex, 2029 kýr.
Figure 1. Frequency of main colours, 2029 cows.

ljóskolótt verið skráð sótrautt hjá bændum. Einnig mun hafa komið fyrir að dökkolótt væri skráð sem svart, því að svartar kýr eru skráðar fleiri og kolóttar að sama skapi færri hjá bændum en í sumarskráningunni. Þá er sennilegt að bændur hafi stundum skráð sægráar kýr gráar vegna nafnaruglings.

Á 2.–7. mynd eru sýnd algengustu blæbrigði aðallita í sumarskráningu. Svart, rautt, bröndótt, kolótt og grátt reyndust algengustu blæbrigðin í samnefndum flokkum aðallita, en sægrákolótt var algengasta blæbrigðið innan sægráa flokksins. Á 8. mynd má sjá blæbrigðið þrilit innan gráa flokksins, fyrirbæri sem er einstakt í umfjöllun lita á nautgripum.

Á 9. mynd sést dreifing litamynstra á sömu kúm, samkvæmt sumarskráningu og skýrsluhaldi. Nokkuð ber á mismun í skráningu lita-



2. mynd. Rautt (20-40).
Figure 2. Red (20-40).



3. mynd. Bröndótt (40-30).
Figure 3. Brindle (40-30).

mynstra í sumarskráningu og hjá bændum. Oft mun það hafa stafað af því að ríkjandi litamynstur sem kom fyrir hjá skjöldóttri kú, t.d.



4. mynd. Kolótt (60-30).
Figure 4. Brown (60-30).



5. mynd. Svart (70-10).
Figure 5. Black (70-10).



6. mynd. Sægrákolótt, stjörnótt, vottar fyrir huppóttu, örlítið hvítt á búk (94-43).
Figure 6. Dun brown with a star, small inguinal white, some white on belly (94-43).

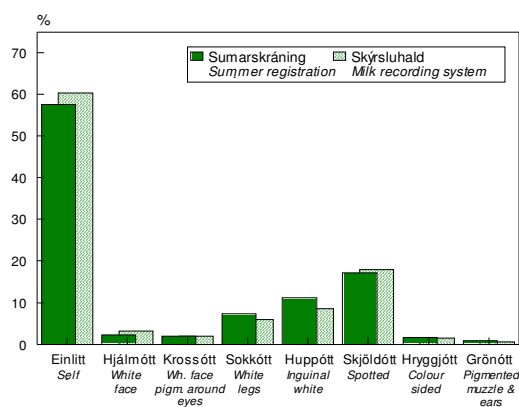
húfótt eða hjálmótt, var ekki skráð sérstaklega – kýrin var skráð skjöldótt og það var



7. mynd. Grátt (80-10).
Figure 7. Blue roan (80-10).



8. mynd. Príllitt (80-30).
Figure 8. Blue roan with red spots (80-30).



9. mynd. Tíðnidreifing litamynstra, ásamt einlitu, 2029 kýr.
Figure 9. Frequency of spotting patterns together with self colour, 2029 cows.

látið nægja. Í reynd var oftast hægt að fá ásættanlega skýringu á mismun milli þessara tveggja heimilda og var stuðst við sumarskráningu við úrvinnslu gagnanna. Rúmlega 40% hópsins er mislitur og skjöldótt algengasta litamynstrið. Þar á eftir koma huppótt og sokkótt. Lítið hlutfall hópsins er húfótt eða hjálmótt og krossótt. Enn minni hópur er hryggjóttur og grönóttur, þó svo úrtaksbær hefðu verið valdir að einhverju leyti með tilliti til þessara litamynstra. Kýr sem bera umrædd litamynstur má sjá á 10.–16. mynd.

Útbreiðsla hvítra svæða á tvílitum grip tengist lit foreldranna. Á 17. mynd er gefin hugmynd um útbreiðslu hvítra svæða á afkvæmum einlits foreldris og hins með hin ýmsu litamynstur.



10. mynd. Dökkolskjöldótt (66-41).
Figure 10. Dark brown, spotted (66-41).



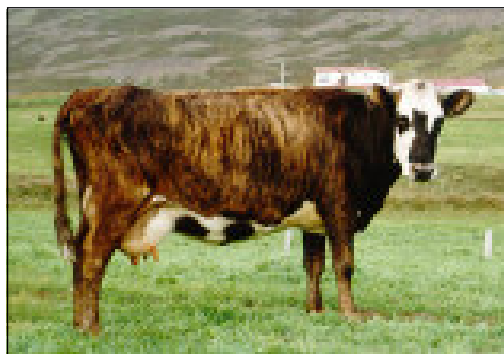
11. mynd. Dökkolótt, sokkótt og huppótt (63-41 eða 64-42).
Figure 11. Dark brown pattern, white on legs and inguinal white (63-41 or 64-42).

Erfðir aðallita

Ríkjandi og víkjandi svart. Í 2. töflu eru niðurstöður úr þörunum svartra, kolóttra og rauðra



12. mynd. Svarhúfótt (71-11).
Figure 12. Black, with white face (71-11).



13. mynd. Brandkrossótt (42-32).
Figure 13. Brindle with white markings around eyes, nose and cheeks (42-32).



14. mynd. Rauðhryggjótt (27-31).
Figure 14. Red colour sided (27-31).

gripa. Í töflunni er bröndótt flokkað með kolóttu, þar sem bröndótt kemur eingöngu fram með kolóttum grunnlit. Niðurstöðurnar staðfesta að svart ríkir bæði yfir rauðu og kolóttu, þar sem allir þrír litirnir koma fram í afkvæmum svartra foreldra og sömuleiðis í afkvæmum svartra gripa á móti rauðu og kolóttu.

Eins og sést í 2. töflu komu þrjú svört afkvæmi úr pöruninni kolótt×kolótt og önnur þrjú úr pöruninni kolótt×rautt. Þessi niðurstaða bendir til þess að svart geti verið víkjandi, líkt og í sauðfé (Stefán Aðalsteinsson, 1970).

Til að kanna þessa tilgátu var safnað viðbótarupplýsingum úr skýrslum nautgripafræktarfélaganna um fjögur naut; eitt kolótt og þrjú svört, sem alls höfðu verið notuð á 125 rauðar



15. mynd. Svarhryggjótt, arfhrein fyrir hryggjóttu (77-11).

Figure 15. Black colour sided, homozygous for the colour side gene (77-11).



16. mynd. Svargrönótt (79-11).

Figure 16. White with black muzzle and ears (79-11).

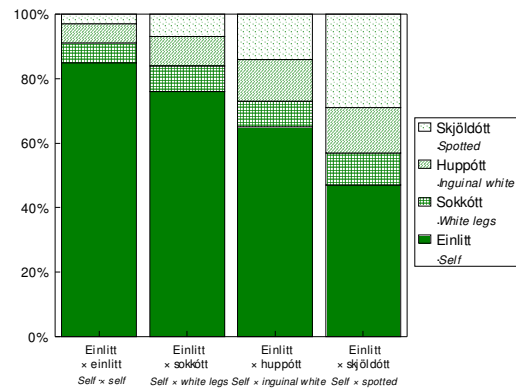
2. tafla. Litadreifing afkvæma úr pörunum innan og milli svartra, kolótttra og rauðra litahópa foreldra (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1995).

Table 2. Colour distribution of progeny from inter se matings of black, brown and red colour groups of parents (Adalsteinsson et al., 1995).

Pörun Mating	Litur afkvæmis Progeny colour			Samtals Sum
	Svart Black	Kolótt Brown	Rautt Red	
Svart×svart Black×black	16	9	3	28
Svart×kolótt Black×brown	83	77	36	196
Svart×rautt Black×red	60	30	28	118
Kolótt×kolótt Brown×brown	3	297	79	379
Kolótt×rautt Brown×red	3	238	180	421
Rautt×rautt Red×red	0	2	125	127
Samtals—Sum	165	653	451	1269

eða kolóttar kýr. Niðurstöður úr þessum pörunum eru sýndar í 3. töflu.

Eins og sést í töflunni komu afkvæmi með þremur mismunandi litum svart, kolótt og rautt



17. mynd. Tíðnidreifing tvílitra afkvæma út úr pörunum einlitt×einlitt, einlitt×sokkótt, einlitt×huppótt og einlitt×skjöldótt.

Figure 17. Frequency of white markings on progenies after the matings self×self, self×white on legs, self×inguinal white and self×spotted.

3. tafla. Litir afkvæma eins kolóttis og þriggja svartra nauta með rauðum og kolóttum kúm (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1995).

Table 3. Colours of progeny of one brown and three black bulls with red and brown cows (Aðalsteinsson et al., 1995).

Litir foreldra—Parent colour		Litir afkvæma—Progeny colour				Arfgerð nauts í sæti Sire genotype at locus	
Naut—Sire	Kýr—Dam	Svört Black	Kolótt Brown	Rauð Red	Alls Sum	A	E
Kolótt—Brown	Rauðar—Red	2	17	27	46	A ⁺ A ^a	E ⁺ E ^c
	Kolóttar—Brown	7	28	11	46		
	Alls—Sum	9	45	38	92		
Svart—Black	Rauðar—Red	6	4	4	14	A ⁺ A ^a	E ⁺ E ^c
	Kolóttar—Brown	7	10	2	19		
	Alls—Sum	13	14	6	33		
	Samtals—Total	22	59	44	125		

4. tafla. Innbyrðis paranir bröndóttra, kolótttra og rauðra gripa, ásamt prófun á frávikum frá væntanlegum hlutföllum.

Table 4. Inter se matings of brindle, brown and red parents and tests of deviations from expected ratios.

Pörun—Mating	Litir afkvæma—Progeny colours				Prófanir—Tests		
	Brönd- ótt Brindle	Kol- ótt Brown	Rautt Red	Sam- tals Sum	Væntanleg hlutföll Expected ratio	χ^2_2	Marktekt Significance
Bröndótt×bröndótt—Brindle×brindle	67	16	25	108	9:3:4	1,54	P>0,10
Bröndótt×kolótt—Brindle×brown	72	76	37	185	3:3:2	2,58	P>0,05
Bröndótt×rautt—Brindle×red	80	36	96	212	9:3:4	1,89	P>0,05
Kolótt×kolótt—Brown×brown	2	58	17	77	3:1	0,22	P>0,10
Kolótt×rautt—Brown×red	61	57	84	202	1:1:2	6,51	P<0,05
Rautt×rautt—Red×red	5	5	117	127	0:1	...	

undan þeim nautum sem hér voru til skoðunar. Það er í samræmi við þá tilgátu að viðkomandi naut hafi gengið með víkjandi svart. Öll nautin voru því arfblendin í E-sætinu, E⁺E^c, og kolóttta nautið auk þess arfblendið, A⁺A^a, í A-sætinu, en svörtu nautin arfhrein víkjandi, A⁺A^a. Þessi rannsókn er fyrsta skipulega rannsóknin sem þekkt er til að sýna að víkjandi svartur litur sé til í nautgripum (Stefán Aðalsteinsson o.fl., 1995).

Úr pörun nautanna í 3. töflu við rauðar kýr komu 29 svört og kolótt afkvæmi og 31 rautt afkvæmi. Von var á hlutfallinu 1:1 milli þessara lita. Fundin hlutföll féllu því mjög vel að því

sem vænta mátti ($\chi^2_1=0,07$; P>0,05). Úr pöruninni við kolóttar kýr var von á hlutföllunum 3:1. Fram komu 52 svört og kolótt afkvæmi og 13 rauð, sem er ekki marktækt frávik ($\chi^2_1=0,87$; P>0,05).

Bröndótt, kolótt og rautt. Paranirnar bröndótt×bröndótt, kolótt×kolótt og rautt×rautt eru sýndar í 4. töflu, ásamt innbyrðis pörunum þessara þriggja lita hvers við annan.

Bröndótt×bröndótt gaf 67 bröndótt, 16 kolótt og 25 rauð afkvæmi. Við mátti búast að hlutföll milli lita yrðu 9 bröndótt, 3 kolótt og 4 rauð og fundin hlutföll viku ekki marktækt frá þeim.

Pörunin bröndótt×kolótt átti að gefa bröndótt, kolótt og rautt í hlutföllunum 3 bröndótt, 3 kolótt og 2 rauð miðað við arfblandna foreldra. Niðurstöðurnar viku ekki marktækt frá væntanlegu hlutföllunum og sama var uppi á teningnum með paranirnar bröndótt×rautt og kolótt×kolótt. Þar voru fundin hlutföll í samræmi við það sem vænta mátti ef tilviljun réði skiptingu afkvæma úr pöruninni á liti.

Pörunin kolótt×rautt gaf hins vegar marktækt frávik frá væntanlegum hlutföllunum ($\chi^2=6,51$; $P<0,05$). Líkleg skýring á þessu frávik er að einhver af kolóttu nautunum hafi verið arfhrein fyrir kolótta erfðavísinum og þá bregðast forsendurnar í núlltilgátunni. Í henni er gert ráð fyrir að öll bröndótt og kolótt naut séu arfblandin fyrir bröndóttum og kolóttum lit. Úr pöruninni kolótt×kolótt komu tvö bröndótt afkvæmi sem ekki var von á og var þeim sleppt úr uppgjöri. Eins komu óvæntir litir á 10 afkvæmum úr pöruninni rautt×rautt (4. tafla). Ekki liggja fyrir skýringar á þessum afkvæmum, en hugsanlega hafa þessir gripir ruglast saman við aðra á sumarbeit. Þá má benda á að ógreinilegir litir á skjöldóttum mæðrum geta valdið því að þær séu ekki með rétt skráðan lit.

Grátt/hélótt. Grár litur íslenskra nautgripa sýnir mikla dreifingu svipgerða, allt frá ljósgráum yfir í grákolótt dýr. Rúmlega 60% grárra kúa reyndust falla undir blæbrigðin grátt eða ljósgrátt. Skepnurnar verða oft á tíðum ljósari með aldrinum. Við skoðun á erfðum á gráum lit var skoðað hve mörg grá afkvæmi kæmu úr þeim hópi afkvæma sem voru undan nautum með 5 afkvæmi eða fleiri, en í þeim hópi voru afkvæmin alls 1582. Yfirlit um þessi gráu afkvæmi og foreldra þeirra er að finna í 5. töflu.

Af gráum afkvæmum í rannsókninni voru 18 undan foreldrum þar sem hvorugt var grátt, fjögur voru undan grárrí móður og ekki gráum föður, eitt undan gráum föður og ekki grárrí móður og eitt undan gráum föður og grárrí móður. Þessi gerð af erfðum hlýtur að stafa af því að erfðavísirinn fyrir gráa litnum sé víkjandi, því að 18 afkvæmi af 24 eiga hvorugt gráa foreldra og hljóta því að sækja dulda erfðavísa fyrir gráa litnum til beggja foreldra. Í þeim til-

5. tafla. Litur á foreldrum grárra afkvæma.

Table 5. Parent colour of blue roan progeny.

Faðir—Sire	Móðir—Dam		Samtals Total
	Ekki grá Non-roan	Grá Blue roan	
Ekki grár—Non-roan	18	4	22
Grár—Blue roan	1	1	2
Alls—Sum	19	5	24

vikum, þar sem grá afkvæmi komu fyrir og a.m.k. annað foreldrið var ekki grátt eða svart, eru umrædd afkvæmi grákolótt.

Á það er rétt að benda að af 24 foreldrum grárra afkvæma í 5. töflu átti ekkert afkvæmi bæði foreldri rauð og aðeins fjögur afkvæmi áttu annað foreldri rautt. Möguleikar á að eitt-hvert afkvæmið yrði með rauðan lit voru því mjög litlir. Þess vegna er ekki hægt að fullyrða hvort afkvæmi sem er arfhreint rautt og arfhreint fyrir gráa litnum verði rauðyrjótt/hélurautt. Við því má væntanlega búast, því að hélurauð dýr eru þekkt á Íslandi. Vart var við örfá tilvik rauðra kúa með lítið áberandi hvítar yrjur í sumarskráningunni. Þær voru samt sem áður skráðar rauðar, þar sem yrjurnar voru lítið áberandi. Það gæti þó bent til þess að erfðavísirinn hafi einhver áhrif á rauða litinn, þó ekki í eins miklum mæli og hann hefur á svört og kolótt dýr.

Grákolótt dýr komu fyrir í stofninum og ætla mætti að grábröndótt dýr myndust líka, en þau komu ekki fyrir. Má vera að tilviljun ráði því, þar sem gráir gripir í rannsókninni voru fáir og aðeins í einni pörun voru báðir foreldrar bröndóttir.

Sægrátt og bleikt. Algengustu litirnir í íslenskum nautgripum eru rautt, bröndótt, kolótt og svart, samkvæmt 1. mynd. Litirnir grátt og sægrátt eru hins vegar sjaldgæfir. Auk þess er ekki alltaf öruggt að eigendur skrái þessa liti rétt. Sérstaklega mun sægrátt stundum vera kallað grátt á skýrslum.

Vegna nafnaruglings á gráu og sægráu í skýrsluhaldinu var könnun á erfðum á sægráu byggð á gögnum frá Hálfadáni Björnssyni í Hlé-

6. tafla. Niðurstöður parana innan og milli sægrárra, bleikra og grárra gripa í Hlégarði í Aðaldal.
Table 6. The result of inter se matings of dun, diluted red sheen and blue roan animals at the farm Hlégarður in Aðaldalur.

Pörun—Mating	Litur afkvæmis—Progeny colours			Samtals Sum
	Sægrátt Dun	Bleikt Diluted red	Svart Black	
Sægrátt×sægrátt—Dun×dun	5	1	0	6
Sægrátt×bleikt—Dun×diluted red	1	1	0	2
Sægrátt×grátt—Dun×blue roan	3	0	1	4
Bleikt×grátt—Diluted red×blue roan	3	0	0	3
Samtals—Sum	12	2	1	15

7. tafla. Dætrahópar nauta sem átt hafa ljósbleik afkvæmi.
Table 7. Frequency of diluted red and dun among progeny of bulls that sired diluted red daughters.

Litur á föður Sire colour	Fjöldi dætra Number of daughters	Ljósbleikar dætur Diluted red daughters	Móðurlitur bleikra dætra Dam colour of diluted reds daughters	Sægráar dætur Dun daughters
Rauður—Red	24	1	Bröndótt—Brindle	0
		1	Rauð—Red	0
Kolóttur—Brown	6	1	Rauð—Red	1
Rauður—Red	4	1	Svört—Black	0
Rauður—Red	4	1	Rauð—Red	0
Samtals—Sum	38	5		1

garði í Aðaldal, þar sem mikið hefur verið um sægráar og bleikar kýr. Í 6. töflu eru sýndar útkomur úr innbyrðis pörunum milli sægrárra, bleikra og grárra einstaklinga þar á bæ.

Í töflunni kemur fram að úr 15 innbyrðis pörunum sægrárra einstaklinga og milli sægrárra og bleikra einstaklinga eða sægrárra og grárra einstaklinga komu 12 sægrá og tvö bleik afkvæmi. Eina afkvæmið sem ekki var sægrátt eða bleikt var svart og undan gráu og sægráu. Þessi niðurstaða sýnir að sægrátt er víkjandi litur og þarf erfðavísir fyrir sægráu því að koma frá báðum foreldrum. Hér er gengið út frá því að sægrátt komi fram við það að sægrái erfðavísirinn arfhreinn deyfi svart litarefni og gripurinn verði sægrár. Á sama hátt er gert ráð fyrir að arfhreinn sægrár erfðavísir deyfi rauðan lit og geri hann ljósbleikan.

Aðeins eitt tilvik pörunar milli gráa og sægráa litarins kom fyrir í efniviðnum. Afkvæmið

reyndist sægrátt. Samkvæmt 6. töflu eru fjögur afkvæmi skráð undan sægráu og gráu í Hlégarði. Öll eru þau sægrá nema eitt sem er svart. Grái erfðavísirinn er víkjandi og hann hefur vantað frá sægráa foreldrinu svo afkvæmið yrði grátt. Sægráir gripir virðast ekki gefa grá afkvæmi, sem getur verið vegna lágrar tíðni beggja erfðavísanna innan stofnsins.

Í 7. töflu eru sýndir litir á afkvæmum nauta sem átt hafa ljósbleik afkvæmi.

Þar kemur fram að af 38 dætrum nautanna sem gáfu ljósbleikar dætur voru fimm bleikar og ein sægrá. Þessi útkoma styrkir þá niðurstöðu sem kemur fram í 6. töflu; að sægrátt sé víkjandi erfðavísir, því ekkert foreldranna var ljósbleikt eða sægrátt.

Ríkjandi litamynstur

Litamynstrin má gróflega flokka í ríkjandi og víkjandi litamynstur. Fremur fátt var af ein-

8. tafla. Niðurstöður parana, þar sem annað foreldrið er með ríkjandi litamynstur, en hitt ekki.

Table 8. Matings of animals with dominant white markings to those without them.

Litamynstur—White markings	Afkvæmi—Progeny			Próf Test χ^2_1	Marktekt Signifi- cance
	Með With	Án Without	Alls Sum		
Húfótt/hjálmtótt eða krossótt/baugótt—White markings in face	46	62	108	2,37	P>0,05
Hryggjótt—Colour sided	15	20	35	0,71	P>0,05
Grönótt—Pigmented ears & muzzle	8	6	14	0,29	P>0,05
Samtals—Total	69	88	157	2,31	P>0,05

staklingum með ríkjandi litamynstur í sumum hópum, en þó nóg til að gera tölfræðiþrófanir á einstökum klofningshlutföllum. Hér verða teknar fyrir þrjár gerðir af ríkjandi mynstrum; þ.e. húfótt/hjálmtótt með krossóttu/baugóttu, hryggjótt og grönótt.

Aðeins eitt naut var hryggjótt, tvö húfótt/hjálmtótt eða krossótt/baugótt og ekkert grönótt. Litir á afkvæmum þessara nauta með skjöldóttum kúum annars vegar og einlitum kúum hins vegar útiloka ekki að erfðavísarnir fyrir hryggjóttu, húfóttu og grönóttu geti verið í S-sætinu ásamt erfðavísunum fyrir skjöldóttu, S^s, og einlitu, S^s. Sé svo bendir allt til þess að húfótt/hjálmtótt beri S^s, en krossótt/baugótt S^s með erfðavísunum fyrir hvítum haus. Það er vegna þess að í pörunum með einlitu gefa húfótt/hjálmtótt afkvæmi með hvítan haus, einlit eða tvílit, en afkvæmi krossótt/baugótt með einlitu eru annað hvort einlit eða með hvítan haus.

Í 8. töflu eru sýndar niðurstöður parana milli einstaklinga með þrjú ríkjandi litamynstur og án þeirra og tölfræðileg prófun á fundnum hlutföllum.

Hvergi kom fram marktækt frávik frá væntanlegu hlutföllunum 1:1, hvorki fyrir einstaka hópa eða fyrir alla hópa tekna saman.

Þessi útkoma bendir til að tilgátan um erfðirnar standist, þ.e. að um staka, ríkjandi eiginleika sé að ræða og einnig að hvorki hafi verið valin frekar til ásetnings afkvæmi með ríkjandi litamynstur eða afkvæmi án þeirra.

Í 9. töflu eru sýndar fjöldatölur yfir víkjandi litamynstur. Þar eru efst afkvæmi einlitra foreldra og síðan afkvæmi úr innbyrðis pörunum

9. tafla. Útkomur úr innbyrðis pörunum einlitra, skjöldótttra, huppótttra og sokkótttra foreldra.

9. table. Results from inter se matings of parents with self colour (a), spotting (b), inguinal white (c) and white on legs (d).

Pörun—Mating		Einlit Self	Tvílit Wh.mark.	Alls Sum
Skjöldótt×skjöldótt	b×b	4	52	56
Huppótt×huppótt	c×c	1	12	13
Sokkótt×sokkótt	d×d	6	2	8

foreldra með þrjú víkjandi litamynstur; skjöldótt, huppótt og sokkótt.

Tölurnar í 9. töflu gefa til kynna að einlitt sé ríkjandi, því innbyrðis pörun á einlitu gefur 13% tvílit. Það gefur til kynna að tíðni á erfðavísi fyrir tvílitu í hjörðinni sé 0,36, eða 36% (kvaðratrótin af hlutfalli tvílitra miðað við tilviljanakenndar paranir). Sumarskráningin gaf hins vegar rúm 40% tvílit. Þar voru nokkrir bæir vísitandi teknir með í úrtakið vegna hárrar tíðni á hryggjóttu og grönóttu. Þannig val skekkir myndina og eykur hlutfall á tvílitu frá því sem raunverulega er.

Þó eru nokkur frávik frá því að erfðir á einlitu og tvílitu séu hreinar, því að skjöldóttar og huppóttar paranir gefa samtals 5 einlit afkvæmi af 69 alls, eða 7,2%. Ekkert einlitt ætti hins vegar að koma fram ef erfðirnar á einlitu væru hreinar ríkjandi. Hlutföll af tvílitu er mjög svipað í skjöldóttu og huppóttu og af því virðist mega draga þá ályktun að huppótt sé ein tegund af skjöldóttu.

Sokkótt×sokkótt gefur hins vegar sex einlit afkvæmi og aðeins tvö tvílit. Frávikið frá huppóttu er hámarktækt ($\chi^2_{10,10}$; $P < 0,01$). Af því virðist mega draga þá ályktun að sokkótt sé ekki tegund af skjöldóttu, heldur hluti af kerfi smáerfðavísa með lítil áhrif hver.

ÁLYKTANIR OG UMRÆÐUR

Svipgerðir aðallita

Svart, kolótt og rautt. Meginregla um erfðir þessara lita er sú að svart virtist ríkjandi yfir kolóttu og rauðu, kolótt ríkjandi yfir rauðu og rautt víkjandi fyrir hinum litunum báðum. Í þessum samanburði var bröndótt flokkað með kolóttu.

Nánari könnun á afbrigðum frá þessari reglu sýndi að til er tvenns konar svartur litur í íslenskum nautgripum, ríkjandi svart og víkjandi svart. Ríkjandi svart ríkir fullkomlega yfir bröndóttu, kolóttu og rauðu, en víkjandi svart víkur fyrir ríkjandi svörtu, bröndóttu og kolóttu en ríkir yfir rauðu. Í sérstakri rannsókn á viðbótarefniviði fékkst þessi niðurstaða staðfest og er hún nýjung í reglum um litaerfðir nautgripa.

Bröndótt, kolótt og rautt. Við könnun á innbyrðis erfðum á bröndóttu, kolóttu og rauðu reyndist bröndótt ríkjandi yfir kolóttu og breyta því í bröndótt, en hafði engin áhrif á víkjandi svart eða rautt. Víkjandi svart var ríkjandi yfir rauðu, en víkjandi fyrir kolóttu og ríkjandi svörtu og áhrifalaust gagnvart bröndóttu.

Grátt/héluvrátt. Grár héluvráttur litur í íslenskum nautgripum er sjaldgæfur í öðrum nautgripakynjum að því er best verður séð. Hann finnst þó í einu norsku nautgripakyni, Fjarðakúmu á Vesturlandinu. Hann kom fyrir í einu nauti í rannsókninni og reyndist vera víkjandi.

Sægrátt. Sægrár litur í íslenskum nautgripum er sami litur og lýst er í gömlum norskum nautgripakynjum. Þegar sægrái erfðavísirinn kemur í rautt afkvæmi verður það rauðbleikt eða bleikt á litinn. Erlendis hefur sægrái erfðavísirinn verið talinn sýna ríkjandi erfðir, en hér á landi virðist hann ótvírætt erfast víkjandi. Annars vegar er þar um að ræða útkomur úr innbyrðis þörnum milli sægrárra og bleikra foreldra, þar sem úr

komu 14 sægrá eða bleik afkvæmi og ekkert sem var öðruvísi á lit. Eins voru tekin saman sex tilfelli sægrárra og bleikra afkvæma undan foreldrum sem ekki voru sægrá. Þessi afkvæmi virðast eindregið vera þannig til komin að þau hafi fengið í sig víkjandi sægráan erfðavísi frá báðum foreldrum.

Arfgerðir aðallita

Hér verður gert ráð fyrir því að **E**-sætið ráði erfðavísium fyrir ríkjandi svörtu, (E^D), víkjandi svörtu (E^+) og rauðu (E^e). Þetta sæti er þekkt í mörgum tegundum, m.a. í hrossum, sauðfé og refum (Våge *et al.*, 1997). Ríkjandi erfðavísir sætisins, E^D , breiðir svart litarefni út um allan kropp skepnunnar, ef hún er einlit, óháð öllum öðrum erfðavísium.

Erfðavísar **A**-sætisins hafa áhrif á svart litarefni sem víkjandi svart, E^+ , veldur. Ríkjandi erfðavísar **A**-sætis kveikja og slökkva á framleiðslu svarts litarefnis og framleiðsla á rauðu litarefni hefst. Víkjandi erfðavísi sætisins (A^a) vantar búnað til að kveikja á rauðri litarefnisframleiðslu þannig að skepnan verður svört (Silvers, 1979; Bultman *et al.*, 1992; Jackson, 1993; Robbins *et al.*, 1993). Erfðavísirinn fyrir kolóttu (A^+) heftir svarta litarefnisframleiðslu í upphafi (við fæðingu) og takmarkar sig síðan við eyru, koll og hryggjarlínu frá fyrstu hárskiptum. Þetta er í samræmi við erfðavísi **A**-sætis í sauðfé sem veldur golsóttu (Stefán Aðalsteinsson, 1970).

Bröndótti erfðavísirinn er hvorki samstæður við rauða eða kolótta erfðavísinn og er því færður í eigið sæti, **Br**-sætið skv. Ibsen (1933) og Olson og Willham (1982). Erfðavísirinn (Br^{BR}) hefur einungis áhrif á erfðavísirinn fyrir kolóttu (A^+), ekki aðra. Víkjandi erfðavísirinn (Br^{br}) hefur engin áhrif.

Tilvist víkjandi erfðavísis sem veldur gráu hefur ekki áður verið lýst í nautgripum. Valið verður hér að setja hann í **Si**-sætið með tilliti til samsvörunar milli tegunda (Searle, 1968). Erfðavísirinn (Si^{si}) þekkist í músum og veldur blöndu af hvítum og lituðum hárum og lituðum hárum með hvíta hárenda. Þau síðarnefndu koma ekki fyrir í gráum, íslenskum nautgripum, en aldurs-

áhrif, þar sem hluti hvítu hára eykst með aldrinum, tengjast þessum erfðavísi í músum. Ríkjandi erfðavísirinn (S^{SI}) hefur engin áhrif á litinn.

Erfðavísar **D**-sætis deyfa lit og eru þekktir meðal margra dýrategunda. Þess vegna er erfðavísirinn fyrir sægráu færður í það sæti. Hann er víkjandi (D^d) og hefur áhrif á bæði svarta og rauða litarefnisframléiðslu á þann hátt að upphaflegur litur dofna. Ríkjandi erfðavísirinn (D^D) veldur engri litdeyfingu.

Svipgerðir litamynstra

Þrátt fyrir lítinn efnivið sem snertir sjaldgæfu litamynstrin húfótt/hjálmoft, hryggjótt og grönótt eru sterkar vísbendingar um að þau erfist öll ríkjandi. Allar þessar svipgerðir þekkjast meðal mismunandi evrópskra kynja. Það sem einkennir þó íslenska kynið eru mismunandi blæbrigði mynstursins og varðar útbreiðslu hvíta svæðisins, síst á það þó við um grönótt. Á 17. mynd sést að hlutfall tvílitra afkvæma eykst með auknu hlutfalli hvíta litarins á foreldri í þörunum milli einlits og hinna mismunandi tvílitu svipgerða.

Einlitt ríkir yfir litamynstrunum skjöldóttu, huppóttu og sokkóttu. Erfðir á skjöldóttu og huppóttu eru það svipaðar að ætla má að huppótt sé ein gerð af skjöldóttu, enda skilin oft óljós þar á milli við flokkun svipgerðanna. Erfðirnar eru flóknar og óháðar aðallitunum.

Arfgerðir litamynstra

Ríkjandi erfðavísarnir sem valda mynstri eru gjarnan staðsettir í **S**-sæti hjá mörgum tegundum og hér verður valið að fylgja því að mestu leyti. Erfðavísirinn fyrir hvítum haus, húfóttu/hjálmoftu eða krossóttu/bugóttu, (S^{SK}) ríkir fullkomlega yfir skjöldóttu (S^S) og gefur þar húfótt/hjálmoft. Má segja að hann ríki ófullkomlega yfir einlitu (S^S) á þann hátt að skepnan verður krossótt/bugótt með þeim erfðavísi. Erfðavísirinn fyrir hryggjóttu (S^{CS}) ríkir yfir erfðavísinum fyrir einlitu.

Víkjandi erfðavísirinn (S^s) veldur skjöldóttu og huppóttu, en hafa ber í huga að samvirkandi erfðavísar geta verið til staðar sem hafa áhrif á

útbreiðslu hvíta litarins. Það gæti tengst erfðavísasamstæðu, nokkuð sem svipar til „k-komplex“ og þekktist hjá músum (Silvers, 1979). Sokkótt virðist bera erfðavísinn fyrir einlitu (S^S), en getur komið til á sama hátt og í hestum. Þar er um að ræða fleiri erfðavísa með lítil áhrif hver fyrir sig, en eftir því sem fleiri eru til staðar þeim mun meiri verður útbreiðslan á hvíta litnum (Stefán Aðalsteinsson og Friðbjófur Þorkelsson, 1991).

Valið verður hér að færa erfðavísirinn fyrir grönóttu í sér sæti, **WP**-sætið, líkt og Olson og Willham (1982). Svip- og arfgerðin líkist mjög því sem þekktist hjá ensku þjóðgarðakyni („White Park Cattle“) og þaðan er nafn sætisins fengið. Sömu aðilar telja ríkjandi erfðavísinn (WP^{WP}) valda grönóttu í sænska háfjallakyninu. Hinn víkjandi erfðavísir (WP^{wp}) hefur engin áhrif.

Yfirlit um litaerfðir

Í 10. töflu má sjá samantekt um þá aðalliti sem koma fyrir í íslenska nautgripastofninum og hvaða litaerfðavísar liggja þar að baki.

Í **S**-sætinu getur verið um að ræða ríkjandi erfðavísinn S^S í arfhreinu ástandi eða arfblendnu með víkjandi erfðavísinum S^s . Hvað varðar litamynstrin þá eiga sér stað skipti á erfðavísunum í 10. töflu í **S**- eða **WP**-sætinu, allt eftir því hvaða mynstur á í hlut. Sægrákol-hryggjótt kýr hefur til dæmis eftirfarandi erfðiformúlu: $E^+A^+Br^{br}Br^{br}D^dD^dSi^{SI}S^{CS}WP^{wp}WP^{wp}$. Grönótt kýr með rauðleit hár inni í eyrunum, en dökkleit á eyrnaköntunum, ásamt dökkum grönunum, bæri erfðiformúluna: $E^+A^+Br^{br}Br^{br}D^D-Si^{SI}S^S-WP^{WP}$.

ÞAKKARORÐ

Margir hafa lagt hönd á plóginn svo þessi rannsókn og skrif yrðu að veruleika. Jón Viðar Jónmundsson, nautgriparæktarráðunautur Bændasamtaka Íslands, fær þakkir fyrir aðstoð við framkvæmd á litskráningunni og allir þeir bændur sem heimsóttir voru á meðan á henni stóð. Hálfadáni Björnssyni, bónda í Hlégarði í Aðaldal, er þakkað fyrir góða skráningu og veittar upplýsingar um paranir sægrárra og grárra einstaklinga á eigin búí. Emma Eyþórsdóttir, sviðsstjóri búfjársviðs Rannsóknastofn-

10. tafla. Arfgerðir aðallita í íslenskum nautgripum. (- merkir að erfðavísirinn kemur fyrir í annað hvort arfhreinu eða arfblendnu ástandi).

Table 10. Summary of genotypes at main colour loci in Icelandic cattle. (- means that the locus is either homo- or heterozygous).

Aðallitur—Main colour	Erfðavísasæti—Locus						
	E	A	Br	D	Si	S	WP
Rautt—Red	$E^c E^c$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Svart—Black	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Kolótt—Brown	$E^+ -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Bröndótt—Brindle	$E^+ -$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Sægrátt—Dun	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Ljósbleikt—Diluted red	$E^c E^c$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^c E^c$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Sægrákolótt—Dun brown	$E^+ -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Sægrábröndótt—Dun brindle	$E^+ -$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^d D^d$	S_i^{SL}	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Grátt/hélótt—Blue roan	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^D -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{BR} -$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
	$E^+ -$	$A^a A^a$	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$
Grákolótt—Blue roan brown	$E^+ -$	A^{+-}	$B_r^{br} B_r^{br}$	$D^D -$	$S_i^{si} S_i^{si}$	$S^S -$	$WP^{wp} WP^{wp}$

unar landbúnaðarins, hlýtur ennfremur þakkir fyrir yfirllestur handritsins.

HEIMILDIR

Berge, S., 1948. Grå farge i vestlandsk fjordfe. *Tidsskrift for det norske landbruk* **55**: 219–240.

Berge, S., 1949. Inheritance of dun, brown and brindle colour in cattle. *Heredity* **3**: 195–204.

Berge, S., 1956. Gråfaktoren sin verknad på brunt og brandet hos storfe. *Tidsskrift for det norske landbruk* **63**: 58–67.

Berge, S., 1961. Influence of dun on brown and brindle in cattle. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* **75**: 298–306.

Berge, S., 1963. Fargen hos krydsninger med charollaise. *Ugeskrift for landmænd* **108**: 216–217.

- Berge, S.**, 1965. Storfefarger. *Institutt for husdyravl, Norges landbrukshøgskole. Melding nr 201.*
- Bogart, R. & H.L. Ibsen**, 1937. The relation of hair and skin pigmentation to colour inheritance in cattle, with some notes on Guinea-pig hair pigmentation. *Journal of Genetics* **35**: 31–59.
- Bultman, S.J., E.J. Michaud & R.P. Woychik**, 1992. Molecular characterization of the mouse agouti locus. *Cell* **71**: 1195–1204.
- Guðmundur **Stefánsson**, 1971. *Litarerfðir nautgripa*. BS-ritgerð, Framhaldsdeild Bændaskólans á Hvanneyri.
- Ibsen, H.L.**, 1933. Cattle inheritande. I. Color. *Genetics* **18**: 441–480.
- Jackson, I.J.**, 1993. Colour-coded Switches. *Nature* **362**: 587–588.
- Kantanen, J., I. Olsaker, K. Bruusgaard, Emma Eyþórsdóttir, L.-E. Holm, S. Lien, B. Danell & Stefán Aðalsteinsson**, 2000. Frequencies of genes for coat colour and horns in Nordic cattle breeds. *Genetics, Selection, Evolution* **32**: 561–576.
- Lauvergne, J.J.**, 1966. Genetique de la couleur du pelage des bovins domestiques. *Bibliographia Genetica* **20(1)**: 1–68.
- Olson, T.A.**, 1975. *The Analysis of the Inheritance of Coat Color in Cattle*. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Olson, T.A. & R.L. Willham**, 1982. Inheritance of coat coloration and spotting patterns of cattle: A review. *Research Bulletin* **595** (April). Ames, Iowa: 147–176.
- Rendel, J.**, 1957. Nedärvingen av färg och teckning hos husdjur. *Kunglig skogs- och lantbruksakademins tidskrift* **96**: 208–263.
- Robbins, L.S., J.H. Nadeau, K.R. Johnson, M.A. Kelly, Linda Roselli-Reh fuss, E. Baack, Kathleen G. Monstjoy & R.D. Cone**, 1993. Pigmentation phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function. *Cell* **72**: 827–834.
- Searle, A.G.**, 1968. *Comparative Genetics of Coat Colour in Mammals*. Logos Press Ltd, London.
- Sigríður **Bjarnadóttir**, 1993. *Nedarving av farge hos islandsk storfe*. Hovedoppgave ved Institutt for husdyrfag. Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Sigríður **Bjarnadóttir & Stefán Aðalsteinsson**, 1993. *Fargekoder på storfe og koder for horn typer [Codes for colours and horn types in cattle]*. Norges landbrukshøgskole, Ås. Mimeographed (In Norwegian).
- Silvers, W.K.**, 1979. *The Coat Colors of Mice*. Springer-Verlag, New York.
- Stefán **Aðalsteinsson**, 1970. Colour inheritance in Icelandic sheep and relation between colour, fertility and fertilization. *Journal of Agricultural Research in Iceland* **2(1)**: 3–135.
- Stefán **Aðalsteinsson & Friðþjófur Þorkelsson**, 1991. *Íslenski hesturinn. Litaafbrigði*. Íslandsmyndir, Reykjavík.
- Stefán **Aðalsteinsson, Sigríður Bjarnadóttir, D.I. Våge & Jón Viðar Jónmundsson**, 1995. Brown coat color in Icelandic cattle produced by the loci extension and agouti. *Journal of Heredity* **86**: 395–398.
- Våge, D.I., H. Klungland, S. Lien, Stefán Aðalsteinsson & R.D. Cone**, 1997. A non-epistatic interaction of agouti and extension in the fox, *Vulpes vulpes*. *Nature Genetics* **15(3)**: 311–315.
- Wright, S.**, 1917. Color inheritance in mammals. *Journal of Heredity* **8**: 521–527.

Handrit mótttekið 8. júlí 2002,
samþykkt 23. september 2002.

Viðauki. Litalýsing á íslenskum nautgripum, tölusettir lykklar – Aðallitir.

Litur	Aðallitur	Blær	Undirflokkur
1	Svart	1	Alsvart
		2	Hélusvart
2	Rautt	1	Ljósrauður blær. Mikið deyfður litur, rautt vart sýnilegt
		2	Sterkari rauður blær. Rauður litur mikið deyfður
		3	Ljósrautt. Rautt mikið deyft á bringu, kvið og innan-læra.
		4	Rautt. Hreinn, rauður litur, vottar fyrir daufari lit á innan-verðum lærum
		5	Sótrautt. Dökkrauður bolur, mjög dökkar granir, oft með svört hár á grönnum og um augu
3	Kolótt. Samspil milli svarts og rauðs litar. Dökkar granir, ytri brúnir á eyrum og fætur. Síður eru kolóttar eða rauðleitar og eins höfuð. Rauð eða brún hár eru innan í eyrum. Rauður áll liggur eftir hrygg. Ljós grana-hringur er áberandi	1	Mjög ljóskolótt. Dökkur/svartur litur á grönnum, og á jöðrum á eyrum, stundum umhverfis augu og ofan við klaufir. Að öðru leyti er daufur ljóskolóttur litur á bol
		2	Ljóskolótt. Kolótt, ljósara á síðum en annars staðar á líkamanum
		3	Kolótt. Dökkur litur á hálsi, herðum og kvið. Dökkur eða rauður litur nær niður á síður, frá rauðum ál á hrygg
		4	Dökkkolótt. Nærri svartur bolur, en rauður blær innan í eyrum, efst á höfði og eftir endilöngum hrygg
4	Bröndótt. Svartar (dökkar) þverrendur eru á kolóttum grunni. Ljós áll eftir hrygg	1	Ljósbröndótt. Rauðbröndótt með vel aðgreindum dökkum röndum á höfði og stundum á hálsi og mölum, en varla sjáanlegar á bol. Grunnlitur rauður eða ljósrauður
		2	Rauðbröndótt. Reglulegar bröndur á rauðleitum grunni.
		3	Bröndótt. Reglulegar bröndur á bol á ljósrauðum eða ljóskolóttum grunni
		4	Dökkbröndótt. Reglulegar, þéttar bröndur með glöggum grunnlit
		5	Kolbröndótt. Bröndur liggja stundum þétt saman á dökkum grunnfleti. Rauðleit hár inni í eyrum og rautt eftir hryggjarlínunni
5	Sægrátt. Deyfður litur, blýgrár eða ljóskolóttur. Sum hár eru með ljós þverbönd	1	Ljóssægrátt. Ljóssægrár eða silfurgrár litur um allan bol
		2	Sægrátt. Jafn sægrár litur um allan bol
		3	Sægrábröndótt. Glöggar sægráar bröndur á rauðum grunni
		4	Sægrákolótt. Sægrátt á kolóttum grunni
6	Grátt/hélótt/hélugrátt/yrjótt Finnst á Íslandi og í Noregi. Annars konar grátt, en finnst í Stutthyrningum	1	Ljósgrátt. Grunnlitur er svartur, kolóttur, rauður eða sægrár. Oft eru stórar hvítar skellur á efri hluta bols og grá svæði á neðri hlutanum
		2	Þrílitt. Aðrir litir en grátt koma stundum fyrir sem litlar skellur, oftast rauðar, á efri hluta bols
		3	Dökkgrátt. Jafn litur, hvít svæði sjaldgæf
		4	Grákolótt. Grátt á kolóttum grunni
		5	Rauðgrátt. Grátt á rauðum grunni. Óþekkt á Íslandi, þekkt í Stutthyrningum
		6	Steingrátt. Grátt á svörtum grunni, þekkt í Stutthyrningum

Viðauki. Litalýsing á íslenskum nautgripum, tölusettir lykjar – Litamynstur.

Einkunn	Aðalgerð	Einkunn	Lýsing á hvítum flekkjum og mynstrum
0	Einlitt	0	Engir hvítir flekkir á höfði, bol eða fótum
1	Hvítt á bol/skjöldótt	1	>80% hvítt
		2	60–80% hvítt
		3	40–60% hvítt
		4	20–40% hvítt
		5	<20% hvítt
2	Huppótt	1	Stórhuppótt. Hvítt nær upp undir mjaðmarhorn, fram eftir kvið og upp á miðja síðu eða ofar
		2	Huppótt. Venjulegt huppótt, nær frá júgri út á hupp
		3	Lítill blettur í hupp. Hvítt nær lítið út á hupp
		4	Hvítt við júgur, nær frá júgri fram eftir kvið
		5	Hvítt júgur. Júgur hvítt að hluta eða alveg hvítt
3	Hryggjótt/síðótt	1	Hvít rönd liggur eftir endilöngum hrygg
		2	Hvít rönd liggur eftir framhrygg
		3	Hvít rönd liggur eftir afturhrygg
		4	Hvítur blettur á mölum
		5	Hvít rönd frá snoppu eftir hrygg niður í halaskúf
4	Hvítt á fótum	1	Hvítt upp fyrir kjúkur
		2	Hvítt upp að kjúkum
		3	Hvítt ofan við klaufir
		4	Hvítt aðeins á framfótum
		5	Hvítt aðeins á afturfótum
		6	Hvítt aðeins á einum fæti
5	Grönótt. Dökkt á grönnum og eyrum	1	Engir dökkir blettir á bol, fæinir blettir á höfði.
		2	Smáblettótt á bol, einkum á hálsi og bógum
		3	Áberandi blettir á bol
6	Hjál mótt/húfótt. Hvítur haus, Hereford mynstur	1	Hvítt ofan til á höfði, nær ekki grönnum
		2	Hvítt andlit ásamt eyrum, frá hvirfli á neðri kjálka
7	Baugótt/krossótt. Hvítur haus, Groningen mynstur	1	Hvítt höfuð, baugar um augu
		2	Hvítt höfuð, baugar um augu, litur á báðum kinnum
8	Blesa	1	Glögg blesa frá hvirfli niður á granir
		2	Slitin blesa framan á höfði, oft mjórri en 1
9	Litlir blettir	1	Stjarna framan á höfði
		2	Lauf á snoppu
		3	Dropótt í andliti frá hvirfli niður á granir
		4	Hvítt á hala milli halarótar og halaskúfs
		5	Hvítur smáblettur hvar sem er á skrokknum
10	Beltótt. Beltótt Galloway	1	Greinilegt belti um bolinn
		2	Slitið belti, með lit á hrygg
		3	Leifar af belti, með hvítt á síðum