

Л. А. Танана¹, Т. И. Кузьмина², О. В. Вертинская¹, А. Н. Сильванович¹, К. О. Кизелевич¹

Генетическая структура чистопородных быков-производителей голубой бельгийской, шароле и абердин-ангусской пород по генам, ассоциированным с качественными показателями мяса

Аннотация.

Цель: молекулярно-генетическое тестирование чистопородных быков-производителей пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская и определение частот встречаемости генотипов и аллелей по генам кальпаина, миостатина и тиреоглобулина.

Материалы и методы. Для проведения опыта использовали биологический материал (сперма) чистопородных быков-производителей пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская ($n=10$). ДНК-генотипирование спермы быков по генам кальпаина (*CAPN1*), миостатина (*MSTN*) и тиреоглобулина (*TG5*) проводили путём использования метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Раствор для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису и др., а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех» Республика Беларусь.

Результаты. Изучив генетическую структуру чистопородных быков-производителей пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская, установили, что по гену *MSTN* животные всех пород мономорфны *MSTN* (100 %). По гену кальпаина (*CAPN1*) у быков голубой бельгийской породы установлен полиморфизм и идентифицированы гомозиготный генотип *CAPN1*^{GG} (50 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (50 %), у особей абердин-ангусской породы гомозиготный генотип *CAPN1*^{GG} (25 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (75 %). По гену *TG5* быки-производители голубой бельгийской породы мономорфны *TG5*^{CC} (100 %). У быков-производителей пород шароле и абердин-ангусская установлен полиморфизм по гену тиреоглобулина: у породы шароле гомозиготный *TG5*^{CC} (50 %) и гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %), а у быков абердин-ангусской породы - гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %) и два гомозиготных *TG5*^{TT} (25 %) и *TG5*^{CC} (25 %).

Ключевые слова: голубая бельгийская, шароле, абердин-ангусская, генотипы, гены кальпаина, миостатина и тиреоглобулина, полиморфизм, мясная продуктивность, генотипирование.

Авторы:

Танана Л. А. — доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Кузьмина Т. И. — доктор биологических наук, профессор; e-mail: prof.kouzmina@mail.ru.

Вертинская О. В. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; e-mail: olga_vertsinskaya@mail.ru;

Сильванович А. Н. — аспирант; e-mail: san_bpba@mail.ru;

Кизелевич К. О. — аспирант.

¹Гродненский государственный аграрный университет; 230008, Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Терешковой, 28.

²Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиала ФГБНУ «ФНЦ животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, 55а.

Введение. Все программы генетического совершенствования сельскохозяйственных животных включают в себя использование маркерной селекции в качестве дополнительного критерия проведения отбора, в том числе в мясном скотоводстве по признакам, характеризующим качество мяса и накопление внутримышечного жира [1]. Использование информативных ДНК-маркеров способствует проведению отбора животных на ранних стадиях постнатального развития по признакам, сцепленным с полом. Большин-

ство показателей мясной продуктивности имеют полигенную природу, то есть определяются большим количеством генов. Одним из таких генов-маркеров, отвечающих за физико-химические показатели и нежность мяса при созревании, считается кальпаин (*CAPN1*) [2, 3]. Выявлена не только ассоциация структурно-механических свойств мяса, но и изменение его аминокислотного состава [4, 5]. Ещё одним геном-маркером мясной продуктивности является миостатин (*MSTN*). Блокирование воздействия

миостатина обуславливает увеличение мышечной массы животного. Мутация в гене *MSTN* у животных породы голубая бельгийская приводит к мышечной гипертрофии [6, 7]. Ген тиреоглобулина *TG5* ассоциируется с накоплением внутримышечного жира у крупного рогатого скота. Ген *TG5* кодирует белок тиреоглобулин, который является предшественником трийодтиронина и тетраiodтиронина — гормонов, отвечающих за метаболизм липидов. Многие исследователи отмечают связь гена *TG5* с мраморностью мяса. Ген включен в коммерческие панели генотипирования [8, 9]. Таким образом, использование маркерных генов актуально в аспекте повышения мясной продуктивности и получения высококачественной говядины.

Цель исследований — проведение молекулярно-генетического тестирования чистопородных быков-производителей пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская и определение частот встречаемости генотипов и аллелей по генам кальпаина, миостатина и тиреоглобулина.

Материалы и методы. Исследования проводили в ОАО «Беловежский» Каменецкого района и ОАО «Парохонское» Пинского района Брестской области. Для проведения опыта использовали биологический материал (сперма) чистопородных быков-производителей, содержащихся на РСУП «Брестплемпредприятие» пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская ($n=10$). Спермопродукция этих быков использовалась для искусственного осеменения чистопородных коров голштинской породы белорусской селекции. ДНК-генотипирование спермы быков по генам кальпаина (*CAPN1*), миостатина (*MSTN*) и тиреоглобулина (*TG5*) проводили путём использования метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрационных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Раствор для выделения ДНК готовили по

Т. Маниатису и др. [10], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех» Республика Беларусь.

Для диагностики точечной мутации *MSTN* использовали праймеры:

MSTN F — 1:5' GGG-GGG-GAG-AGA-TTT-TGG-GCT-TGA-TTG-TGA - 3'

MSTN R — 2:5' GGG-GGG-GTG-CAA-TAA-TCC-AAT-CCC-ATC-CAA- 3'

Для диагностики точечной мутации *CAPN1* использовали праймеры:

CAPN1 F — 1:5' TCT-TCT-CAG-AGA-AGA-GCG-CAG - 3'

CAPN1 R — 2:5' CTG-CGC-CAT-TAC-TAT-AGA-TC- 3'

Для диагностики точечной мутации *TG5* использовали праймеры:

TG5 F — 1:5' GGG-GAT-GAC-TAC-GAG-TAT-GAC-TG - 3'

TG5 R — 2:5' GTG-AAA-ATC-TTG-TGG-AGG-CTG-TA- 3'.

ПЦР-анализ выполняли согласно протоколу, представленному в таблице 1.

Детекцию результатов ПЦР-анализа гена *MSTN* осуществляли методом горизонтального электрофореза в 3% агарозном геле в ТВЕ буфере при УФ-свете с использованием бромистого этидия.

Режим амплификации гена *MSTN*:

x1: 94°C — 4 мин;

x40: 94°C — 30 сек, 68°C — 30 сек, 72°C — 30 сек;

x1: 72°C — 5 мин.

ПЦР-продукт:

Генотип AA = 119 bp,

Генотип BB = 108 bp,

Генотип AB = 119/108 bp (рисунок 1) [8].

Режим амплификации гена *CAPN1*:

x1: 93°C — 5 мин, 93°C — 1 мин, 59°C — 1 мин;

Таблица 1. Компоненты и концентрации реакционных смесей при определении генов *MSTN*, *TG5* и *CAPN1*

Реагенты	Концентрация на 1 пробу		
	<i>MSTN</i>	<i>TG5</i>	<i>CAPN1</i>
H ₂ O	До 20 мкл	До 25 мкл	До 10 мкл
dNTP	0,2 мМ	0,2 мМ	0,1 мМ
MgCl ₂	1,5 мМ	1,25 мМ	1 мМ
Буфер	1x	1x	1x
Тaq полимераза	1 е.а.	1 е.а.	1 е.а.
Праймер F — 1	15 — 25 пМ	15 — 25 пМ	15 — 25 пМ
Праймер R — 2	15 — 25 пМ	15 — 25 пМ	15 — 25 пМ
ДНК	100 — 200 нг	100 — 200 нг	100 — 200 нг

x1: 72°C – 1 мин;
 x35, 72°C – 5 мин;
 12°C – удержание.

На этапе ПДРФ применялась эндонуклеаза рестрикции – *PvuI* (Tth1111) с генерацией генотип специфических фрагментов: AA – 341 bp, GA – 341/195/146 bp, GG – 195/146 bp (рисунок 2).

Режим амплификации гена *TG5*:

x1: 94°C – 4 мин;
 x31: 94°C – 1 мин, 57°C – 1 мин, 72°C – 1 мин;
 x1: 72°C – 4 мин.

На этапе ПДРФ применялась эндонуклеаза рестрикции – *PvuI*, с генерацией генотип специфических фрагментов: TT – 473/75 bp; CC – 295/178/75 bp; CT – 473/295/178/75 bp (рис. 3).

Частота встречаемости аллелей по генам кальпаина, миостатина и тиреоглобулина рассчитывалась по Е. К. Меркурьевой [11].

Результаты и обсуждение. Применение маркерной селекции в настоящее время является серьёзнейшим инструментом интенсификации селекционного процесса. Генетический полиморфизм определяет потенциальное разнообразие морфофизиологических особенностей организма, а молекулярно-генетические маркеры позволяют судить о полиморфизме генов и определять, какие варианты генов имеют преимущественное распространение у животных той или иной породы.

Генетическая структура быков-производите-

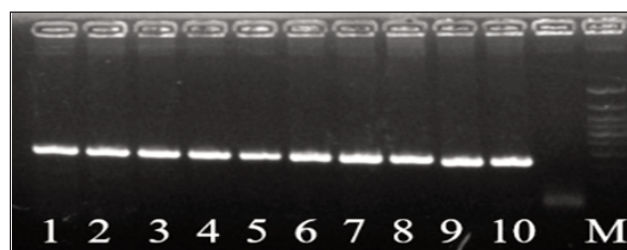


Рис. 1. Электрофореграмма фрагментов ПЦР участка гена *MSTN*

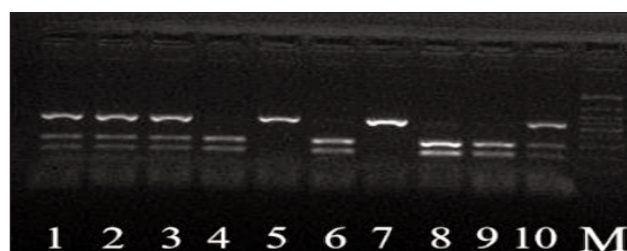


Рис. 2. Электрофореграмма фрагментов рестрикции участка гена *CAPN1*

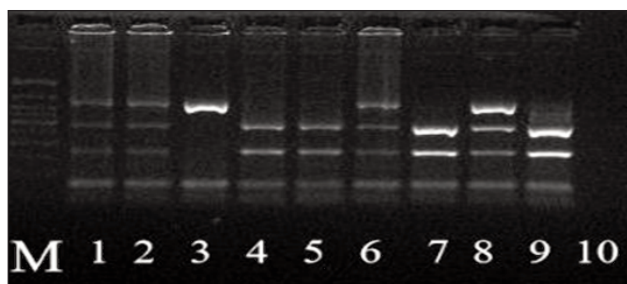


Рис. 3. Электрофореграмма фрагментов рестрикции участка гена *TG5*

Таблица 2. Частота встречаемости аллелей и генотипов генов *TG5*, *CAPN1* и *MSTN* у быков-производителей породы бельгийская голубая

Ген	Частота встречаемости				
	Аллелей		Генотипов, %		
<i>MSTN</i>	N	M	NN	NM	MM
	0,5	0,5	0	100	0
<i>CAPN1</i>	A	G	AA	AG	GG
	0,25	0,75	0	50	50
<i>TG5</i>	T	C	TT	TC	CC
	0	1	0	0	100

Таблица 3. Частота встречаемости аллелей и генотипов генов *TG5*, *CAPN1* и *MSTN* у быков-производителей породы шароле

Ген	Частота встречаемости				
	Аллелей		Генотипов, %		
<i>MSTN</i>	N	M	NN	NM	MM
	0,5	0,5	0	100	0
<i>CAPN1</i>	A	G	AA	AG	GG
	0,5	0,5	50	0	50
<i>TG5</i>	T	C	TT	TC	CC
	0,25	0,75	0	50	50

Таблица 4. Частота встречаемости аллелей и генотипов генов *TG5*, *CAPN1* и *MSTN* у быков-производителей абердин-ангусской породы

Ген	Частота встречаемости				
	Аллелей		Генотипов, %		
<i>MSTN</i>	N	M	NN	NM	MM
	0,5	0,5	0	100	0
<i>CAPN1</i>	A	G	AA	AG	GG
	0,375	0,625	0	75	25
<i>TG5</i>	T	C	TT	TC	CC
	0,5	0,5	25	50	25

лей породы голубая бельгийская по генам миостатина, кальпаина и тиреоглобулина представлена в таблице 2. Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что в результате проведенного ДНК-тестирования породы голубая бельгийская установлено, что по гену миостатина все животные были мономорфны по гену *MSTN*^{TC} и частоты встречаемости аллелей составили: T — 0,500, C — 0,500. По гену кальпаина у быков голубой бельгийской породы установлен полиморфизм и идентифицированы гомозиготный генотип — *CAPN1*^{GG} (50 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (50 %). Частоты встречаемости аллелей *CAPN1*^A (0,250) и *CAPN1*^G (0,750), соответственно. Животные породы голубая бельгийская мономорфны по гену *TG5*^{CC} (100 %). Частоты встречаемости аллелей *TG5*^T и *TG5*^C составили 0,000 и 1,000, соответственно.

Генетическая структура быков-производителей породы шароле по генам миостатина, кальпаина и тиреоглобулина представлена в таблице 3. Из данных таблицы 3 видно, что чистопородные быки-производители породы шароле по гену миостатина мономорфны *MSTN*^{TC} и частоты встречаемости аллелей составили: T — 0,500, C — 0,500. По гену кальпаина установлен полиморфизм и идентифицированы два гомозиготных генотипа *CAPN1*^{GG} (50 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AA} (50 %). Частоты встречаемости аллелей составили: A — 0,500 и G — 0,500. По гену *TG5* установлен полиморфизм и идентифицировано два генотипа: гомозиготный *TG5*^{CC} (50 %) и гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %). Частота встречаемости аллеля T составила 0,250, а аллеля C — 0,750.

Генетическая структура быков-производителей абердин-ангусской породы по генам миостатина, кальпаина и тиреоглобулина представлена в таблице 4. Данные таблицы 4 свидетельствуют

о том, что все чистопородные быки-производители абердин-ангусской породы мономорфны по гену гетерозиготному гену миостатина *MSTN*^{TC} (100 %). Частоты встречаемости аллелей составили: T — 0,500, C — 0,500. По гену кальпаина установлен полиморфизм и идентифицированы два генотипа: гомозиготный генотип *CAPN1*^{GG} (25 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (75 %). Частоты встречаемости аллелей составили *CAPN1*^G (0,625) и *CAPN1*^A (0,375). По гену тиреоглобулина также выявлен полиморфизм и идентифицированы три генотипа: гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %) и два гомозиготных *TG5*^{TT} (25 %) и *TG5*^{CC} (25 %). Частоты встречаемости аллелей составили: T — 0,500, C — 0,500.

Закключение. Изучив генетическую структуру чистопородных быков-производителей пород голубая бельгийская, шароле и абердин-ангусская установили, что по гену *MSTN* животные всех пород мономорфны *MSTN* (100 %). По гену кальпаина у быков голубой бельгийской породы установлен полиморфизм и идентифицированы гомозиготный генотип *CAPN1*^{GG} (50 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (50 %), у особей абердин-ангусской породы гомозиготный генотип *CAPN1*^{GG} (25 %) и гетерозиготный *CAPN1*^{AG} (75 %). По гену *TG5* быки-производители голубой бельгийской породы мономорфны *TG5*^{CC} (100 %). У быков-производителей пород шароле и абердин-ангусская установлен полиморфизм по гену тиреоглобулина: у породы шароле гомозиготный *TG5*^{CC} (50 %) и гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %), а у быков абердин-ангусской породы — гетерозиготный *TG5*^{TC} (50 %) и два гомозиготных *TG5*^{TT} (25 %) и *TG5*^{CC} (25 %). Полученные данные могут быть использованы в селекционных программах для дальнейшего отбора и подбора пар в соответствии с признаками.

Литература

1. Marker assisted selection in German Holstein dairy cattle breeding: outline of the program and marker assisted breeding value estimation / Nnewitz [et. al.] // Book of abstracts of the 54th annual meeting of the European Association for Animal Production, Rome, Italy, 31 August — 3 September 2003 / ed. Y. van der Honing. — Wageningen, 2003. — P.5.

2. Miquel M. C. The association of *CAPN1* 316 marker genotype with growth and meat quality traits of steers finished on pasture / M. C. Miquel [et. al.] // *Genetics a. Molecular Biology*. — 2009. — Vol. 32. — № 3. — P. 491–496.
3. Cesas E. Effect of calpastain and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits / E. Casas [et. al.] // *J. of Animal Science*. — 2006. — Vol. 84. — №3. — P. 520–525.
4. Corva P. Association of *CAPN1* and *CAST* gene polymorphisms with meat tenderness in *Bos Taurus* beef from Argentina / P. Corva [et. al.] // *Genetics a. Molecular Biology*. — 2007. — Vol. 30. — № 4. — P. 1064–1069.
5. Chung H. Y. Effects of genetic variants for the calpastain gene on calpastatin activity and meat tenderness in Hanwoo (Korean cattle) / H.Y. Chung // *Meat Science*. — 2012. — Vol. 90. — № 3. — P. 711–714.
6. Wheeler T. L. The effects of Piedmontese inheritance and myostatin genotype on the palatability of longissimus thoracis, gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris / T. L. Wheeler [et. al.] // *J. of Animal Science*. — 2001. — Vol. 79. — №12. — P. 3069–3074.
7. Khsanah H. Polymorphism of myostatin (*MSTN*) promoter gene and its association with growth and muscling traits in Bali cattle / H. Khsanah [et. al.] // *Media Peternakan*. — 2016. — Vol. 39. — № 2. — P. 95–103.
8. Полиморфизм генов миостатина, кальпаина, тиреоглобулина и его взаимосвязь с продуктивностью, качеством говядины молодняка крупного рогатого скота мясного направления: автореферат диссерт. на соискание уч. степ. канд. с.-х. наук / Н. А. Сонич // Гродно: ГГАУ. — 2022. — 22 с.
9. Barendse W. The *TG5* thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle / W. Barendse [et. al.] // *Austral. J. of Experimental Agriculture*. — 2004. — Vol. 44. — № 7. — P. 669–674.
10. Маниатис Т. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис [и др.] // Москва: Мир, 1984. — 480 с.
11. Меркурьева Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е. К. Меркурьева. — М., Колос. 1970. — 424 с.

Tanana L.¹, Kuzmina T.², Vertinskaya O.¹, Silvanovich A.¹, Kizelevich K.¹

Genetic structure of purebred Belgian Blue, Charolais and Aberdeen Angus breeds by genes associated with quality indicators of meat

Abstract.

Purpose: molecular genetic testing of purebred bulls of the Belgian blue, Charolais and Aberdeen Angus breeds and determination of the frequency of occurrence of genotypes and alleles by the genes of calpain, myostatin and thyroglobulin.

Materials and methods. For the experiment, biological material (sperm) of purebred bulls of the blue Belgian, Charolais and Aberdeen Angus breeds was used. DNA genotyping of bulls by the genes of calpain (*CAPN1*), myostatin (*MSDN*) and thyroglobulin (*TG5*) was performed using the polymerase chain reaction (PCR) method and polymorphism of the lengths of the extraction fragments (PDRF). Nuclear DNA was isolated by the perchlorate method. The solution for DNA isolation was prepared according to T.Maniatis et al.[11], and solutions manufactured by ODO "Primtech" Republic of Belarus were used for amplification and restriction.

Results. Having studied the genetic structure of purebred bulls of the blue Belgian, Charolais and Aberdeen Angus breeds, it was found that animals of all breeds are monomorphic to *MSTN* (100 %) according to the *MSTN* gene. According to the calpain gene (*CAPN1*), polymorphism was established in blue Belgian bulls and homozygous *CAPN1*^{GG} genotype (50 %) and heterozygous *CAPN1*^{AG} (50 %) were identified, homozygous *CAPN1*^{GG} genotype (25 %) and heterozygous *CAPN1*^{AG} (75 %) were identified in individuals of the Aberdeen Angus breed. According to the *TG5* gene, the producing bulls of the blue Belgian breed are monomorphic *TG*^{CC} (100 %). The bulls of the Charolais and Aberdeen Angus breeds have a thyroglobulin gene polymorphism: the Charolais breed has

homozygous $TG5^{CC}$ (50 %) and heterozygous $TG5^{TC}$ (50 %), and the Aberdeen Angus bulls have heterozygous $TG5^{TC}$ (50 %) and two homozygous $TG5^{TT}$ (25 %) and $TG5^{CC}$ (25 %).

Conclusions. The genetic structure of purebred blue Belgian, Charolais and Aberdeen Angus bulls based on the genes of calpain, myostatin and thyroglobulin. The genetic structure of purebred stud bulls of the Blue Belgian, Charolais and Aberdeen Angus breeds indicates that animals of all breeds are monomorphic according to the *MSTN* gene. In bulls of the blue Belgian breed, polymorphism was established and the homozygous genotype $CAPN1^{GG}$ (50%) and heterozygous $CAPN1^{AG}$ (50 %) were identified, and in individuals of the Aberdeen Angus breed, the homozygous genotype $CAPN1^{GG}$ (25 %) and heterozygous $CAPN1^{AG}$ (75 %) were identified. In Charolais breeding bulls, polymorphism was established for the *TG5* gene and the homozygous genotype $TG5^{CC}$ (50%) and heterozygous genotype $TG5^{TC}$ (50 %) were identified.

Key words: Belgian blue, Charolais, Aberdeen Angus, genotypes, calpain, myostatin and thyroglobulin genes, polymorphism, meat productivity, genotyping

Authors:

Tanana L. — Dr Habil. (Agr. Sci.), Professor;

Kuzmina T. — Dr Habil. (Biol. Sci.), Professor; e-mail: prof.kouzmina@mail.ru;

Vertinskaya O. — PhD (Agr. Sci.); e-mail: olga_vertsinskaya@mail.ru;

Silvanovich A. — applicant for the educational institution; e-mail: san_bpba@mail.ru;

Kizelevich K. — postgraduate student.

¹ Grodno State Agrarian University²; 230008, Republic of Belarus, Grodno, st. Tereshkova, 28.

² Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; 196625, 55a, Moscow highway, St. Petersburg, Pushkin, Russia, 196625.

References

1. Marker assisted selection in German Holstein dairy cattle breeding: outline of the program and marker assisted breeding value estimation / Nnewitz [et. al.] // Book of abstracts of the 54th annual meeting of the European Association for Animal Production, Rome, Italy, 31 August — 3 September 2003 / ed. Y. van der Honing. — Wageningen, 2003. — P. 5.
2. Miquel M. C. The association of *CAPN1* 316 marker genotype with growth and meat quality traits of steers finished on pasture / M. C. Miquel [et. al.] // Genetics a. Molecular Biology. — 2009. — Vol. 32. — № 3. — P. 491—496.
3. Cesas E. Effect of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits / E. Casas [et. al.] // J. of Animal Science. — 2006. — Vol. 84. — №3. — P. 520—525.
4. Corva P. Association of *CAPN1* and *CAST* gene polymorphisms with meat tenderness in *Bos Taurus* beef from Argentina / P. Corva [et. al.] // Genetics a. Molecular Biology. — 2007. — Vol. 30. — № 4. — P. 1064—1069.
5. Chung H. Y. Effects of genetic variants for the calpastatin gene on calpastatin activity and meat tenderness— in Hanwoo (Korean cattle) / H.Y. Chung // Meat Science. — 2012. — Vol. 90. — № 3. — P. 711—714.
6. Wheler T. L. The effects of Piedmontese inheritance and myostatin genotype on the palatability of longissimus thoracis, gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris / T. L. Wheler [et. al.] // J. of Animal Science. — 2001. — Vol. 79. — №12. — P. 3069—3074.
7. Khsanah H. Polymorphism of myostatin (*MSTN*) promoter gene and its association with growth and muscling traits in Bali cattle / H. Khsanah [et. al.] // Media Peternakan. — 2016. — Vol. 39. — № 2. — P. 95—103.
8. Polymorphism of myostatin, calpain, thyroglobulin genes and its relationship with productivity and beef quality of young beef cattle: abstract of dissertation for the degree of Cand. Sci. (Agricultural Sciences) / N. A. Sonich // Grodno: GSU. — 2022. — 22 p.
9. Barendse W. The *TG5* thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle / W. Barendse [et. al.] // Austal. J. of Experimental Agriculture. — 2004. — Vol. 44. — № 7. — P. 669—674.
10. Maniatis T. Methods of genetic engineering. Molecular cloning / T. Maniatis [et al.] // Moscow: Mir, 1984. — 480 p.
11. Merkuryeva E. K. Biometry in breeding and genetics of farm animals / E. K. Merkuryeva. - M., Kolos, 1970. — 424 p.