

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОВЯДИНЫ ГЕРЕФОРД Х ЧЕРНО-ПЕСТРЫХ БЫКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПОВ ПО ГЕНАМ МИОСТАТИНА (MSTN), ТИРЕОГЛОБУЛИНА (TG5) И КАЛЬПАИНА (CAPN1)

Н. А. СОНИЧ

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: labgen@mail.ru*

(Поступила в редакцию 02.07.2021)

*В результате изучения технологических свойств говядины герефорд х черно-пестрых быков в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1) установлено положительное влияние генотипа MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> на аминокислотный, жирнокислотный и витаминно-минеральный состав мяса герефорд х черно-пестрых быков. Образцы мяса животных с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> превосходили по содержанию аспаргиновой кислоты – на 18,2 %, глютаминовой кислоты – на 23,5 %, глицина – на 19 %, аланина – на 29,7 %, аргинина – на 27,8 %, пролина – на 21,4 %, гистидина – на 17,6 %, тирозина – на 37,3 %, валина – на 14,5 %, метионона+цистина – на 2,1 %, изолейцина – на 3 %, фенилаланина+тирозина – на 24,9 %, лизина – на 28,4 %, треонина на 21,6 %, лейцина на 6,5 % выше по сравнению с образцами мяса животных с генотипом MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>. По содержанию калия, магния и кальция превосходство обнаружено в мясе животных с генотипом MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup>. По содержанию калия на 1044,62 и 1138 мг/кг, магния на 70,51 и 30,22 мг/кг, кальция на 36,25 и 6,19 мг/кг по сравнению с мясом животных альтернативных генотипов (P>0,05). По содержанию железа, цинка и меди преимущество было в мясе животных генотипа – MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> на 21,39 и 22,74 мг/кг, цинка 40,65 38,18 мг/кг и меди на 0,9 мг/кг, по сравнению с животными с генотипами и MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> и MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup>. В мясе быков с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> содержалось на 0,013 и 0,006 мг/кг больше витамина B<sub>1</sub>, чем у животных с генотипом MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> и MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>, витамина B<sub>c</sub> на 0,7 и 0,4 мг/кг. Содержание витамина PP оказалось больше в мясе животных генотипа MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> на 5,92 и 3,81 мг/кг, по сравнению с мясом животных генотипов MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> и MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>.*

**Ключевые слова:** ген миостатина, ген тиреоглобулина, ген кальпаина, аминокислотный, жирнокислотный, витаминно-минеральный состав, крупный рогатый скот.

*As a result of studying the technological properties of beef of Hereford x black-and-white bulls, depending on the genotypes of myostatin (MSTN), thyroglobulin (TG5) and calpain (CAPN1) genes, a positive influence of MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> genotype on the amino acid, fatty acid and vitamin-mineral composition of meat of Hereford x black-and-white bulls was established. Samples of meat from animals with the genotype MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> exceeded the content of aspartic acid by 18.2%, glutamic acid – by 23.5 %, glycine – by 19 %, alanine – by 29.7 %, arginine – by 27.8 %, proline – by 21.4 %, histidine – by 17.6 %, tyrosine – by 37.3 %, valine – by 14.5 %, methionone + cystine – by 2.1 %, isoleucine – by 3 %, phenylalanine + tyrosine – by 24.9 %, lysine – by 28.4 %, threonine – by 21.6 %, leucine – by 6.5 % compared to the samples of meat of animals with the MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> genotype. In animals with MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> genotype, meat had a higher content of potassium, magnesium and calcium: potassium – by 1044.62 and 1138 mg / kg, magnesium – by 70.51 and 30.22 mg / kg, calcium – by 36.25 and 6.19 mg / kg compared to meat of animals of alternative genotypes (P > 0.05). According to the content of iron, zinc and copper, the advantage was in the meat of animals of genotype MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>: iron – at 21.39 and 22.74 mg / kg, zinc – 40.65 and 38.18 mg / kg and copper – by 0.9 mg / kg, compared with animals with genotypes MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> and MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup>. Meat of bulls with genotype MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> contained by 0.013 and 0.006 mg / kg more vitamin B<sub>1</sub> than that of animals with genotypes MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> and MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>, vitamin B<sub>c</sub> – by 0.7 and 0.4 mg / kg. The content of vitamin PP turned out to be higher in meat of animals of genotype MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> by 5.92 and 3.81 mg / kg, as compared to meat of animals of genotypes MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> and MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>.*

**Key words:** myostatin gene, thyroglobulin gene, calpain gene, amino acid, fatty acid, vitamin and mineral composition, cattle.

### Введение

Ускоренное развитие мясного скотоводства следует рассматривать как проблему государственного значения, решение которой позволит научно обоснованно и в интересах всего населения в перспективе удовлетворить платежеспособный спрос на говядину за счет отечественного производства. Говядина от скота мясных пород по вкусовым качествам и биологической полноценности, как продукт питания, превосходит мясо, полученное от молочного скота. Мясной скот дает высокий убойный выход, а также обладает повышенной способностью к накоплению в теле резервных питательных веществ, особенно жира, причем 75–80 % его откладывается в туше в виде жира, между мышцами и внутри мышц, создавая «мраморность» мяса [1, 2].

К созданию принципиально новых подходов в селекции животных дали мощный импульс открытия в области ДНК – технологий. Обеспечение населения высококачественными продуктами питания невозможно без оптимизации и стандартизации качества продукта его безопасности. В настоящее время в нашей стране внедряются новые биотехнологические методы оценки различных признаков продуктивности сельскохозяйственных животных, базирующихся на анализе генетической информа-

ции. Современные технологии в специализированном мясном скотоводстве основываются на максимальном использовании биологических особенностей животных с целью достижения максимального экономического результата, количественных и качественных показателей продуктивности.

На эффективность производства продукции животноводства оказывают влияние множество факторов, одним из наиболее значительных является генетический потенциал животного [3, 4]. Поскольку большинство значимых экономических показателей имеют полигенную природу, то есть определяются многими генами, генетическое совершенствование пород является достаточно длительным процессом. Сегодня применение маркерной селекции в дополнение к традиционным методам разведения, содержания и кормления может стать мощным инструментом в интенсификации селекционного процесса пороодообразования.

Целью работы являлось изучение аминокислотного, жирнокислотного, а также витаминно-минерального состава мяса герефорд х черно-пестрых быков в зависимости от генотипов по генам миостатина (MSTN), кальпаина (CAPN1) и тиреоглобулина (TG5).

#### **Основная часть**

Объектом наших исследований являлся генетический материал (ушной выщип, мясо) помесей герефорд х черно-пестрых быков (n=60), содержащихся в СПК им. Деньщикова Гродненского района.

Генотипирование животных по генам миостатина (MSTN), кальпаина (CAPN1) и тиреоглобулина (TG5) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ) в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ДНК-технологий» УО «Гродненский государственный аграрный университет». Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК, амплификации и рестрикции готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж. Сэмбруку [5].

Для изучения качества мясного сырья от животных разных генотипов после убоя и первичной переработки на ОАО «Волковысский мясокомбинат» туши молодняка животных были подвергнуты обвалке и жиловке. Для анализа на соответствие требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 9 июня 2009 г. № 63, ГН 10-117-99 использовались средние пробы мяса по группам быков в зависимости от генотипа. Анализы были проведены в соответствии со стандартными методиками в научно-методическом испытательном отделе (НМИО) Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центре гигиены».

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно-полезных признаков определяли методами биологической статистики, используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel.

Вкус мяса зависит от многих параметров: его нежности, сочности, аромата, плотности мышечной ткани и наличия жировых образований, характеризующих «мраморность» мяса.

Стандарты оценки качества мяса «мраморности» крупного рогатого скота оценивают качественные и количественные показатели мясной продуктивности. При оценке качества мяса у животных большое значение придается исследованию длиннейшей мышцы спины. Считается, что определение белка, жира и биологической полноценности этой мышцы позволяет достаточно полно судить о качестве мышечной ткани. Такие параметры как количество внутримышечного жира и «мраморность» определяется стандартами качества мяса.

Качество мяса характеризует его органолептические, физические и физико-химические показатели. Для того, чтобы получить мясо с хорошими органолептическими свойствами, ему надо дать возможность созреть, то есть выдержать его в холодильной камере при  $t 0+4^{\circ}\text{C}$ , до 48 часов. В мясе происходят послеубойные изменения величины рН, активной реакции мышечной ткани, которая близка к нейтральному значению, вскоре снижается, а в дальнейшем медленно и незначительно возрастает. В наших исследованиях мясо, полученное от герефорд х черно-пестрых быков имело оптимальный химический состав и физико-технологические свойства. Нами изучен аминокислотный, жирнокислотный и витаминно-минеральный состав мяса герефорд х черно-пестрых быков СПК им. Деньщикова Гродненского района Гродненской области, в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), кальпаина (CAPN1) и тиреоглобулина (TG5)

Содержание аминокислот в мясе подопытных животных представлено в табл. 1.

Таблица 1. Содержание аминокислот в мясе подопытных герефорд х черно-пестрых быков в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1), мг/кг (M ± m), мг/100 г

Показатели	Генотип		
	MSTN <sup>AA</sup> CAPN1 <sup>AA</sup> TG5 <sup>CC</sup> (n = 6)	MSTN <sup>AB</sup> CAPN1 <sup>GA</sup> TG5 <sup>CT</sup> (n = 6)	MSTN <sup>BB</sup> CAPN1 <sup>GG</sup> TG5 <sup>TT</sup> (n = 6)
аспаргиновая	1478,8±347,4	1544,0±362,8	1748,2±410,6
глутаминовая	3239,4±742,5	3499,8±802,2	4001,4±917,1
серин	622,1±140,3	806,9±182,0	840,0±189,4
глицин	671,2±151,3	776,1±175,0	799,0±180,2
аланин	1265,2±286,1	1371,2±310,0	1641,1±371,1
аргинин	842,6±191,8	986,9±224,6	1077,1±245,1
пролин	638,7±141,3	682,7±151,0	775,3±171,5
гистидин	904,2±199,7	882,1±194,8	1063,0±234,8
тирозин	664,7±146,9	774,2±171,1	913,0±201,8
треонин	879,5±196,2	936,6±209,0	1069,4±238,6
валин	905,9±200,6	867,3±192,0	1037,3±229,7
метионин + цистин	492,7±54,3	512,8±56,5	503,2±55,4
лейцин	732,3±163,2	802,6±178,9	779,9±173,8
изолейцин	1577,5±321,2	1644,6±334,8	1627,0±331,2
фенилаланин + тирозин	1446,8±159,4	1579,6±174,1	1806,9±199,2
лизин	1455,0±321,9	1671,7±369,8	1868,7±413,4
Сумма НАК	17152,0±3790,6	18565,2±4102,9	20637,3±4560,8

Результаты исследования образцов мяса подопытных животных по содержанию аминокислот свидетельствуют о том, что в образце мяса животных с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> содержание аспаргиновой кислоты – на 18,2 %, глутаминовой кислоты – на 23,5 %, глицина – на 19 %, аланина – на 29,7 %, аргинина – на 27,8 %, пролина – на 21,4 %, гистидина – на 17,6 %, тирозина – на 37,3 %, валина – на 14,5 %, метионина+цистина – на 2,1 %, изолейцина – на 3 %, фенилаланина+тирозина – на 24,9 %, лизина – на 28,4 %, треонина на 21,6 %, лейцина на 6,5 % (p>0,05) было выше по сравнению с образцами мяса животных с генотипом MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>.

Мясо является основным источником не только белков, но и жиров, которые влияют на усвоение белков, витаминов, минеральных солей и покрывают часть энергетических затрат в организме человека. Животные жиры служат источником полиненасыщенных жирных кислот, играющих важную роль в обменных процессах, подобно незаменимым аминокислотам, которые в организме не синтезируются или синтезируются ограниченно. Растительные жиры не содержат арахидоновой кислоты и поэтому по жирнокислотной сбалансированности значительно уступают жирам животного происхождения [1].

Жирнокислотная сбалансированность мяса подопытных герефорд х черно-пестрых быков представлена в табл. 2.

Таблица 2. Жирнокислотный состав мяса подопытных герефорд х черно-пестрых быков в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1), мг/кг (M±m)

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Генотип		
	MSTN <sup>AA</sup> CAPN1 <sup>AA</sup> TG5 <sup>CC</sup> (n = 6)	MSTN <sup>AB</sup> CAPN1 <sup>GA</sup> TG5 <sup>CT</sup> (n = 6)	MSTN <sup>BB</sup> CAPN1 <sup>GG</sup> TG5 <sup>TT</sup> (n = 6)
Миристиновая	3,8	3,7	4,3
Пальмитиновая	28,6	27,8	28,6
Стеариновая	17,4	17,3	18,7
Пальмитолеиновая	3,0	3,2	2,8
Олеиновая	36,4	36,2	34,2
Линолевая	3,6	3,6	3,6

Данные табл. 2 показывают, что быки с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> незначительно превосходили сверстников с генотипами MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> и MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> по содержанию миристиновой кислоты на 0,5 и 0,6 п.п., пальмитиновой – на 0,8 п.п., стериановой кислоты – на 1,3 и 1,4 п.п., олеиновой – на 2,12 п.п соответственно. Содержание пальмитолеиновой и линоленовой кислот в мясе животных всех трех генотипов было одинаковым (p>0,05).

Мясо является также источником минеральных веществ, которые играют важную биологическую роль, участвуя в регулировании обменных процессов, и являются материалом для построения костной ткани. Результаты исследований минерального состава образцов мяса представлены в табл. 3.

Таблица 3. Минеральный состав мяса подопытных герефорд х черно-пестрых быков, в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1) мг/кг

Показатели	Генотип		
	MSTN <sup>AA</sup> CAPN1 <sup>AA</sup> TG5 <sup>CC</sup> (n = 6)	MSTN <sup>AB</sup> CAPN1 <sup>GA</sup> TG5 <sup>CT</sup> (n = 6)	MSTN <sup>BB</sup> CAPN1 <sup>GG</sup> TG5 <sup>TT</sup> (n = 6)
Натрий	556,80±58,69	548,31±62,31	649,30±61,11
Калий	3163,20±522,32	4301,12±568,32	3256,40±526,80
Магний	275,00±32,54	305,22±29,56	234,71±33,32
Железо	57,20±10,23	34,43±9,25	35,80±11,33
Цинк	84,22±17,68	46,10±17,29	43,60±19,65
Медь	1,90±0,45	1,00±0,28	1,00±0,31
Кальций	113,10±26,59	119,30±26,85	83,60±23,99

Анализ табл. 3 показал, что мясо быков с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> характеризовалось более высоким содержанием натрия на 92,50 и 100,99 по сравнению с мясом животных генотипов MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> и MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup>. По содержанию калия, магния и кальция превосходство обнаружено в мясе животных с генотипом MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup>. По содержанию калия на 1044,72 и 1138,00 мг/кг, магния на 70,52 и 30,22 мг/кг, кальция на 35,70 и 6,20 мг/кг по сравнению с мясом животных альтернативных генотипов (P>0,05).

По содержанию железа, цинка и меди преимущество было в мясе животных генотипа – MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> на 21,40 и 22,80 мг/кг, цинка 40,62 38,12 мг/кг и меди на 0,9 мг/кг, по сравнению с животными с генотипами и MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> и MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> (P>0,05).

Содержание витаминов в мясе герефорд х черно-пестрых быков в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1) мг/кг разных генотипов представлено в табл. 4.

Таблица 4. Содержание витаминов в мясе подопытных герефорд х черно-пестрых быков, в зависимости от генотипов генов миостатина (MSTN), тиреоглобулина (TG5) и кальпаина (CAPN1) мг/кг

Витамины	Генотип		
	MSTN <sup>AA</sup> CAPN1 <sup>AA</sup> TG5 <sup>CC</sup> (n = 6)	MSTN <sup>AB</sup> CAPN1 <sup>GA</sup> TG5 <sup>CT</sup> (n = 6)	MSTN <sup>BB</sup> CAPN1 <sup>GG</sup> TG5 <sup>TT</sup> (n = 6)
B <sub>1</sub>	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01
B <sub>c</sub>	7,50±0,36	7,20±0,44	7,90±0,47
PP	59,15±1,95	62,96±1,92	57,04±2,36

Из данных табл. 4 видно, что в мясе быков с генотипом MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> содержалось на 0,01 мг/кг больше витамина B<sub>1</sub>, чем у животных с генотипом MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> и MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup>, витамина B<sub>c</sub> на 0,7 и 0,4 мг/кг. Содержание витамина PP оказалось больше в мясе животных генотипа MSTN<sup>AB</sup>CAPN1<sup>GA</sup>TG5<sup>CT</sup> на 5,92 и 3,81 мг/кг, по сравнению с мясом животных генотипов MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> и MSTN<sup>AA</sup>CAPN1<sup>AA</sup>TG5<sup>CC</sup> (P>0,05).

### Заключение

Таким образом, в результате исследований установлено положительное влияние генотипа MSTN<sup>BB</sup>CAPN1<sup>GG</sup>TG5<sup>TT</sup> на химический, аминокислотный, жирнокислотный и витаминный состав мяса герефорд х черно-пестрых быков. Проведенные исследования позволяют рекомендовать гены миостатина, кальпаина и тиреоглобулина в качестве маркеров качества мяса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Fiems, L. O.; Van Caelenbergh, W.; Vanacker, J. M.; De Campeneere, S.; Seynaeve, M. Prediction of empty body composition of double-musled beef cows. *Livest. Prod. Sci.* 2005, 92, 249–259.
2. McPherron, A. C.; Lee, S. J. Suppression of body fat accumulation in myostatin-deficient mice. *J. Clin. Invest.* 2002, 109, 595–601.
3. Амерханов, Х. Производство говядины и пути его увеличения в России / Х. Амерханов // Молоч. и мясн. скотоводство, 2003. – N 6. – С. 3–10.
4. Брем, Г. Экспериментальная генетика в животноводстве / Брем Г., Кройслих Х., Штранцингер Г., пер. и ред. Зиновьевой Н. А.; М.: тип-я Россельхозакадемии, 1996. – 328с.
5. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук -М.: «Мир». – 1984. – 480 с.