

меньность и более высокое (на 0,19, 0,39 и 0,2 гол.) многоплодие;

- норки окраса СТК характеризовались наибольшим размером шкурки. По средней площади шкурки самцы превосходили возрастных аналогов генотипов «дикая», пастель и серебристо-голубой на 0,2; 0,1 и 1,0 дм², а самки – на 0,4 и 0,8 дм²;

- наивысшая рентабельность производства шкурок оказалась у норок окраса СТК и серебристо-голубой. Она составила 43,89 и 40,33 %, соответственно.

Предлагается разводить норок стандартной темно коричневой и серебристо-голубой окраски, что позволяет получать пушнину хорошего качества при более высокой рентабельности её производства.

Литература

1. Пролат, И. А. Звероводство Республики Беларусь / И. А. Пролат // Кролиководство и звероводство. – 2010. – № 2. – С. 29-31.

2. О внесении изменений в Республиканскую программу по племенному делу в животноводстве на 2007-2010 годы : Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 сент. 2010 г., № 1358. – Режим доступа : <http://mshp.minsk.by/structure/branches/livestock/>. – Дата доступа : 30.10.2010.

3. Перельдик, Н. Ш. Кормление пушных зверей / Н. Ш. Перельдик, Л. В. Милованов, А. Т. Ерин. – М. : Агропромиздат, 1987. – 351 с.

(поступила 17.02.2011 г.)

УДК 636.4.082.2

Н.В. ЖУРИНА, М.А. КОВАЛЬЧУК

АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА PRKAG3 И ПРОДУКТИВНОСТИ ОТКОРМОЧНОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ БЕЛОРУССКОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ПО ИЗУЧАЕМОМУ ГЕНУ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси
по животноводству»

Введение. Ген PRKAG3 (protein kinase AMP-activated γ 3 subunit) находится на 15-й хромосоме свиней [1] и кодирует регуляторную субъединицу γ АМФ-активируемой протеинкиназы (АМФК). АМФК – это фермент, который контролирует энергетический баланс клетки, участвует в метаболизме гликогена. Он активируется при значительном потреблении энергии клеткой (например, при физической нагрузке) и нарастании внутриклеточного уровня АМФ. В результате активации АМФК клетка переходит в энергосберегающее состояние.

АМФК представляет собой гетеротример, который включает 3 субъединицы: альфа, бета и гамма [2].

В нуклеотидной последовательности гена PRKAG3 выявлено несколько полиморфных сайтов, точечная мутация в одном из них обуславливает замену аргинина глутамином в позиции 200 (R200Q). Мутантный аллель (PRKAG3^Q или RN⁻) ассоциирован с более высоким содержанием гликогена, который после убоя животных превращается в лактат, что приводит к снижению уровня pH и проявлению порока мяса PSE (бледное, мягкое, эксудативное мясо) [3, 4]. Мутантный аллель RN⁻ был идентифицирован у свиней породы гемпшир и у животных с некоторой долей кровности данной породы во Франции [5], Мексике [6], Швеции с частотой встречаемости 0,50-0,72 [5, 7], США – 0,63 [8]. Результаты исследований свидетельствуют об отрицательном влиянии доминантного аллеля RN⁻ на качество мяса свиней. Мясо, полученное от животных-носителей данного аллеля, характеризуется пониженной влагоудерживающей способностью [9], бледным цветом [10, 11], низкими вкусовыми качествами [3, 8, 9, 10, 12, 13]. Согласно данным K.D. Miller [10], D.S. Sutton [13], K. Lundstrom [3], P. LeRoy [9], уровень pH мяса, полученного от животных генотипов RN⁻ RN⁻ и RN⁻ rn⁺ на 0,12-0,22 ниже, чем у свиней генотипа rn⁺rn⁺. Moeller S.J. и др. [11], Miller K.D. [14] отмечают более низкий уровень содержания внутримышечного жира в длиннейшей мышце спины животных, в генотипе которых присутствует аллель RN⁻.

Наряду с отрицательным эффектом аллеля RN⁻ на качество мяса отмечается положительное влияние данного аллеля на показатели откормочной и мясной продуктивности свиней. Животные-носители доминантного аллеля, как правило, отличаются более высокой скоростью роста [9, 15], выходом мяса [9, 15, 16], тонким шпиком [9, 16]. В ряде исследований отмечается тенденция положительного влияния аллеля RN⁻ на показатель площади «мышечного глазка» [9, 11, 15]. Ассоциация доминантного аллеля RN⁻ с более высокими показателями продуктивности свиней объясняет повышенный уровень частоты встречаемости данного аллеля у свиней мясной породы гемпшир. По данным L. Andersson [17], концентрация аллеля RN⁻ находилась на уровне 70 % у животных данной породы до момента реализации селекционных программ по снижению частоты мутации. Очевидно, данная мутация возникла у свиней породы гемпшир и была поддержана селекцией на повышение показателей мясной продуктивности.

Ещё одна точечной мутации в гене PRKAG3 была идентифицирована в 199 кодоне [1]. Данная мутация вызывает замену валина изолейцином (V199I) в аминокислотной последовательности АМФК. Фенотипический эффект мутантного аллеля PRKAG3^I противоположен эффекту аллеля PRKAG3^Q. Он детерминирует снижение содержания

гликогена, лактата и повышение рН мяса, ассоциирован с более высокими показателями мясной продуктивности. Наличие двух мутаций с ярко выраженными фенотипическими эффектами свидетельствует о важной функциональной роли данного участка молекулы [17].

Целью работы являлось изучение полиморфизма гена PRKAG3 и продуктивности откормочного молодняка свиней белорусской мясной породы различных генотипов по данному гену.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Объектом исследований являлся откормочный молодняк белорусской мясной породы из РСУП «СПЦ «Заднепровский» Витебской, ЗАО «Клевица» и РУП «Заречье» Минской области.

Ядерную ДНК выделяли из биопроб ткани перхлоратным методом [18]. Для проведения ПЦР использовали реакционную смесь конечным объёмом 25 мкл, включающую 5-25 нг ДНК, праймеры – по 15 пмоль каждого, по 200 мкмоль каждого из дНТФ, 1х буфер (10 mM трис pH 8,6, 50 mM KCl, 0,1 % tween-20), 1,5 mM MgCl₂ и 1,3 ед. акт. Taq-полимеразы.

Концентрацию, нативность, подвижность ДНК, концентрацию и специфичность амплифицированных фрагментов гена, а также результаты расщепления продуктов ПЦР рестриктазами BsrBI (замена R200Q) и BsaHI (замена V199I) оценивали электрофоретическим методом в агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с помощью трансиллюминатора в УФ-свете с длиной волны 260 нм с использованием компьютерной видеосистемы и программы «VITran».

Для изучения влияния гена PRKAG3 на продуктивные качества свиней анализировали показатели откормочной (возраст достижения живой массы 100 кг, среднесуточный прирост и затраты корма на 1 кг прироста за период откорма от 30 до 100 кг), мясной (длина туши, толщина шпика над 6-7-м грудными позвонками, площадь «мышечного глазка», масса задней трети полутуши) продуктивности, показатели качества мяса (кислотность, влагоудерживающая способность, увариваемость, цвет, содержание жира в длиннейшей мышце спины).

Биометрическую обработку данных проводили по общепринятым методикам [19].

Результаты эксперимента и их обсуждение. В результате проведённых исследований были установлены генотипы по гену PRKAG3 откормочного молодняка белорусской мясной породы из ЗАО «Клевица», РУП «Заречье» и РСУП «СПЦ «Заднепровский».

При изучении 200 кодона гена PRKAG3 (замена R200Q) мутантный аллель PRKAG3^Q, детерминирующий развитие порока мяса PSE, не был идентифицирован, изучаемые животные были гомозиготны по ал-

лелю дикого типа (PRKAG3^{RR}). Это соответствует результатам исследований зарубежных учёных, согласно которым данный аллель распространён в основном у свиней породы гемпшир, либо у животных с некоторой долей кровности данной породы [5-8].

ДНК-тестирование откормочного молодняка по 199 кодону гена PRKAG3 (замена V199I) позволило идентифицировать аллель дикого типа – PRKAG3^V, мутантный аллель – PRKAG3^I и три генотипа: PRKAG3^{VV}, PRKAG3^{VI}, PRKAG3^{II} (таблица 1).

Таблица 1 – Частота встречаемости генотипов и аллелей гена PRKAG3 в различных группах откормочного молодняка белорусской мясной породы

| Хозяйство | n | Частота встречаемости | | | | |
|---------------------------|-----|-----------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | | генотипов | | | аллелей | |
| | | VV | VI | II | V | I |
| РСУП «СГЦ «Заднепровский» | 10 | 0,400 ±0,15 | 0,600 ±0,15 | - | 0,70 ±0,10 | 0,30 ±0,10 |
| ЗАО «Клевица» | 43 | 0,419 ±0,07 | 0,442 ±0,08 | 0,139 ±0,05 | 0,64 ±0,05 | 0,36 ±0,05 |
| РУП «Заречье» | 47 | 0,574 ±0,07 | 0,362 ±0,07 | 0,064 ±0,04 | 0,76 ±0,04 | 0,24 ±0,04 |
| В среднем | 100 | 0,490 ±0,05 | 0,420 ±0,05 | 0,090 ±0,03 | 0,70 ±0,03 | 0,30 ±0,03 |

Концентрация аллелей PRKAG3^V и PRKAG3^I в различных группах животных существенно не различалась и находилась на уровне 0,64-0,76 и 0,24-0,36, соответственно. Частота встречаемости генотипа PRKAG3^{II} изменялась от 0 в РСУП «СГЦ «Заднепровский» до 0,139 в ЗАО «Клевица». Отсутствие животных с предпочтительным генотипом PRKAG3^{II} в группе из РСУП «СГЦ «Заднепровский», по-видимому, связано с малочисленной выборкой (n = 10)

Изучена ассоциация полиморфных вариантов гена PRKAG3 с показателями откормочной продуктивности молодняка белорусской мясной породы. Установлена тенденция снижения показателей возраста достижения массы 100 кг, затрат корма на 1 кг прироста и повышения среднесуточного прироста у животных генотипа PRKAG3^{II} на 2,3-4,2% в сравнении со свиньями генотипа PRKAG3^{VV} (таблица 2).

Анализ уровня мясной продуктивности откормочного молодняка различных генотипов по гену PRKAG3 выявил, что наибольшей длиной туши и массой задней трети полутуши характеризовались животные генотипа PRKAG3^{II}, которые превосходили по данным показателям подсвинков генотипа PRKAG3^{VV} на 0,3 см и 0,4 кг, соответственно

(таблица 3).

Таблица 2 – Показатели откормочной продуктивности молодняка белорусской мясной породы различных генотипов по гену PRKAG3

| Генотип | n | Возраст достижения массы 100 кг, дней | Среднесуточный прирост, г | Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед. |
|----------------------|----|---------------------------------------|---------------------------|--|
| PRKAG3 ^{VV} | 54 | 188,9±0,8 | 729,2±7,1 | 3,60±0,04 |
| PRKAG3 ^{VI} | 46 | 189,2±1,0 | 718,4±6,4 | 3,65±0,04 |
| PRKAG3 ^{II} | 6 | 188,1±2,4 | 746,7±16,6 | 3,48±0,09 |

Таблица 3 – Показатели мясной продуктивности откормочного молодняка белорусской мясной породы

| Показатели | Генотипы | | |
|---|-----------|-----------|----------|
| | VV n = 50 | VI n = 40 | II n = 6 |
| Длина туши, см | 98,1±0,3 | 97,8±0,3 | 98,4±0,9 |
| Толщина шпика, мм | 24,3±0,4 | 24,5±0,6 | 25,6±3,1 |
| Масса задней трети полутуши, кг | 11,1±0,1 | 11,2±0,2 | 11,5±0,6 |
| Площадь «мышечного глазка», см ² | 33,7±0,6 | 34,7±0,8 | 33,7±1,6 |

Наибольшее значение показателя площади «мышечного глазка» установлено у молодняка гетерозиготного генотипа, который превосходил по данному признаку животных генотипа PRKAG3^{VV} на 1 см². По толщине шпика лучшими показателями характеризовалась группа свиней генотипа PRKAG3^{VV} – 24,3 мм в отличие от животных альтернативных генотипов: PRKAG3^{VI} – 24,5 и PRKAG3^{II} – 25,6 мм.

По данным зарубежных исследователей, ген PRKAG3 оказывает значительное влияние на содержание гликогена в мышцах, от уровня которого зависит величина рН. В связи с этим, нами изучены физические свойства мяса откормочного молодняка из ЗАО «Клевица». При этом учитывалась не только активная кислотность (рН), но и такие показатели, как интенсивность окраски, потеря мясного сока при нагревании и влагоудерживающая способность.

Важным показателем качества мяса является величина рН – концентрация водородных ионов, от которой зависит ряд физико-химических и микробиологических свойств мяса. Определение уровня активной кислотности проводится для выявления свинины с пороками PSE (бледное, мягкое, экссудативное) и DFD (тёмное, жёсткое, сухое). Оба порока являются следствием нарушения скорости послеубойного распада гликогена и образования в мышечной ткани молочной кислоты.

Согласно данным наших исследований, показатель мышечной рН в исследуемой группе животных находился в пределах нормы – 5,59-5,70, при этом наибольшее её значение отмечалось для молодняка генотипа PRKAG3^{II} – 5,70, что согласуется с результатами, полученными зарубежными учёными, свидетельствующими о положительном влиянии аллеля PRKAG3^I и генотипа PRKAG3^{II} на данный показатель (таблица 4).

Таблица 4 – Физико-химические свойства мяса откормочного молодняка белорусской мясной породы из ЗАО «Клевица»

| Показатели | Генотипы | | |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| | VV n = 7 | VI n = 6 | II n = 3 |
| рН | 5,59±0,03 | 5,60±0,03 | 5,70±0,03 |
| Интенсивность окраски, ед. экстинкции | 82,14±1,37 | 79,83±1,58 | 81,00±1,42 |
| Потери мясного сока, % | 37,89±0,72 | 37,83±0,76 | 38,20±0,74 |
| Влагоудерживающая способность, % | 52,52±0,35 | 52,57±0,37 | 52,48±0,35 |

Наименьшей потерей мясного сока при нагревании (37,83 %) и более высокой влагоудерживающей способностью (52,57 %) отличалось мясо, полученное от животных гетерозиготного генотипа в сравнении с мясом подсвинков генотипа PRKAG3^{VV} (37,89 и 52,52 %, соответственно).

Показатель Гофо – интенсивность окраски – находился в пределах 79,83-82,14 единиц экстинкции, при этом наиболее тёмным мясом характеризовались животные генотипа PRKAG3^{VV}, а наиболее светлым – подсвинки генотипа PRKAG3^{VI}.

Для более глубокой оценки качества мяса были проведены химические исследования по определению содержания в образцах влаги, белка и жира. Внутримышечный жир является важным критерием качества мяса, который связан с его вкусовыми качествами. Наибольшим содержанием жира отличались образцы мяса, полученные от свиной генотипа PRKAG3^{II}, превосходивших по данному показателю животных генотипа PRKAG3^{VV} на 2,2 %. При этом содержание влаги в образцах мяса свиной генотипа PRKAG3^{II} было пониженным (73,32 %) в сравнении с генотипом PRKAG3^{VV} (74,15 %), что обусловлено отрицательной корреляционной зависимостью данного признака с показателем содержания жира. По содержанию протеина наблюдалась тенденция превосходства мяса, полученного от животных гетерозиготного генотипа (19,64 %), в сравнении с генотипом PRKAG3^{VV} (19,61 %). И только по содержанию золы в мясе животные генотипа PRKAG3^{VV} (0,81 %)

незначительно превосходили свиней генотипов PRKAG3^{VI} (0,78 %) и PRKAG3^{II} (0,80 %) (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав мышечной ткани откормочного молодняка белорусской мясной породы из ЗАО «Клевица»

| Показатели | Генотипы | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| | VV n = 7 | VI n = 6 | II n = 3 |
| Влага, % | 74,15±0,34 | 74,25±0,37 | 73,32±0,35 |
| Внутримышечный жир, % | 5,42±0,55 | 5,23±0,34 | 7,62±0,42 |
| Зола, % | 0,81±0,01 | 0,78±0,03 | 0,8±0,02 |
| Протеин, % | 19,61±0,28 | 19,64±0,36 | 18,26±0,32 |

Таким образом, в результате проведённых исследований установлена тенденция положительного влияния аллеля PRKAG3^I и генотипа PRKAG3^{II} на такие показатели откормочной и мясной продуктивности, как возраст достижения массы 100 кг, затраты корма на 1 кг прироста, среднесуточный прирост, длина туши, масса задней трети полутуши и площадь «мышечного глазка», а также на показатели качества мяса: уровень рН, потеря мясного сока при нагревании, влагоудерживающая способность, содержание внутримышечного жира и протеина.

Заключение. 1. При изучении 200 кодона гена PRKAG3 у откормочного молодняка белорусской мясной породы мутантный аллель PRKAG3^Q не выявлен.

2. При изучении полиморфизма гена PRKAG3 по точковой мутации в 199 кодоне идентифицированы аллели PRKAG3^V, PRKAG3^I и три генотипа: PRKAG3^{VV}, PRKAG3^{VI}, PRKAG3^{II}. Частота встречаемости аллеля PRKAG3^I в различных группах откормочного молодняка белорусской мясной породы существенно не различалась и составила в среднем 0,30.

3. Установлена тенденция положительного влияния аллеля PRKAG3^I и генотипа PRKAG3^{II} на ряд показателей откормочной и мясной продуктивности молодняка.

Литература

1. Evidence for New Alleles in the Protein Kinase Adenosine Monophosphate-Activated3-Subunit Gene Associated With Low Glycogen Content in Pig Skeletal Muscle and Improved Meat Quality / D. Ciobanu [et al.] // *Genetics*. – 2001. – № 159. – P. 1151-1162.
2. Hanks, S. K. The Eukaryotic Protein Kinase Superfamily: Kinase (Catalytic) Domain Structure and Classification / S. Hanks K., T. Hunter // *FASEB J.* – 1995. – Vol. 9. – P. 576-596.
3. Lundstrom, K. A. Effect of the RN gene on technological and sensory meat quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire / K. Lundstrom, A. Anderson, A. Hansson // *Meat Sci.* – 1996. – № 42. – P. 145153.
4. The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality

characteristics of pigs / D. N. Hamilton [et al.] // J. of. An. Sci. – 2000. – Vol. 78. – P. 2862-2867.

5. Fernandez, X. major gene affecting pork quality: the RN gene / X. Fernandez, G. Monin // A Meat Focus. – 1994. – P. 332.

6. Microstructure of porcine meat with the Rendement Napole gene / A.D. Alarcon-Rojo [et al.] // J. Anim. Sci Pap. And Rep. – 2007. – Vol. 25, № 4. – P. 259-267.

7. Technological meat quality and the frequency of the RN-gene in purebred Swedish Hampshire and Yorkshire pigs / A. C. Enfalt [et al.] // 40th IcoMST. – Hague, 1994. – P. 132-133.

8. Technological meat quality and the frequency of the RN-gene in purebred Swedish Hampshire and Yorkshire pigs / A. C. Enfalt [et al.] // 40th IcoMST. – Hague, 1994. – P. 28-29.

9. Effect of the RN genotype on growth and carcass traits in pigs. / P. LeRoy [et al.] // 47th EAAP. – Lillehammer, 1996. – P. 17-19.

10. Miller, K. D. The detection and characterization of pigs with differing glycolytic potential levels within United States Swine populations / K. D. Miller // Ph. D. Thesis / University of Illinois. – Illinois, 1998. – P. 231-232.

11. Rendement Napole gene effects and a comparison of glycolytic potential and DNA genotyping for classification of Rendement Napole status in Hampshire-sired pigs / S. J. Moeller [et al.] // J. Anim. Sci. – 2003. – Vol. 81. – P. 402-410.

12. Monin, G. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate postmortem period: The case of the Hampshire breed / G. Monin, P. Sellier // Meat Sci. – 1985. – № 13. – P. 49-63.

13. Sutton, D. S. The meat quality and processing characteristics of RN carrier and non-carrier pigs / D. S. Sutton // Ph. D. Thesis / University of Illinois. – Illinois, 1997. – P. 36-37.

14. Frequency of the Rendement Napole RN⁺ allele in a population of American Hampshire pigs / K. D. Miller [et al.] // J. Anim. Sci. – 2000. – Vol. 78. – P. 1811-1815.

15. Comparison of non-carrier and heterozygous and heterozygous carriers of the RN⁺ allele for carcass composition, muscle distribution and technological meat quality in Hampshire-sired pigs / A. C. Enfalt [et al.] // Livestock Prod. Sci. – 1997. – № 47. – P. 221.

16. Growth performance, carcass composition, quality and enhancement treatment of fresh pork identified through deoxyribonucleic acid marker-assisted selection for the Rendement Napole gene / C. C. Carr [et al.] // J. Anim. Sci. – 2006. – Vol. 84. – P. 910-917.

17. Andersson, L. Identification and characterization of AMPK gamma3 mutations in the pig / L. Andersson // Biochem Soc Trans. – 2003. – Vol. 31, № 1. – P. 232-235.

18. Методические рекомендации по применению ДНК-тестирования в животноводстве Беларуси. / И. П. Шейко и др. – Жодино, 2006. – 26 с.

19. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е. К. Меркурьева. – М. : Колос, 1970. – 423 с.

(поступила 1.03.2011 г.)