

теля является менее энергозатратным, и его использование экономически обосновано.

2. Процесс измельчения является наиболее рациональным при вращении роторов машины с постоянной угловой скоростью  $\omega = 15,1 \text{ с}^{-1}$ , в диапазоне установки мелющих зазоров: 1,0; 0,5; 0,25 мм и продолжительности взаимодействия рабочих органов измельчителя (пары валец-ротатор) с продуктами размола не более  $t \approx 0,2 \text{ с}$ . Оптимальное количество исходного зерна пшеницы во впадине валец-ротатор измельчителя составляет от 15 до 30 шт. (масса от 0,5 до 1 г) или порция продуктов размола в том же объеме.

#### Выводы

Предложенная теоретическая модель размола зернового материала на зубчато-роликовом измельчителе позволяет перейти от эмпирического подбора условий размола к теоретическому определению параметров размола исходя из физических характеристик исходного материала.

Сконструированный рабочий орган, учитывающий пути совершенствования размола зернового материала с учётом исследованной теории измельчения позволяет сократить количество размолотых за счёт увеличения контакта рабочих органов измельчителя с зерном и, следовательно, уменьшает энергоёмкость процесса измельчения в целом, повышает качество продуктов измельчения, учитывая оптимальное значение энергии  $E_{изм.}$  необходимой для разрыва молекулярных связей в зерновке. Также

стоит отметить, что разработанный зубчато-роликовый измельчитель позволяет производить размол зерновок в клиновидном зазоре пары валец-ротатор преимущественно по их толщине, бороздкой вверх либо вниз, что создаёт благоприятные условия для максимального их раскрытия и более интенсивного воздействия на них рабочих органов измельчителя, с целью максимального извлечения эндосперма.

#### Библиографический список

1. Schonert K. Advances in the physical fundamentals of comminution. In: Advances in mineral. – Processing, 1986. – Littleton. – P. 28.
2. Ходаков Г.С. Коллоидн. журн. – 1994. – Т. 56. – № 1. – С. 113.
3. Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 240 с.
4. Наймушин А.А. Инновационные разработки для АПК // Инженерное обеспечение инновационного развития с.-х. производства: сб. науч. тр. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. – Зерноград, 2013.
5. Наймушин А., Хозяев И.А. Состояние и перспектива развития сельскохозяйственного машиностроения: матер. 5-й Междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2012». – Ростов н/Д.
6. Куприц Я.Н. Физико-химические основы размола зерна. – 1946. – 40 с.
7. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 45 с.
8. Чеботарев О.Н., Шаззо А.Ю., Мартыненко Я.Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. – М.: ИКЦ «Март»; Ростов-н/Д, 2004.



УДК 636.2.034:547.963.2:/575.074.015.3+637.13

Г.М. Гончаренко,  
Т.С. Горячева,  
Н.М. Рудишина,  
Н.С. Медведева,  
Е.Г. Акулич

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЫРОПРИГОДНОСТИ МОЛОКА СИММЕНТАЛЬСКОЙ И КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОД С УЧЁТОМ ГЕНОТИПОВ ГЕНА k-КАЗЕИНА

**Ключевые слова:** генотип, k-казеин, свёртываемость молока, сыропригодность, молочная продуктивность, общий белок, симментальская порода, красная степная порода.

#### Введение

Молоко коров разных пород отличается не только физико-химическими свойствами, содержанием жира, белка, но и сыродельческими качествами, которые, как показы-

вают современные исследования, наследственно обусловлены. В качестве одного из генов, оказывающих влияние на содержание белка в молоке и пригодность к сыроделию, можно рассматривать ген k-казеина. Установлено, что его аллель В определяет наиболее короткое время коагуляции и затвердения, а также лучшую композицию сгустка при изготовлении твёрдых сыров. Кроме того, генотип ВВ этого локуса положительно связан с белкомолочностью [1, 2]. Полиморфизм гена k-казеина имеет существенные породные отличия. У большинства отечественных пород наблюдается низкая частота желательного генотипа ВВ [3-5]. По данным авторов, среди обследованных быков чёрно-пёстрой, бестужевской и симментальской пород в ФГУП «Башкирское» не выявлено ни одного животного с ВВ генотипом [6]. Гетерозиготных по аллелю В этого локуса выявлено от 25 до 60%. Наиболее благоприятное соотношение генотипов наблюдается у коров ярославской и красной горбатовской пород (26,6-31,0%) [7]. Кроме того, на выработку 1 кг сыра из молока коров с генотипом ВВ этого локуса требуется меньше молока, чем с АА и АВ генотипами [8, 9].

Эти исследования особенно актуальны для зон сыроделия, к которым относится Республика Алтай, где симментальская порода занимает 90% от всего молочного скота республики, а также красная степная, удельный вес которой в степной зоне Алтая достигает 28%.

Учитывая специфичность зон, как наиболее пригодных для производства сыра, селекционно-племенная работа с этими породами должна быть направлена не только на повышение уровня удоев, но и сыропригодных качеств молока.

**Цель работы** – экспериментально доказать приоритетность аллеля В и генотипов ВВ и АВ k-казеина при формировании белкомолочности и лучших сыропригодных качеств молока у животных симментальской и красной степной пород для создания племенного ядра с желательными признаками продуктивности.

#### Материал и методы исследований

Исследования проведены на 490 коровах симментальской породы в ООО «Оленевод» Шебалинского района Республики Алтай и 223 животных красной степной породы Немецкого национального района Алтайского края.

Выделение ДНК из крови исследуемых животных осуществляли по методике, разработанной в лаборатории «Медиген» (г. Новосибирск). Полиморфизм гена k-казеина анализировали согласно описанию

в методических рекомендациях [2]. Термостойчивость молока определяли по алкогольной пробе (ГОСТ 25228-82). Для определения сыропригодности молока использовали сычужную пробу (ГОСТ 9225-84).

Учитывали молочную продуктивность коров (удой, жирно-, белкомолочность) в зависимости от генотипа по локусу k-казеина. Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel по стандартным методикам.

#### Результаты исследований их обсуждение

Использование быков с высокой частотой желательных генотипов АВ и ВВ гена k-казеина отразилось на их встречаемости у коров стада ООО «Оленевод» (табл. 1).

В симментальской породе животных с генотипом ВВ гена k-казеина больше на 7,4%, чем в красной степной ( $p < 0,01$ ), соответственно, частота аллеля В у них выше на 0,071 ( $p < 0,5$ ). При этом генное равновесие в стадах не нарушено.

При изучении связи генотипов k-казеина с удоём, жиром, белком по нескольким лактациям в симментальской породе существенных различий по этим показателям не выявлено (табл. 2).

В то же время содержание белка в молоке коров с генотипом ВВ k-казеина было выше, чем с АА, на 0,07-0,18% ( $p < 0,001$ ). Коровы с гетерозиготным генотипом также имели превосходство над животными с генотипом АА по первой лактации на 0,05% ( $p < 0,01$ ), по второй и третьей – на 0,08% ( $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ ). По четвёртой лактации и старше превышение также составляет 0,05% ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, содержание белка с различными генотипами k-казеина снижается в ряду ВВ>АВ>АА, причём эта закономерность отмечена по всем лактациям включая четвёртую лактацию и старше.

Однако выявленная зависимость не подтвердилась в стаде коров красной степной породы (табл. 3). При анализе продуктивности красной степной породы с учётом генотипов k-казеина приоритетных генотипов по показателям удоя, жира, белка в молоке не установлено.

Одним из основных показателей пригодности молока для производства сыра является его способность свертываться под действием сычужного фермента с образованием нормального по плотности сгустка. Учитывая это, была проведена сравнительная оценка молока коров разных пород с учётом генотипов гена k-казеина (табл. 4, 5).

Сравнительная оценка молока коров стада с разными генотипами показала, что по объёму выделившейся сыворотки молоко практически не отличалось (0,90-0,92 мл).

Алкогольная проба свидетельствовала о хорошем качестве молока всех генотипов (77,7-78,5%). В то же время фаза коагуляции молока была несколько длиннее у коров с генотипом АА – 3,51 против 3,18 мин. животных с генотипом ВВ. Соответственно, удлинилась и общая продолжительность свёртывания молока коров с генотипом АА на 0,57 мин. в сравнении с генотипом ВВ.

Все показатели сыропригодности коров красной степной породы ниже, чем аналогичные у коров симментальской породы (табл. 5).

Так, фаза коагуляции молока этих коров длится от 3,76 (генотип ВВ) до 4,18 мин. (генотип АА), тогда как у коров симментальской породы она находится в пределах 3,18-3,51 мин.

Фаза гелеобразования и общая продолжительность свёртывания молока у симменталов почти в 2 раза короче, а объём выделившейся сыворотки в 2 раза больше, чем в красной степной породе. Молоко имеет более низкую термоустойчивость, алкогольная проба в красной степной породе колеблется в пределах 75,5-76,6%, тогда как у симменталов она составляет 77,7-78,5%. Однако следует отметить тенденцию улучшения сыропригодности молока в зависимости от наличия аллеля В. Ранжирован-

ный ряд фазы коагуляции, фазы гелеобразования и общей продолжительности свёртывания молока составляет АА>АВ>ВВ, а объём выделившейся сыворотки, наоборот, – АА<АВ<ВВ.

Сыры по типу «домашнего», приготовленные из молока коров симментальской породы с разными генотипами к-казеина, по консистенции и вкусовым качествам значительно отличались между собой. Так, из молока генотипа АА сыр получился мягкий, вязкий, кислый, с привкусом горечи. Сыр из генотипа АВ – более твёрдый, с сырным вкусом, хорошо резался ножом. Сыр из молока с генотипом ВВ – твёрдый, очень приятный на вкус, с хорошо выраженным рисунком и обладал более приятным ароматом. Дегустационная комиссия оценила сыр из молока коров с генотипом АА как плохой, а с генотипом ВВ – отличный. Сыр из генотипа АВ занимал промежуточное положение.

Выход готовой продукции (сыра) был на 11,1% больше от коров с ВВ генотипом. Расход молока на выработку 1 кг сыра, приготовленного в лабораторных условиях из генотипа ВВ, составил 9,04 кг, а из молока АВ – 9,1 кг соответственно, что меньше по сравнению с генотипом АА на 1,26 и 1,20 кг, или на 12,3-11,7%.

Таблица 1

Частота генотипов гена к-казеина симментальской и красной степной пород, %

Порода	n	Генотип			Аллель	$\chi^2$
		АА	АВ	ВВ		
Симментальская	491	34,2±2,1	48,1±2,3	17,7±1,7	A=0,582±0,016 B=0,418±0,016	0,038
Красная степная	223	40,8±3,3	48,9±3,4	10,3±2,0	A=0,653±0,023 B=0,347±0,023	1,352

Таблица 2

Влияние гена к-казеина на молочную продуктивность коров симментальской породы

Генотип	n	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг
1-я лактация						
АА	158	2833±60,1	4,07±0,012	115,2±2,43	3,16±0,015	89,5±2,77
АВ	210	2853±44,5	4,09±0,011	116,4±1,83	3,21±0,008	100,9±1,24
ВВ	76	2745±77,8	4,09±0,017	112,5±3,11	3,26±0,012	89,5±3,16
2-я лактация						
АА	112	2986±64,9	4,11±0,010	122,6±2,61	3,10±0,027	92,6±4,06
АВ	127	2932±53,3	4,11±0,010	120,5±2,17	3,18±0,014	93,2±2,29
ВВ	44	3004±93,6	4,12±0,015	123,4±3,72	3,28±0,023	98,5±9,09
3-я лактация						
АА	90	3324±80,6	4,10±0,011	136,1±3,24	3,15±0,015	104,7±2,91
АВ	97	3248±64,2	4,09±0,011	132,9±2,58	3,23±0,011	104,9±2,76
ВВ	37	3340±102,2	4,12±0,018	137,3±4,15	3,23±0,013	107,8±3,17
4-я лактация и более						
АА	53	3755±69,8	4,08±0,014	154,1±2,75	3,16±0,016	118,6±2,19
АВ	66	3697±56,9	4,08±0,014	150,7±2,26	3,21±0,008	118,6±1,85
ВВ	20	3596±118,4	4,09±0,023	146,7±4,64	3,23±0,016	116,2±3,92

Таблица 3

**ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Влияние гена k-казеина на молочную продуктивность коров красной степной породы*

Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Жир, кг	Белок, %	Мол. белок, кг
Продуктивность за 305 дн. (последняя законченная лактация)						
AA	65	3674±89,3	4,23±0,014	155,4±3,77	3,03±0,009	111,2±2,62
AB	88	3698±89,8	4,23±0,014	156,3±3,91	3,04±0,009	112,5±2,76
BB	20	3659±130,2	4,21±0,024	154,4±5,83	3,04±0,011	111,4±4,12
Продуктивность за 305 дн. макс. лакт.						
AA	65	4388±96,2	4,34±0,028	190,4±4,17	3,04±0,017	133,3±3,58
AB	88	4409±108,3	4,35±0,023	191,3±4,50	3,03±0,012	133,6±3,87
BB	20	4622±218,7	4,41±0,061	203,1±8,74	3,03±0,023	143,9±7,74
Продуктивность за 305 дн., средняя						
AA	65	3792±69,2	4,32±0,015	163,8±2,93	3,01±0,006	114,2±2,12
AB	88	3770±68,5	4,33±0,011	163,4±2,97	3,01±0,005	113,3±2,09
BB	20	3848±120,9	4,38±0,022	168,8±5,38	3,01±0,012	115,9±3,80

Таблица 4

*Характеристика сыропригодности молока коров симментальской породы с различными генотипами гена k-казеина*

Показатель	Генотип		
	AA (n=95)	AB (n=143)	BB (n=55)
Фаза коагуляции, мин.	3,51±0,09	3,27±0,07	3,18±0,16
Фаза гелеобразования, мин.	3,33±0,16	2,97±0,12	3,09±0,16
Общая продолжительность свертывания молока, мин.	6,84±0,21	6,24±0,16	6,27±0,21
Объем выделившейся сыворотки, мл	0,92±0,03	0,90±0,02	0,91±0,03
Алкогольная проба, %	77,7±0,42	78,5±0,27	78,5±0,42

Таблица 5

*Характеристика пригодности молока коров красной степной породы с различными генотипами гена k-казеина*

Показатель	Генотип		
	AA (n=65)	AB (n=88)	BB (n=20)
Фаза коагуляции, мин.	4,18±0,151	3,96±0,120	3,76±0,197
Фаза гелеобразования, мин.	7,46±0,397	7,36±0,314	6,32±0,502
Общая продолжительность свертывания молока, мин.	11,64±0,391	11,32±0,323	10,08±0,528
Объем выделившейся сыворотки, мл	0,66±0,037	0,56±0,028	0,54±0,051
Алкогольная проба, %	76,4±0,51	76,6±0,45	75,5±0,719

Таблица 6

*Экономическая эффективность производства сыра из молока коров разных генотипов*

Показатель	Генотип		
	AA (контроль)	AB	BB
Удой за год, при пересчёте на жирность 3,8%, кг	3233	3195	3196
Цена 1 кг молока, руб.	14,36	14,36	14,36
Расход молока на производство 1 кг сыра, кг	10,30	9,10	9,04
Стоимость молока, израсходованного на производство 1 кг сыра, руб.	147,90	130,67	129,80
В сравнении с контролем	-	+17,23	+18,10
Получено сыра, кг	313,8	351,0	353,5
В сравнении с контролем	-	+37,2	+39,7
Получено дополнительной продукции (сыра) при средней стоимости 200 руб. за 1 кг, руб.	-	7440	7940

Расчёт экономической эффективности производства сыра от коров с разными генотипами представлен в таблице 6.

Произведенные расчеты показывают, что от коров с генотипом АВ получено больше сыра на 37,2 кг, а с генотипом ВВ – на 39,7 кг на 1 гол. в год в сравнении с генотипом АА, что при стоимости 200 руб. за 1 кг сыра составляет 7440 и 7940 руб. соответственно.

#### Выводы

1. Установлена частота генотипов гена к-казеина в стаде коров симментальской породы ООО «Оленевод»: АА – 34,2; АВ – 48,1; ВВ – 17,7%. Частота аллеля А – 0,582, частота аллеля В – 0,418. В стаде красной степной породе племзавода «Степное»: АА – 40,8; АВ – 48,9; ВВ – 10,4%, частота аллеля А – 0,653; В – 0,347.

2. В молоке коров симментальской породы с генотипом ВВ содержание белка во всех учтённых лактациях на 0,1-0,18% выше в сравнении с другими генотипами гена к-казеина ( $p < 0,001$ ). Коровы с гетерозиготным генотипом также имели превосходство над животными с АА генотипом на 0,05-0,08% ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ). В красной степной породе существенных различий в молочной продуктивности не выявлено.

3. Все показатели сыропригодности молока коров красной степной породы ниже, чем аналогичные у коров симментальской породы. Сыропригодность молока улучшается в зависимости от наличия аллеля В. Ранжированный ряд фазы коагуляции, фазы гелеобразования и общей продолжительности свёртывания молока составляет АА>АВ>ВВ, а объём выделившейся сыворотки, наоборот, – АА<АВ<ВВ.

4. Установлено, что лучшими вкусовыми качествами и сыропригодными свойствами обладает молоко коров симментальской породы с генотипами ВВ и АВ. Расход молока на выработку 1 кг сыра составляет 9,04 и 9,1 кг соответственно, что ниже, чем с генотипом АА, на 1,26 и 1,20 кг, или на 12,3 и 11,7%. Это обеспечивает дополнительно получаемую продукцию (сыр) в сравнении с генотипом АА на 7440 руб.

(генотип АВ) и 7940 руб. (генотип ВВ) на 1 корову в год при стоимости 1 кг сыра 200 руб.

#### Библиографический список

1. Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А. Биологические проблемы животноводства в XXI веке. – М.: РАСХН, 2008. – 508 с.
2. Калашникова Л.А., Дунин И.М., Глазко В.И., Рыжова Н.В., Голубина Е.П. ДНК-технологии оценки сельскохозяйственных животных. – Лесные Поляны: Изд-во ВНИИплем, 1999. – 148 с.
3. Горячева Т.С., Гончаренко Г.М. Генетические варианты к-казеина и пролактина в связи с молочной продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 4. – С. 51-54.
4. Павлова И.Ю., Калашникова Л.А., Ялуга В.Л., Рухлова Т.А. Полиморфизм быкопроизводящих коров холмогорской породы по генам молочных белков // Зоотехния. – 2011. – № 6. – С. 6-7.
5. Ефимова Л.В. Применение методов ДНК-технологии при оценке быков-производителей красно-пестрой породы по потомству // Зоотехния. – 2011. – № 1. – С. 7-8.
6. Исламова С. Г. Селекция крупного рогатого скота различных генотипов по молекулярно-генетическим иммунобиологическим показателям: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Уфа, 2004. – 39 с.
7. Костюнина О.В. Молекулярная диагностика генетического полиморфизма основных молочных белков и их связь с технологическими свойствами молока: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Дубровицы: ВИЖ, 2004. – 22 с.
8. Денисенко Е.А. Молочная продуктивность и технологические свойства молока коров чёрно-пёстрой породы с различными генотипами каппа-казеина в зоне Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Лесные Поляны, 2004. – 22 с.
9. Ахметов Т.М. Использование методов маркёр-вспомогательной селекции в молочном скотоводстве: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Казань, 2009. – 50 с.

