

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЛОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРА

Н.Н. Хорошкина, Л.А. Гордеева, Е.Н. Воронина

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (Институт экологии человека СО РАН), Кемерово, Россия

Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия

Аннотация

Изучение полиморфизма генов молочных белков крупного рогатого скота позволяет объективно оценить генетический потенциал стада сельскохозяйственных животных, связанный с продуктивностью молока. Внедрение методов ДНК-диагностики в практику сыродельных предприятий может существенно улучшить качество продукта.

Ключевые слова: казеин, фракции белка, сыропригодность, полиморфизм гена.

Сыр – сбалансированный молочный продукт, пользующийся высоким спросом у населения. Проблема оценки качества сыра весьма актуальна в связи с концепцией правительства по продовольственной безопасности и импортозамещению.

В производстве сыров высокие требования предъявляются к качеству молока-сырья и его технологическим свойствам (сыропригодности, скорости сычужной коагуляции белка, термоустойчивости). Отечественные и зарубежные исследования показали, что технологические свойства молока тесно связаны с генотипом животного [1]. Сегодня оценить качество молока-сырья, используемого в сыроделии, можно не только с помощью традиционных физико-химических методов, но и с помощью современных методов ДНК-диагностики.

Анализ литературы показал, что ДНК-маркерами, коррелирующими с продуктивностью и сыропригодностью коровьего молока, являются гены молочных белков. Особое внимание уделяется полиморфным локусам в кластере генов белка казеина (*CSN*), кодирующих его протеиновые фракции, доля которого среди белков коровьего молока составляет ~ 80% [2].

Как выяснилось, у коров ген *CSN2* отвечает за образование протеиновой фракции β -казеина в молоке. Обнаружено, что вариабельность генетических локусов *CSN2A* (rs43703011, с.245С>А) и *CSN2B* (rs43703013, с.411С>G) связана с разной по времени продолжительностью свертывания молока и его сыропригодными свойствами (термоустойчивость, показатели белка, жира) [3]. Образование протеиновой фракции κ -казеина в коровьем молоке контролируется геном *CSN3*. Обнаружено, что полиморфный локус *CSN3B* (rs450402006, с.467С>Т) влияет на технологические свойства молока и является благоприятным для сыроделия. Как выяснилось, независимо от породы коров вариант В(Т) ассоциирован с более быстрым по времени процессом свертывания молока под действием сычужного фермента, плотностью сгустка, содержанием белка и лучшим вкусом молочных продуктов [3].

Целью настоящей работы стало выявление благоприятных для сыроделия маркеров в генах *CSN2* (rs43703011, rs43703013) и *CSN3* (rs450402006) в образцах сыра из коровьего молока-сырья.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования послужили образцы сортов сыра: «Российский» и «Витязь» (АО «Барнаульский молочный комбинат»); «Сливочный люкс» (ООО «Агромилк»); «Маасдам» (ЗАО «СК Ленинградский»); «Мастер сливочный»

(ООО «Троицкиймаслосырордел»); Пармезан тз «DOLCEGRANTO» (ООО «Невские сыры»); «Король сыров» (ООО «Первая Линия»); «Сваля» (ООО «ПиР-ПАК»)) из торговых сетей: «Лента», «Магнит», «Мария-Ра», «Калина-Малина», «Фермер-центр» и «Ярче».

Определение массовой доли общего белка в образцах сыра определяли методом сжигания по Дюма с регистрацией азота по теплопроводности на анализаторе «rapid N cube», фирма-производителя «Elementar Analysensysteme GmbH», Германия. Масса навески для каждого образца сыра составила 500 мг.

Выделение ДНК осуществляли с помощью коммерческой тест-системы «Сорб-ГМО-А» («Синтол», Россия) в соответствии с рекомендациями производителя.

Типирование генетических локусов *CSN2A* (rs43703011, с.245С>А), *CSN2B* (rs43703013, с.411С>G) и *CSN3B* (rs450402006, с.467С>Т) *Bos taurus* проводили методом аллель-специфичной TaqMan ПЦР в режиме реального времени. Амплификацию проводили с помощью термоциклера CFX-96 (Bio-Rad, США).

Результаты исследования. Провели органолептическую оценку (вкус и запах, консистенция) качества образцов готового сыра, а также их маркировку в соответствии с требованиями ГОСТ Р 33630–2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей», ГОСТ 32260–2013 «Сыры полутвердые. Технические условия». Все изучаемые образцы сыра соответствовали требованиям нормативной документации и не имели отклонений в оценке качества органолептических показателей.

Далее оценили массовую долю общего белка в изучаемых образцах сыра. Обнаружили, что массовая доля общего белка во всех образцах сыра имела более высокие значения по сравнению с показателями, заявленными производителем и ГОСТР 54662–2011, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание массовой доли белка в изучаемых образцах сыра

Наименование образцов	Заявленное производителем, г	Нормативное значение белка (ГОСТ Р 54662-2011), %	Фактические значения, %
1. «Российский»	24,5	23-28	29,2
2. «Витязь»	23,4	23-28	31,0
3. «Сливочный люкс»	24,6	23-28	31,2
4. «Маасдам»	26,0	25-33	34,6
5. «Мастер сливочный»	23,0	23-28	31,1
6. Пармезан тз «DOLCEGRANTO»	36,3	25-33	36,7
7. «Король сыров»	29,0	23-28	29,4
8. «Сваля»	25,0	23-28	34,1

На следующем этапе провели молекулярно-генетическую оценку благоприятных для сыроделия маркеров в генах *CSN2* и *CSN3* в изучаемых образцах сыра, представлены в таблице 2. Результаты генотипирования показали, что наилучшие генетические характеристики имел образец сыра №3 «Сливочный люкс» («Агромилк») (благоприятные для сыроделия варианты rs43703011 [A2] и rs43703013 [G] *CSN2* и rs450402006 [B] *CSN3*). По данным литературы, наличие хотя бы одного благоприятного для сыроделия

варианта в генотипах *CSN2/CSN3* у коров существенно повышает сычужную свертываемость молока [3]. Наихудшие генетические маркеры имели образцы сыра «Витязь» (Барнаульский молочный комбинат), «Король сыров» (ООО «Первая линия») и Пармезан тз «DOLCEGRANTO» (ООО «Невские сыры»).

Таблица 2

Сопоставление генетического потенциала и физико-химических показателей качества

Наименование образцов	Ген/полиморфизм <i>Bos taurus</i>		
	<i>CSN2</i> rs43703011	<i>CSN2</i> rs43703013	<i>CSN3</i> rs450402006
1. «Российский»	A1/A2	C/G	A/A
2. «Витязь»	A1/A2	C/C	A/A
3. «Сливочный люкс»	A1/A2	C/G	A/B
4. «Маасдам»	A1/A1	C/C	A/A
5. «Мастер сливочный»	A1/A2	C/G	A/A
6. Пармезан тз «DOLCEGRANTO»	A1/A1	C/C	A/A
7. «Король сыров»	A1/A1	C/C	A/A
8. «Сваля»	A1/A2	C/C	A/A

Наше исследование показало, что образцы сыра, содержащие благоприятные для сыроделия варианты генов *CSN2/CSN3* коров, имели более низкие показатели фактического белка, чем образцы сыра с менее благоприятными вариантами. Возможным объяснением может быть использование производителями молочно-белковых концентратов для увеличения концентрации белковых веществ и температурных свойств в производстве сыра.

В заключение, определение благоприятных для сыроделия маркеров в генах *CSN2/CSN3* в молоке-сырье может обеспечить получение качественной продукции в технологическом цикле изготовления сыра. Внедрение методов ДНК-диагностики в практику сыродельных предприятий может существенно улучшить качество продукта.

Список литературы

1. Гудзь, В.П. Соматические клетки и их влияние на качество и технологические свойства молока (обзор) / В.П. Гудзь, В.Н. Белявский // Экология и животный мир. 2019. № 1. С. 49-53.
2. Кручинин, А.Г. Влияние фракционного состава казеина на технологические свойства сырого молока / А.Г. Кручинин, А.В. Бигаева, Х.Х. Гильманов // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1, № 1. С. 292-297.
3. Влияние полиморфизмов вариантов гена *CSN3* на технологические свойства молока / А.В. Бигаева, А.Г. Кручинин, И.А. Радаева и др. // Молочная промышленность. 2020. № 4. С. 54-55.

PROSPECTS FOR THE USE OF ENDOGENOUS MICROORGANISMS FROM NATURAL SOURCES AS PRODUCERS OF BIOPESTICIDES

N.N. Khoroshkina, L.A. Gordeeva, E.N. Voronina

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS (Institute of Human Ecology SB RAS),
Kemerovo, Russia

Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract

The study of polymorphism of genes of dairy proteins of cattle allows us to objectively assess the genetic potential of a herd of farm animals associated with milk productivity. The introduction of DNA diagnostic methods into the practice of cheese-making enterprises can significantly improve the quality of the product.

Keywords: casein, protein fractions, cheese suitability, gene polymorphism.

References

1. Gudz, V.P. Somatic cells and their influence on the quality and technological properties of milk (review) / V.P. Gudz, V.N. Belyavsky // *Ecology and wildlife*. 2019. No. 1. pp. 49-53.
2. Kruchinin, A.G. The influence of the fractional composition of casein on the technological properties of raw milk / A.G. Kruchinin, A.V. Bigaeva, H.H. Gilmanov // *Topical issues of the dairy industry, intersectoral technologies and quality management systems*. 2020. Vol. 1, No. 1. pp. 292-297.
3. The influence of polymorphic variants of the *CSN3* gene on the technological properties of milk / A.V. Bugaeva, A.G. Kruchinin, I.A. Radaeva et al. // *Dairy industry*. 2020. No. 4. pp. 54-55.