

Оценка рисков снижения выхода сыра в зависимости от сыропригодных свойств молока*

Галина Михайловна Свириденко, д-р техн. наук

E-mail: sg_microbiology@mail.ru

Марина Борисовна Захарова, канд. техн. наук, научный сотрудник

E-mail: m.zakharova@fncps.ru

Денис Станиславович Мамыкин, канд. техн. наук, научный сотрудник

E-mail: d.mamykin@fncps.ru

Дмитрий Вячеславович Остроухов, научный сотрудник

E-mail: d.ostroukhov@fncps.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Углич

Экономическая эффективность сыроделия в значительной степени определяется сыропригодными свойствами молока, которые зависят в том числе от содержания и соотношения белковых фракций – казеинов и сывороточных белков. Однако количественные критерии оценки сыропригодности, позволяющие прогнозировать выход сыра, в доступной литературе отсутствуют. Целью работы являлось установление количественных зависимостей между содержанием казеинов и сывороточных белков в коровьем сыром молоке и выходом сыров, а также определение пороговых значений белковых фракций для оценки сыропригодности. В исследовании проанализировано 100 образцов молока, использованных для выработки сыров в экспериментальном цехе. Исследования состава белков коровьего молока, использованного для производства полутвердых сыров, показывают сильную положительную корреляцию между содержанием казеинов в молоке и выходом сыра. Установлена сильная отрицательная корреляция выхода сыра с массовой долей сывороточных белков ($r = -0,884$) и их долей в общем белке ($r = -0,932$). При увеличении доли казеинов с 77,1 до 84,5 % выход сыра возрастает с 9,7 до 11,6 % (разница 1,9 % значима для экономики производства). Полученные результаты дают возможность сделать заключение о том, что в молоке для сыроделия доля казеинов от общего количества белка не должна быть ниже 80 % при исходном содержании белка не ниже 3,0 %.

Ключевые слова: молоко, сыропригодность, общий белок молока, казеин, сыр, эффективность сыроделия

Для цитирования: Оценка рисков снижения выхода сыра в зависимости от сыропригодных свойств молока / Г. М. Свириденко, М. Б. Захарова, Д. С. Мамыкин, Д. В. Остроухов // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 3. С. 28–35. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-3-68>

Введение

Экономическая эффективность работы молокоперерабатывающих предприятий в существенной степени определяется качеством сырьевых компонентов, их соответствием требованиям для выпуска той или иной продукции, обеспечивающим максимальный выход продукта с каждой единицы сырья. Одним из основополагающих факторов, от которого зависит сыропригодность молока и выход сыров разных видовых групп, является содержание белков, в частности казеинов, в молоке.

Рядом исследователей установлена зависимость способности молока к коагуляции от состава белковых фракций [1–4]. Показано, что образцы молока с хорошей и плохой способностью к коагуляции имели статистически значимые различия ($p < 0,05$) по содержанию общего белка и процентному содержанию казеина к общему белку [2].

Казеины являются основным белком коровьего молока и составляют около 78–85 % от общего количества белков в молоке [5]. При оценке влияния казеинов на сыропригодные свойства молока необходимо учитывать, что они неоднородны и состоят из нескольких фракций. Наиболее важными являются $\alpha s1$ -, $\alpha s2$ -, β - и κ -казеины, составляющие соответственно 40; 12,5; 35 и 12,5 % фракции казеинов [6]. Казеины кодируются четырьмя родственными генами: *CSN1S1*, *CSN1S2*, *CSN2* и *CSN3* [6, 7]. Аллельный полиморфизм генов, кодирующих казеины молока, обуславливает их разнообразие и оказывает влияние на продуктивность коров и качество молока [6, 7].

Самая крупная фракция казеинов коровьего молока – α -казеин – включает в себя фосфопротеины, способные осаждаться при

*Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS–2024–0008 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

низких концентрациях кальция. В его составе выделяют α s1- и α s2-фракции:

- α s1-казеин – основная фракция казеина с молекулярной массой 23,6 кДа, содержащая 199 аминокислотных остатка (а. о.) [6]; встречается в четырех модификациях (А, В, С и D). α s1-казеины могут стабилизировать белковые молекулы молока, в частности β -казеин и сывороточные белки, предотвращая их денатурацию и выпадение в осадок [6, 8].
- α s2-казеины имеют молекулярную массу 25,2–25,4 кДа и содержат 207 а. о. [6]. Этот белок самый гидрофильный и имеет 10–13 остатков серинфосфата [6, 9].
- β -казеин (24 кДа, 209 а. о.) является наиболее гидрофобным из всех казеинов: гидрофобная часть молекулы β -казеина находится внутри мицеллы, а гидрофильная (с центром фосфорилирования) – снаружи [6]. Он встречается в пяти генетических вариантах: А (включая А1, А2, А3), В, С, D и Е [6, 8].

Отдельного внимания заслуживает κ -казеин (19 кДа, 169 а. о., в т. ч. два остатка цистеина), который принципиально отличается от α - и β -форм, являясь гликопротеидом, содержащим около 5 % углеводов. κ -казеин несет одну фосфатную группу, связанную с серином [6]. κ -казеин играет ключевую роль в производстве сыра, влияя на выход и характеристики сгустка, а его генетический полиморфизм может оказать существенное влияние на технологический процесс. В настоящее время выявлено 14 полиморфных вариантов гена CSN3. Наиболее распространены три его полиморфных генотипа AA, AB и BB, образованные комбинацией аллелей А и В [7]. Аллель В ассоциирован с более высоким содержанием белка в молоке, большим выходом творога и сыра, а также лучшими коагуляционными свойствами [10].

Четыре фракции казеина (α _{s1}-CN, α _{s2}-CN, β -CN, κ -CN) образуют глобулярную структуру, известную как казеиновая мицелла, которая в свою очередь имеет субмицеллярное строение [6]. Мицелла стабилизируется κ -казеином, который преимущественно находится на внешней стороне мицелл [6, 8]. Известно, что отношение κ -казеина к другим компонентам казеина выше в маленьких мицеллах и ниже в больших мицеллах [6].

По литературным данным, размер мицелл влияет на процессы свертывания молока и характер получаемого геля [11]. Продолжительность

свертывания молока уменьшалась с увеличением среднего размера мицеллы. Вероятными причинами ускорения процесса свертывания называются повышенное содержание коллоидного фосфата кальция и пониженная степень гидратации в крупных мицеллах. С другой стороны, мелкие мицеллы способны образовывать гель, который уплотняется быстрее и имеет более высокую плотность, чем гель из крупных мицелл [11].

Анализ влияния состава фракций казеина на процессы выработки сыров показывает, что фракции казеина играют важную роль на различных фазах процесса коагуляции. Отмечено влияние на такие параметры свертывания, как:

- продолжительность временного отрезка от момента внесения фермента до начала гелеобразования (RST, мин);
- продолжительность набора гелем твердости (k_{20} , мин);
- твердость геля через 30 мин после внесения фермента (a_{30} , мм).

В научной литературе приводятся сведения о статистически значимой линейной зависимости вышеуказанных параметров от содержания фракции α _{s1}-CN и α _{s2}-CN; слабой зависимости продолжительности набора гелем твердости от β -CN фракции; зависимости k_{20} и a_{30} от κ -CN фракции казеина [3, 4, 12]. В исследовании [3] показано, что эта роль зависит как от абсолютного количества белка, так и от относительной доли каждой фракции. При этом время коагуляции сокращалось с ростом доли фракций α _{s1}-CN и κ -CN и оказалось не зависимо от роста β -CN фракции [3]. Фракция κ -CN является единственной фракцией, концентрация которой в молоке оказывает математически значимое положительное влияние на мгновенные константы скорости, как уплотнения, так и синерезиса сгустка [3].

κ -казеин существует в ряде гликозилированных состояний: κ -казеин А отличается от κ -CN В тем, что аминокислота треонин заменяет аминокислоту изолейцин в положении 136 [13]. Этот дополнительный остаток треонина может быть потенциальным источником дифференциального гликозилирования между двумя вариантами κ -казеина. Молоко от коров с генотипом κ -CN BB характеризуется меньшей продолжительностью сычужной коагуляции, образованием более плотного геля с получением большего выхода сыра по сравнению с молоком, полученным от коров с κ -CN AA генотипом [14]. Этот



Источник: iazdorbeniye.mosreg.ru

эффект связан с размерами мицелл казеина молока у коров, несущих различные генетические варианты κ -CN. Молоко, полученное от коров, несущих генотип κ -CN AA, имеет увеличенную долю крупных мицелл. Меньший размер и более однородное распределение мицелл в молоке κ -CN BB генотипа позволяет формировать более твердый гель в процессе производства сыра и, как следствие, сохраняет большую долю сухих веществ, что приводит к увеличению выхода сыра [15].

Поскольку технологические свойства молока во многом определяются распространенностью тех или иных аллелей κ -казеина в популяции, закономерно, что разные породы крупного рогатого скота, селекционированные в разных регионах, демонстрируют существенные различия по способности молока к коагуляции [16]. Так, молоко пород, происходящих из Центральной и Южной Европы, как правило, более ценно с точки зрения сыроделия, т. е. демонстрирует большую скорость коагуляции и более высокую твердость геля, чем молоко пород, происходящих из Центральной и Северной Европы, в частности, пород голштино-фризской и скандинавской красной [16].

Для некоторых пород крупного рогатого скота, таких как черно-пестрая, голштинская, характерна распространенность аллелей казеинов (например, κ -казеина A), связанных с более медленным образованием сгустка и формированием менее плотной структуры, что приводит к увеличению потерь перехода белка в сыворотку [17, 18]. Такие породы коров, как джерсейская, симментальская и айрширская, отличаются высоким технологическим потенциалом молока для сыроделия – повышенным содержанием белка. Содержание белка в молоке этих пород может достигать: у джерсейской – 3,8–4,0 %; симментальской – 3,2–3,4 %; айрширской – 3,4–3,5 % [18].

В скрининговом исследовании [19] у 53 датских голштино-фризских молочных коров было отмечено, что 4 % популяции постоянно производили некоагулирующееся молоко (NC). Молоко NC характеризовалось более крупными мицеллами казеина и низким содержанием κ -CN относительно общего казеинового азота. Вариант κ -CN AA, связанный с более низким содержанием κ -CN, является фактором риска для молока NC.

Таким образом, приведенные литературные данные показывают влияние состава казеинов, в том числе общего содержания фракций κ -CN и α_{s1} -CN на сыропригодные свойства молока, обеспечивающие процессы коагуляции. Однако в настоящее время подобные исследования не воспроизводимы в условиях производственных лабораторий для быстрой оценки качества молока-сырья на предмет сыропригодности. При приемке молока требуются экспресс методы и показатели, характеризующие приемлемое содержание казеина в поступающем молоке. При этом в доступных источниках отсутствуют количественные критерии, позволяющие прогнозировать сыропригодные свойства конкретных партий сырого коровьего молока, что делает необходимым комплексное исследование, направленное на выявление количественных зависимостей между содержанием белковых фракций и показателем экономической эффективности сыроделия.

Цель исследования заключалась в установлении количественных зависимостей между содержанием казеинов и сывороточных белков в коровьем сыром молоке и выходом сыров, а также определении пороговых значений их содержания для оценки сыропригодности молока.

Объекты и методы исследования

Поиск научной литературы по изучаемой проблеме осуществлялся в следующих информационных базах данных: PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, eLIBRARY.RU, в научной электронной библиотеке «КиберЛенинка».

При выполнении экспериментальных исследований объектами являлись:

- молоко коровье сырое;
- молочная смесь для выработки сыров;
- сыры полутвердые после прессования.

Исследования по влиянию содержания белковых фракций на параметры технологического процесса изготовления сыра для оценки сыропригодных свойств молока выполнены на основании выработок сыров, проводимых в экспериментальном цехе ВНИИМС из сырого коровьего молока, поставляемого ООО «АгриВолга» (Ярославская область, Угличский район).

Для исследования влияния доли казеиновой фракции в составе общей азотистой фракции молока проанализировано 100 образцов молока, пошедшего на выработку полутвердых сыров. В молоке коровьем сыром исследовали показатели безопасности и качества в соответствии с требованиями нормативно-технических документов: количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАНМ) – ГОСТ 32901–2014; количество соматических клеток – ГОСТ 23453–2014; наличие или отсутствие ингибирующих веществ – ГОСТ 23454–2016; наличие или отсутствие антибиотиков – ГОСТ Р 59507–2021; титруемая кислотность – ГОСТ Р 54669–2011; плотность – ГОСТ Р 54758–2011; массовая доля общего белка – ГОСТ 23327–98; массовая доля жира – ГОСТ 5867–2023; массовая доля сухих обезжиренных веществ (СОМО) – ГОСТ Р 54761–2011.

В нормализованной пастеризованной молочной смеси для выработки сыров исследовали следующие показатели: массовая доля общего белка – по ГОСТ 23327–98; массовая

доля сывороточных белков – по ГОСТ 34536–2019; массовая доля казеина – расчетным методом по разнице между массовыми долями общего белка и сывороточных белков.

Оценку выхода сыра из полученной нормализованной смеси проводили расчетным путем на основе масс исходного сырья и сыров после прессования.

Сформированный массив экспериментальных данных обработан методами статистического анализа для выявления корреляционных зависимостей. Корреляционный анализ взаимосвязи между соотношением белковых фракций и выходом сыра проводился по данным 100 выработок. Для каждого показателя использовались средние значения, полученные из трех аналитических повторностей.

Результаты и их обсуждение

В выработках сыров, проводимых в экспериментальном цехе ВНИИМС и отобранных для исследования по влиянию белковых фракций на выход сыра для оценки сыропригодных свойств молока, использовано сырье, по показателям безопасности и качества полностью соответствующее требованиям ТР ТС 033/2013 к молоку сырому коровьему (табл. 1).

Однако безопасность сырья еще не гарантирует максимальные показатели выхода сыра, что

Таблица 1. Результаты исследований показателей безопасности и качества молока коровьего сырого, использованного в выработках сыров

Показатель	Результат	Норма по ТР ТС 033/2013
Общие критерии безопасности		
КМАФАНМ, КОЕ/см ³	$(5,6 \pm 9,8) \times 10^4$	не более $5,0 \times 10^5$
Количество соматических клеток, тыс. кл./см ³	310 ± 70	не более 500
Антибиотики, наличие / отсутствие	отсутствуют	отсутствуют
Ингибирующие вещества, наличие / отсутствие	отсутствуют	не нормировано
Физико-химические показатели		
Массовая доля жира, %	$4,51 \pm 0,31$	не менее 2,8
Массовая доля белка, %	$3,25 \pm 0,11$	не менее 2,8
Массовая доля СОМО, %	$8,87 \pm 0,21$	не менее 8,2
Плотность, кг/м ³	$1029,2 \pm 0,6$	не менее 1027
Титруемая кислотность, °Т	$16,5 \pm 0,5$	16–21

Примечание: результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n = 100).

в значительной мере определяется составом белкового комплекса, в первую очередь соотношением казеиновых и сывороточных фракций. Для выявления подобных закономерностей проведен детальный анализ белкового состава молочной смеси по 100 выработкам. Для наглядного представления характерных сочетаний признаков (белкового состава молочной смеси и выхода сыра) в таблице 2 даны 10 примеров, отобранных методом равномерного покрытия всего наблюдаемого диапазона значений (от минимального до максимального значения). При этом таблица 2 выполняет иллюстративную функцию, а все численные значения коэффициентов корреляции и уровней значимости, обсуждаемые в тексте, рассчитаны на генеральной совокупности ($n = 100$).

Проведенный статистический анализ с использованием теста Тьюки выявил значимые различия между выработками по ключевым показателям белкового состава молочной смеси и эффективностью процесса производства сыра. Белковый состав демонстрирует четкое разделение по группам. По массовой доле общего белка выделяется выработка 4, образующая отдельную группу. Выработки 1–3, 6, 9 и 10 составляют группу с минимальными значениями общего белка, в то время как остальные образцы занимают промежуточное положение. Для массовой доли казеинов преиму-

щественно наблюдается аналогичная картина, так, выработка 4 значительно превосходит выработки 1–3, тогда как выработки 5–10 образуют переходную группу.

Установленные статистически значимые различия в белковом составе закономерно предполагают наличие взаимосвязей между исследуемыми параметрами. Для оценки силы и направленности взаимосвязей проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в матрице корреляций (рис. 1).

На основании проведенного корреляционного анализа установлены статистически значимые взаимосвязи между показателями белкового состава молочной смеси и выходом готовой продукции. Обнаружена очень сильная отрицательная корреляция выхода сыра с соотношением сывороточных белков к общему белку ($r = -0,932$) и с массовой долей сывороточных белков ($r = -0,884$). Отмеченная закономерность указывает на то, что повышенное содержание сывороточных белков негативно влияет на показатель сыропригодности молочного сырья, что следует оценивать с нескольких позиций. Сывороточные белки при разрезке сгустка и последующей обработке сырного зерна переходят в сыворотку и не участвуют в формировании сырного сгустка, снижая тем самым выход сыра. Повышенное количество сывороточных

Таблица 2. Показатели белкового состава молочной смеси и выход сыра

Номер выработки	Массовая доля в молочной смеси			Отношение		Выход сыра после прессования по отношению к смеси, %
	общего белка, %	сывороточных белков, %	казеинов, %	казеинов к общему белку, %	сывороточных белков к общему, %	
1	3,19 ± 0,09 ^a	0,58 ± 0,03 ^a	2,46 ± 0,07 ^{bc}	77,20 ± 0,78 ^a	18,48 ± 0,21 ^a	9,86 ± 0,10 ^a
2	3,19 ± 0,07 ^a	0,58 ± 0,03 ^a	2,46 ± 0,07 ^c	77,10 ± 0,76 ^a	18,48 ± 0,21 ^a	9,68 ± 0,10 ^a
3	3,19 ± 0,09 ^a	0,58 ± 0,03 ^a	2,46 ± 0,07 ^c	77,17 ± 0,70 ^a	18,48 ± 0,21 ^a	10,00 ± 0,12 ^a
4	3,69 ± 0,10 ^b	0,47 ± 0,02 ^a	3,11 ± 0,09 ^a	84,32 ± 0,81 ^b	12,96 ± 0,14 ^b	11,56 ± 0,14 ^b
5	3,50 ± 0,08 ^c	0,54 ± 0,03 ^a	2,88 ± 0,08 ^{ab}	82,32 ± 0,79 ^c	15,77 ± 0,16 ^c	11,07 ± 0,13 ^c
6	3,22 ± 0,05 ^a	0,59 ± 0,03 ^a	2,61 ± 0,08 ^{abc}	81,03 ± 0,75 ^d	18,62 ± 0,18 ^a	10,51 ± 0,12 ^{df}
7	3,50 ± 0,09 ^c	0,54 ± 0,03 ^a	2,88 ± 0,08 ^{ab}	82,32 ± 0,67 ^c	15,77 ± 0,17 ^c	10,89 ± 0,12 ^{cd}
8	3,36 ± 0,09 ^d	0,45 ± 0,02 ^a	2,84 ± 0,08 ^{ab}	84,46 ± 0,70 ^b	13,55 ± 0,15 ^d	11,58 ± 0,12 ^b
9	3,18 ± 0,07 ^a	0,54 ± 0,03 ^a	2,64 ± 0,08 ^{abc}	82,85 ± 0,76 ^e	17,15 ± 0,19 ^e	10,63 ± 0,13 ^{cdf}
10	3,18 ± 0,06 ^a	0,54 ± 0,03 ^a	2,64 ± 0,08 ^{abc}	82,85 ± 0,76 ^e	17,15 ± 0,19 ^e	10,48 ± 0,12 ^{df}

Примечание: результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» ($n = 3$). Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

белков может быть связано с периодом лактации – наблюдается в молоке перед отелом и молозиве. Специфическая функция сывороточных белков – защита новорожденных телят от инфекций [1, 20]. Однако наличие природных защитных систем в молоке также негативно будет влиять на развитие заквасочной микрофлоры, что неприемлемо для выработки ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров. Кроме того, повышенное количество сывороточных белков может быть обусловлено заболеванием животного, наличием мастита, а следовательно, рисками присутствия патогенной микрофлоры и ветеринарных лекарственных средств, применяемых для лечения животных. Поэтому молоко с повышенным содержанием сывороточных белков, оцениваемое в комплексе по ряду факторов, включая влияние на выход сыра, не может являться сыропригодным.

В ходе исследования установлены сильные положительные корреляции между массовой

долей общего белка и массовой долей казеинов ($r = 0,934$), а также между массовой долей сывороточных белков и их соотношением к общему белку ($r = 0,959$), подтверждающие взаимосвязь показателей внутри белковых фракций.

Выявлена сильная положительная корреляция между массовой долей казеинов и выходом сыра ($r = 0,927$), что подтверждает ключевую роль казеиновых фракций в формировании сырного сгустка и эффективности производства сыров. Аналогичная сильная связь наблюдается между соотношением казеинов к общему белку и выходом продукции ($r = 0,918$), что свидетельствует о важности не только абсолютного содержания казеинов, но и их доли в общем белковом составе. Показанная взаимосвязь представляет особый интерес для детального анализа и обуславливает необходимость более глубокого изучения данного параметра как одного из ключевых факторов эффективности сыроделия.

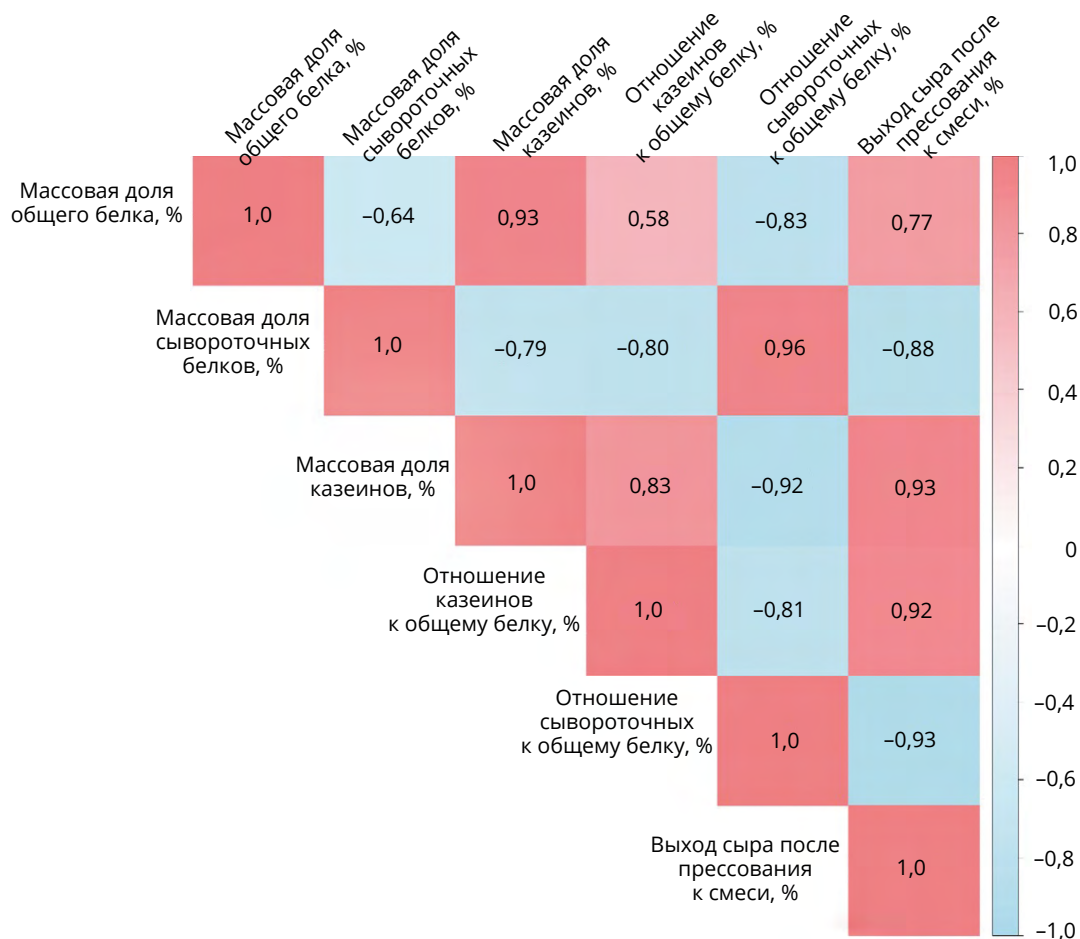


Рисунок 1. Корреляционная матрица

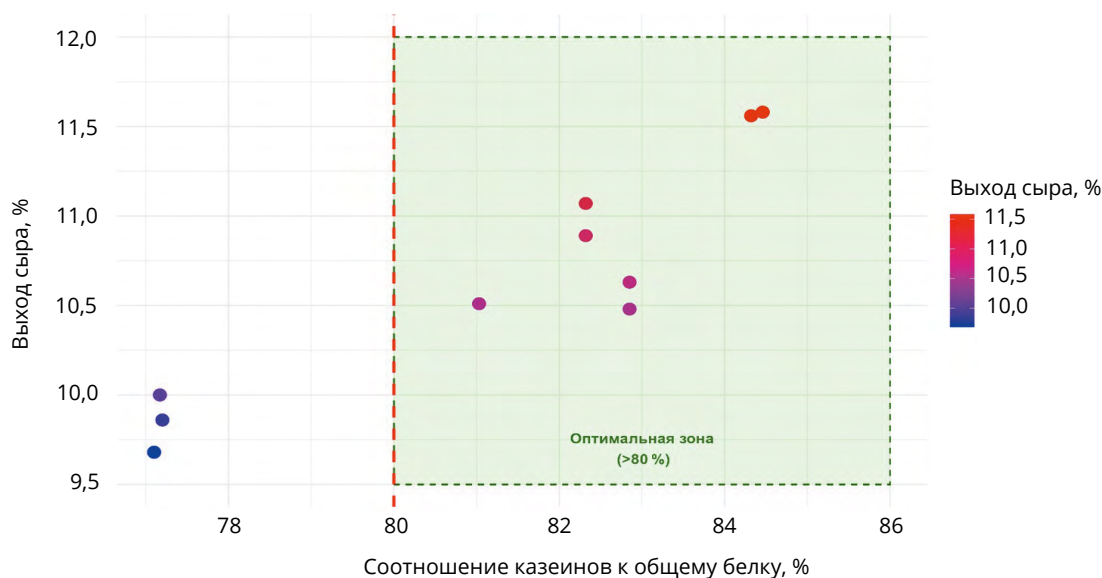


Рисунок 2. Влияние отношения казеинов к общему белку на выход сыра

На основании анализа графика зависимости выхода сыра от отношения казеинов к общему белку (рис. 2) установлена четкая положительная корреляционная связь между изучаемыми параметрами:

- наблюдается выраженная восходящая тенденция: с увеличением доли казеинов в белковом комплексе с 77,1 до 84,5 % выход сыров после прессования закономерно возрастает с 9,7 до 11,6 %;
- выделенная оптимальная зона (отношение казеинов к общему белку выше 80 %) соответствует наиболее высоким показателям эффективности процесса сыроделия, где выход сыра стабильно превышает 11 %;
- при значениях отношения казеинов к общему белку ниже 80 % выход сыров не достигает 10,5 %, что подтверждает критическую важность данного параметра для технологического процесса;
- максимальный выход сыра (на уровне 11,6 %) зафиксирован при соотношении казеинов на уровне 84,5 %, тогда как минимальные значения выхода (на уровне 9,7 %) соответствуют наименьшей доле казеинов в общем белке (77,1 %).

Разница между крайними значениями выхода сыра после прессования составляет 1,9 %, что показывает существенное влияние исследуемого параметра на эффективность процесса. Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что для получения максимального выхода сыра необходимо обеспечить не только высокое общее содержание белка в молоке (не менее 3,2 %), но и оптимальное соотношение белковых фракций с преобладанием

казеинов (не менее 80 % от общего белка с целевым диапазоном 82–85 %). Выявленные закономерности имеют важное практическое значение для подбора сыропригодного молока и прогнозирования хода технологического процесса производства сыров.

Выводы

На основании проведенных исследований установлены статистически значимые взаимосвязи между белковым составом коровьего сырого молока и выходом полутвердых сыров после прессования. Выявлена сильная отрицательная корреляция выхода сыра с массовой долей сывороточных белков ($r = -0,884$) и с их долей в общем белке ($r = -0,932$), что свидетельствует о негативном влиянии повышенного содержания сывороточных белков на показатель сыропригодности молочного сырья. Одновременно установлена сильная положительная корреляция выхода сыра с массовой долей казеинов ($r = 0,927$) и с долей казеинов в общем белке ($r = 0,918$). При увеличении доли казеинов с 77,1 до 84,3 % выход сыра возрастает с 9,7 до 11,6 %. Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать использование параметра отношения казеинов к общему белку на уровне не менее 80 % для оценки сыропригодности молока коровьего сырого в целях обеспечения максимального выхода сыра. При этом необходимо обеспечить содержание общего белка в молоке на уровне не менее 3,0 %. ■

Поступила в редакцию: 02.07.2026

Принята в печать: 04.08.2026

Cheesemaking Properties of Milk and Cheese Yield: Risk Assessment

Galina M. Sviridenko, Marina B. Zakharova, Denis S. Mamykin, Dmitry V. Ostroukhov

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich

Cheese milk profile affects the economic efficiency of cheese production. Cheesemaking properties of milk largely depend on the content and ratio of protein fractions, namely, caseins and whey proteins. However, very few scientific publications feature quantitative criteria that can be used to assess the suitability of milk for cheese production and forecast cheese yield. This article describes the quantitative correlation between the contents of casein and whey protein in raw cow's milk and the resulting cheese yield. It also establishes threshold values for protein fractions in cheese production. The study involved 100 milk samples processed in an experimental semi-hard cheese workshop. Analysis of the protein composition showed a strong positive correlation between casein content and cheese yield. Conversely, cheese yield negatively correlated with both the fraction of whey proteins ($r = -0.884$) and their share in total protein ($r = -0.932$). As the casein fraction increased from 77.1 to 84.5%, the cheese yield rose from 9.7 to 11.6%, showing a commercially significant difference of 1.9%. Therefore, the casein content in cheese milk should exceed 80% of the total protein, with an initial total protein content above 3.0%.

Keywords: milk, cheese-making properties, total milk protein, casein, cheese, cheese making efficiency

Список литературы

1. Гудков, А. В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А. В. Гудков. – Москва: ДеЛи Принт, 2003. – 800 с.
2. Frederiksen, P. D. Composition and effect of blending of noncoagulating, poorly coagulating, and well-coagulating bovine milk from individual Danish Holstein cows / P. D. Frederiksen [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94(10). P. 4787–4799. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4343>
3. Amalfitano, N. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis / N. Amalfitano [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102(4). P. 2903–2917. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524>
4. Guinee T. P. Role of protein in cheese and cheese products / T. P. Guinee // *Advanced Dairy Chemistry-1 Proteins: Part A/Part B*. Ed. by P. F. Fox, P. L. H. McSweeney. – Boston, MA: Springer US, 2003. – P. 1083–1174. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_31
5. Marković, M. Allelic polymorphism of k-casein gene (csn3) in three Montenegrin cattle breeds / M. Marković [et al.] // *Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 67(3). P. 61–70. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.67.3.05>
6. Петрова, С. Ю. Современные сведения о казеинах молока / С. Ю. Петрова [и др.] // *Биоорганическая химия*. 2022. № 48. Т2. С. 207–216. <https://doi.org/10.31857/S0132342322020178>; <https://elibrary.ru/fsaulz>
7. Kruchinin, A. G. Effect of CSN3 gene polymorphism on the formation of milk gels induced by physical, chemical, and biotechnological factors / A. G. Kruchinin [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 12(9). A. 1767. <https://doi.org/10.3390/foods12091767>
8. Treweek, T. Alpha-Casein as a molecular chaperone / T. Treweek // *Milk Protein*. Ed. W. Hurley – IntechOpen, 2012. – P. 85–118. <https://doi.org/10.5772/48348>
9. Maity, S. BoMiProt: A database of bovine milk proteins / S. Maity [et al.] // *Journal of proteomics*. 2020. Vol. 215. A. 103648. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103648>
10. Лоретц, О. Г. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока / О. Г. Лоретц, Е. В. Матушкина // *Аграрный вестник Урала*. 2014. Т. 121(3). С. 23–26. <https://elibrary.ru/sgwxrn>
11. Эж, А. Производство сыра: технология и качество / А. Эж. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 496 с.
12. Fox P. F. Milk proteins: general and historical aspects / P. F. Fox // *Advanced dairy chemistry-1 proteins: Part A/Part B*. Ed. by P. F. Fox, P. L. H. McSweeney. – Boston, MA: Springer US, 2003. – P. 1–48. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_1
13. Бигаева, А. В. Сыропригодность молока коров с разными генотипами каппа-казеина / А. В. Бигаева [и др.] // *Сыроделие и маслоделие*. 2019. № 6. С. 26–27. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-6-26-27>; <https://elibrary.ru/nrekw>
14. Кручинин, А. Г. К вопросу зависимости технологических свойств молока от его генотипической принадлежности по каппа-казеину / А. Г. Кручинин [и др.] // *Сыроделие и маслоделие*. 2020. № 2. С. 52–54. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-2-50-52>; <https://elibrary.ru/rddqgg>
15. McLean, D. M. Effects of milk protein genetic variants on milk: Yield and composition / D. M. McLean [et al.] // *Journal of Dairy Research*. 2009. Vol. 51(4). P. 531–546. <https://doi.org/10.1017/S0022029900032854>
16. Cassandro, M. Genetic parameters of milk coagulation properties and their relationships with milk yield and quality traits in Italian Holstein cows / M. Cassandro [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91(1). P. 371–376. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0308>
17. Матушкина, Е. В. Характеристика каппа-казеина как фракции молочного белка / Е. В. Матушкина // *Аграрный вестник Урала*. 2014. Т. 127(9). С. 38–40. <https://elibrary.ru/swegyp>
18. Плешков, В. А. Фундаментальные принципы и механизмы формирования сыропригодности молочного сырья / В. А. Плешков, О. В. Козлова // *Сыроделие и маслоделие*. 2026. № 1. С. 67–91. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-1-50>; <https://elibrary.ru/offjpg>
19. Cecchinato, A. Genetic parameters of coagulation properties, milk yield, quality, and acidity estimated using coagulating and noncoagulating milk information in Brown Swiss and Holstein-Friesian cows / A. Cecchinato [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94(8). P. 4205–4213. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3913>
20. Свириденко, Г. М. Микробиологические риски при производстве молока и молочных продуктов / Г. М. Свириденко. – Москва: РАСХН, 2009. – 245 с.