

Влияние сезонной динамики компонентов молока высокопродуктивных коров голштинской породы на эффективность процесса диафильтрации

Н. В. Бурачевский[✉], С. Г. Майзель, И. М. Донник

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉] E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru

Аннотация. Цель – анализ влияния сезона года и уровня молочной продуктивности на состав молока коров голштинской породы. Разработка технологии производства безлактозного молока баромембранными методами должна учитывать изменяющиеся физико-химические характеристики сырья. Изучение данных подтвердило, что для уменьшения уровня лактозы в молоке до уровня, установленного нормативами, можно использовать определенное количество циклов процесса диафильтрации. Количество циклов зависит в первую очередь от массовой доли лактозы в исходном молоке. Поэтому важно знать уровень основных компонентов молока в зависимости от сезонных факторов, особенно лактозы, для организации более эффективного процесса диафильтрации. Этим и обусловлена цель проводимых исследований. **Методы.** В молочном предприятии проведены исследования жира, белка и лактозы у коров с продуктивностью от 9 до 12 тыс. кг за лактацию. В рамках проведенного исследования всем подопытным животным были предоставлены одинаковые условия содержания и питания. Методы исследования соответствовали действующим нормам. Анализ качества молока производился при помощи устройства FOSS MilkoScanTMFT+ и охватывал следующие параметры: процент жира, процент белка, процент лактозы. **Результаты.** Исследования показали, что изменения уровня лактозы в молоке не связаны с увеличением его производительности. Однако выявлен очевидный сезонный цикл, который следует учитывать при сборе молока с низким содержанием лактозы. Максимальное содержание белка в молоке наблюдалось осенью, в то время как зимние месяцы отличались высоким уровнем лактозы. Уровень жира в молоке у коров с различной продуктивностью менялся по-разному и зависел от времени года. **Научная новизна.** В результате проведенных исследований, направленных на изучение изменения уровня лактозы в молоке коров голштинской породы с разной продуктивностью в разные времена года, впервые получены данные, позволяющие исключить 1–2 цикла диафильтрации в весенний и осенний периоды года, при получении безлактозного молока.

Ключевые слова: безлактозное молоко, сезон года, молочная продуктивность, массовая доля лактозы, массовая доля жира, массовая доля белка, диафильтрация

Для цитирования: Бурачевский Н. В., Майзель С. Г., Донник И. М. Влияние сезонной динамики компонентов молока высокопродуктивных коров голштинской породы на эффективность процесса диафильтрации // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 03. С. 412–421. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-412-421>.

Дата поступления статьи: 29.10.2024, **дата рецензирования:** 31.01.2025, **дата принятия:** 03.02.2025.

The influence of seasonal dynamics of milk components of highly productive Holstein cows on the efficiency of the diafiltration process

N. V. Burachevskiy[✉], S. G. Mayzel, I. M. Donnik
Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
[✉]E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru

Abstract. The purpose is the analysis of the influence of the season of the year and the level of milk productivity on the milk composition of Holstein cows. The development of technology for the production of lactose-free milk by baromembrane methods should take into account the changing physico-chemical characteristics of raw materials. The study of the data confirmed that a certain number of cycles of the diafiltration process can be used to reduce the level of lactose in milk to the level established by the regulations. The number of cycles depends primarily on the mass fraction of lactose in the source milk. Therefore, it is important to know the level of the main components of milk depending on seasonal factors, especially lactose, in order to organize a more efficient filtration process. This is the reason for the purpose of the research. **Methods.** The dairy company conducted studies of fat, protein and lactose in cows with productivity from 9 to 12 thousand kg per lactation. As part of the study, all experimental animals were provided with the same conditions of care and nutrition. The research methods corresponded to the current standards. The milk quality analysis was performed using the FOSS MilkoScanTMFT+ device and covered the following parameters: fat percentage, protein percentage, lactose percentage. **Results.** Studies have shown that changes in the level of lactose in milk are not associated with an increase in its productivity. However, an obvious seasonal cycle has been identified that should be considered when harvesting low-lactose milk. The maximum protein content in milk was observed in autumn, while the winter months were characterized by high levels of lactose. The level of fat in milk from cows with different productivity varied in different ways and depended on the time of the year. **Scientific novelty.** As a result of studies aimed at studying changes in lactose levels in the milk of Holstein cows with different productivity at different times of the year, data were obtained for the first time that make it possible to exclude 1-2 cycles of diafiltration in the spring and autumn periods of the year when receiving lactose-free milk.

Keywords: lactose-free milk, season of the year, milk productivity, mass fraction of lactose, mass fraction of fat, mass fraction of protein, diafiltration

For citation: Burachevskiy N. V., Mayzel S. G., Donnik I. M. The influence of seasonal dynamics of milk components of highly productive Holstein cows on the efficiency of the diafiltration process. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 05 (04): 412–421. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-412-421>. (In Russ.)

Date of paper submission: 29.10.2024, **date of review:** 31.01.2025, **date of acceptance:** 03.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Продукты из молока занимают ключевое место в нашем питании. Однако для многих людей употребление молока становится проблемой из-за невозможности переваривать молочный сахар – лактозу. Основным фактором такой непереносимости является генетическая предрасположенность к недостаточному уровню фермента лактазы. Недостаточная переносимость лактозы – распространенная проблема. В Африке, Америке и определенных частях Азии от 80 % до 100 % взрослого населения сталкиваются с этим явлением, что объясняется отсутствием традиций употребления молочной продукции в этих регионах. Известно, что в России приблизительно 20 % людей сталкиваются с проблемой употребления молочной пищи из-за непереносимости лактозы. Отказ от молочных продуктов

может иметь негативное влияние на здоровье, поскольку молоко является богатым источником полезных для организма веществ. В его состав входит около сотни компонентов, включая более 20 видов аминокислот, 25 видов жирных кислот, 30 видов минеральных солей и 20 видов витаминов. Кроме того, молочные ферменты играют важную роль в поддержании здоровья. Среди них выделяются ферменты, способные к гидролизу, такие как галактаза и лактаза, липаза и фосфатаза, а также группа ферментов, осуществляющих окислительно-восстановительные реакции. В детском возрасте эти ферменты помогают в переваривании питательных веществ в желудочно-кишечном тракте.

Одним из подходов к решению проблемы людей с непереносимостью лактозы являются разработка и выпуск молочных продуктов без лактозы. Соглас-

но требованиям технического регулирования ТР ТС 033/2013, продукты, полученные из молока без лактозы, именуются как продукты переработки молочного сырья без лактозы. Этот продукт представляет собой измененное молоко, в котором лактоза либо претерпевает процесс гидролиза, либо полностью удаляется. Отличием такого молока от стандартного является его низкая или отсутствующая концентрация лактозы, что соответствует российским стандартам, согласно которым содержание лактозы в молоке не должно превышать 0,1 грамма на литр.

При изучении новейших достижений в области технологии видно, что существуют три основных способа производства молока без лактозы: использование кисломолочных смесей с молочным белком, ферментативное расщепление лактозы и применение баромембранных технологий. Смесей с молочным белком создаются путем соединения разнообразных компонентов и последующего сквашивания с применением кисломолочной закваски. Хотя такие смеси полезны, они не являются настоящим молоком. Процесс ферментации лактозы, применяемый для производства молочных продуктов, напоминает естественные процессы, происходящие в организме человека. Однако использование ферментов может изменить вкусовые качества продукции, придавая им более сладкий оттенок или нежелательные ароматы. Финская компания Valio разработала инновационную методику, основанную на применении мембран, которая позволяет производить молоко с натуральным вкусом и содержанием лактозы менее 0,01 %. Основной этап этого процесса – ультрафильтрация, которая позволяет уменьшить содержание лактозы в молочных продуктах. Затем к продукции добавляется фермент лактаза, который полностью разлагает лактозу. Предложенная технология компании Valio уникальна на российском рынке, однако из-за необходимости импорта оборудования ее стоимость довольно высока. Кроме того, обслуживание и ремонт импортного оборудования требуют значительных затрат.

В России преобладает технология производства молока с уменьшенным уровнем лактозы, который достигается с помощью ферментативной обработки, однако это не является идеальным методом для создания молока без лактозы. В нашем будущем исследовании мы планируем использовать технологию, основанную на диафильтрации для производства такого молока. Диафильтрация представляет собой процесс, в котором методом ультрафильтрации из молока удаляется в виде пермеата часть воды и лактозы. Концентрированный продукт разбавляется водой в количестве, равном отведенному пермеату. Этот процесс проходит в циклическом режиме, пока не будет достигнут желаемый уровень содержания лактозы в молоке [9–11].

Разработанная методика позволяет выпускать продукт с минимальным уровнем лактозы, при этом он полностью сохраняет физико-химические свойства и вкусовые качества обычного молока. Более того, новый продукт может стоить меньше, чем его аналоги на рынке. Эксперименты с обезжиренным молоком показали, что для достижения требуемых норм уровня лактозы необходимо провести определенное количество циклов диафильтрации, что, в свою очередь, зависит от пропорции лактозы в исходном молоке [10].

В связи с этим представляет значительный интерес исследование содержания лактозы в молоке коров от уровня продуктивности и сезона года. Сегодня, когда в животноводстве активно внедряются новейшие технологии, все чаще используются условия холодного содержания крупного рогатого, где коровы размещаются в удобных павильонных зданиях [11–16]. В таких помещениях микроклимат непосредственно зависит от погодных условий в окружающей среде, что оказывает значительное влияние на производительность коров [17–22]. Поэтому крайне важно понимать, как сезонные изменения влияют на содержание основных компонентов молока, в частности лактозы, что важно для улучшения процесса диафильтрации.

Целью данной работы является анализ воздействия различных времен года и разных уровней молочной продуктивности на состав молока (белок, жир, лактозу) коров голштинской породы, содержащихся в легких павильонных постройках. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- определить закономерности изменения процента жира и белка в молоке коров с разным уровнем продуктивности в зависимости от времени года;
- изучить изменения уровня лактозы в молоке коров с разной продуктивностью в разные времена года;
- разработать рекомендации для молочного производства по использованию технологии производства молока без лактозы с учетом содержания лактозы в молоке коров в зависимости от уровня продуктивности и времени года.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследовательский проект был реализован на территории молочного комплекса, расположенного в Свердловской области, и длился в течение двух лет, с декабря 2021 по ноябрь 2023 года. В рамках эксперимента было выбрано 200 голов крупного рогатого скота с учетом продолжительности лактации и уровня производства молока. Они были разделены на пять групп по 40 особей в каждой.

Первую группу составляли коровы с уровнем молока менее 9000 кг в течение 305 дней лактации.

Таблица 1

Изменение содержания жира в молоке, собранном в течение дня, в зависимости от времени года и продуктивности коровы, % (по результатам 200 наблюдений)

Группа	Сезон года			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	3,93 ± 0,09*	3,99 ± 0,14*	3,92 ± 0,16*	4,09 ± 0,17*
2	3,59 ± 0,12	3,47 ± 0,12	3,86 ± 0,14	4,14 ± 0,16*
3	3,59 ± 0,11*	3,44 ± 0,15	3,48 ± 0,12	4,00 ± 0,17
4	3,60 ± 0,12	3,49 ± 0,15	3,45 ± 0,15	3,78 ± 0,09
5	3,64 ± 0,12*	3,21 ± 0,14*	3,43 ± 0,16*	3,58 ± 0,13*

Примечание. $P \leq 0,05$ (* – статистически значимые различия между группами).

Table 1

Changes in the fat content of milk collected during the day, depending on the time of the year and the productivity of the cow, % (based on 200 observations)

Group	Season of the year			
	Winter	Spring	Summer	Autumn
1	3.93 ± 0.09*	3.99 ± 0.14*	3.92 ± 0.16*	4.09 ± 0.17*
2	3.59 ± 0.12	3.47 ± 0.12	3.86 ± 0.14	4.14 ± 0.16*
3	3.59 ± 0.11*	3.44 ± 0.15	3.48 ± 0.12	4.00 ± 0.17
4	3.60 ± 0.12	3.49 ± 0.15	3.45 ± 0.15	3.78 ± 0.09
5	3.64 ± 0.12*	3.21 ± 0.14*	3.43 ± 0.16*	3.58 ± 0.13*

Note. $P \leq 0.05$ (* – statistically significant differences between the groups).

Во вторую группу входили коровы, дающие от 9000 до 9999 кг молока за тот же период;

Третью группу представляли коровы с производством от 10 000 до 10 999 кг молока за 305 дней.

Четвертую группу составляли коровы, дающие от 11 000 до 11 999 кг молока за тот же период;

В пятую группу входили коровы, дающие более 12 000 кг молока за 305 дней лактации.

Для анализа были представлены данные каждой коровы. Химический состав молока каждой коровы определялся с использованием прибора FOSS MilkoScanTMFT+, который измерял содержание жира, белка и лактозы. В течение всего эксперимента все коровы в каждой группе содержались в одинаковых условиях: беспривязное содержание и рацион питания, состоящий из смешанного корма.

Процесс исследования был проведен в строгом соответствии с рядом стандартов: стандарт МСТ 26809.1-2014, регламентирующий правила приема, методы отбора и подготовку образцов для анализа молока и молочных изделий; стандарт Р 54668-2011, определяющий методики измерения содержания влаги и сухого вещества в молоке и его производных; стандарт 3624-92, описывающий титриметрические методы измерения кислотности в молочных продуктах.

Для изучения процесса диалфильтрации использовалась специальная лабораторная аппаратура, которая оснащена мембраной диаметром отверстия 0,01 мкм. При проведении эксперимента были соблюдены оптимальные параметры ультрафильтрации молока: скорость потока молока над мембраной составляла не менее 3,0 м/с; рабочее давление поддерживалось на уровне 0,35 МПа; температура

процесса колебалась в диапазоне от 45 до 55 °С, что соответствует рекомендациям [10].

Результаты (Results)

Информация об изменениях процента жира в молоке в зависимости от времени года и уровня молочной продуктивности представлена в таблице 1.

Анализируя данные из таблицы 1, можно заметить, что в каждом сезоне года наблюдалось снижение содержания жира в молоке при увеличении молочной продуктивности. Например, зимой у коров первой группы содержание жира было на 7,4 % выше, чем у животных других групп. Весной разница увеличилась до 24,3 %. Летом у коров первой группы уровень жира был на 13,7 % ниже, чем у самых продуктивных животных (более 12 тыс. кг), а к зиме – уже на 14,2 %.

Таким образом, наблюдается явная сезонная динамика содержания жира в молоке у всех коров независимо от их продуктивности. Заметное изменение в процентном соотношении жира в молоке коров было зафиксировано весной по сравнению с зимним периодом. У особей, относящихся к категории наиболее продуктивных, наблюдалось более выраженное уменьшение уровня жира, что связано с их высокой продуктивностью.

Качество молока определяется в том числе его белковым составом, который является важнейшим критерием. Таблица 2 демонстрирует колебания в процентном соотношении белка в молоке коров различных групп в зависимости от времени года и уровня их продуктивности.

Анализ содержания белка выявил, что в течение всего года наибольшее количество белка содержалось в молоке у коров первой группы с наименьшей

молочной продуктивностью (9 тыс. кг): от 3,21 до 3,50 %. Аналогично содержание белка увеличивалось в течение сезона у коров с продуктивностью 11 тыс. кг с уровня 3,03 % зимой до 3,39 % осенью, а у коров третьей группы (10 тыс. кг) – с 2,96 % до 3,44 % соответственно. Заметные отличия между первой и пятой группами были замечены на протяжении всего года ($P \leq 0,01 \dots 0,05$). В среднем разница между первой, второй, третьей и четвертой группами составляла 5, 7,3, 6,25 и 7,3 % соответственно.

В весенний период животные первой группы превышали по содержанию белка коров второй, третьей и четвертой групп. Летом у коров второй группы отмечалось высокое содержание белка в молоке. Проведенный анализ показал, что осенью во всех группах животных наблюдалось наибольшее содержание белка. Различие в содержании белка по сравнению с весенним периодом составляло 0,27–0,48 % для всех групп и 0,18–0,48 % по сравнению с зимним периодом. Также было отмечено незначительное увеличение содержания белка летом по сравнению с весной у всех групп животных.

Таблица 2
Изменение содержания белка в молоке, собранном в течение дня, в зависимости от времени года и продуктивности коровы, % (по результатам 200 наблюдений)

Группа	Сезон года			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	3,23 ± 0,06*	3,21 ± 0,06*	3,23 ± 0,08	3,50 ± 0,06*
2	3,03 ± 0,04	2,95 ± 0,04*	3,21 ± 0,05	3,39 ± 0,08
3	2,96 ± 0,04*	2,96 ± 0,05	3,09 ± 0,05	3,44 ± 0,08
4	3,08 ± 0,04	3,01 ± 0,05	3,15 ± 0,05	3,29 ± 0,06
5	3,08 ± 0,05	2,99 ± 0,05*	3,04 ± 0,05	3,26 ± 0,05*

Примечание. $P \leq 0,05$ (* – статистически значимые различия между группами).

Table 2
Changes in the protein content of milk harvested during the day, depending on the time of year and the productivity of the cow, % (based on 200 observations)

Group	Season of the year			
	Winter	Spring	Summer	Autumn
1	3.23 ± 0.06*	3.21 ± 0.06*	3.23 ± 0.08	3.50 ± 0.06*
2	3.03 ± 0.04	2.95 ± 0.04*	3.21 ± 0.05	3.39 ± 0.08
3	2.96 ± 0.04*	2.96 ± 0.05	3.09 ± 0.05	3.44 ± 0.08
4	3.08 ± 0.04	3.01 ± 0.05	3.15 ± 0.05	3.29 ± 0.06
5	3.08 ± 0.05	2.99 ± 0.05*	3.04 ± 0.05	3.26 ± 0.05*

Note. $P \leq 0.05$ (* – statistically significant differences between the groups).

Таблица 3
Изменение содержания лактозы в молоке, собранном в течение дня, в зависимости от времени года и продуктивности коровы, % (по результатам 200 наблюдений)

Группа	Сезон года			
	Зима	Весна	Лето	Осень
1	4,84 ± 0,03*	4,33 ± 0,05*	4,67 ± 0,04	4,59 ± 0,05
2	4,88 ± 0,03*	4,37 ± 0,03*	4,71 ± 0,04	4,53 ± 0,07*
3	4,83 ± 0,03*	4,34 ± 0,03*	4,68 ± 0,03	4,50 ± 0,06*
4	4,82 ± 0,04*	4,34 ± 0,04*	4,69 ± 0,04	4,70 ± 0,04
5	4,75 ± 0,03*	4,34 ± 0,04*	4,67 ± 0,04	4,68 ± 0,04

Примечание. $P \leq 0,05$ (* – статистически значимые различия между группами).

Table 3
The change in the lactose content in the milk collected during the day, depending on the time of the year and the productivity of the cow, % (based on 200 observations)

Group	Season of the year			
	Winter	Spring	Summer	Autumn
1	4.84 ± 0.03*	4.33 ± 0.05*	4.67 ± 0.04	4.59 ± 0.05
2	4.88 ± 0.03*	4.37 ± 0.03*	4.71 ± 0.04	4.53 ± 0.07*
3	4.83 ± 0.03*	4.34 ± 0.03*	4.68 ± 0.03	4.50 ± 0.06*
4	4.82 ± 0.04*	4.34 ± 0.04*	4.69 ± 0.04	4.70 ± 0.04
5	4.75 ± 0.03*	4.34 ± 0.04*	4.67 ± 0.04	4.68 ± 0.04

Note. $P \leq 0.05$ (* – statistically significant differences between the groups).

Таблица 4

Химический состав молока в зимнее время года (средние показатели)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,08 ± 0,04*	3,08 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,82 ± 0,02*	≤ 0,007 ± 0,002*
Жир, % (масс.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,82 ± 0,05	0,82 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,82 ± 0,03	4,01 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,5 ± 0,15	18,0 ± 0,15
Количество циклов диафильтрации	7	

Примечание. P ≤ 0,05 (* – статистически значимые различия между группами).

Table 4

Chemical composition of milk in winter (average values)

Parameters	The original milk	Milk after diafiltration
Total protein, % (wt.)	3,08 ± 0,04*	3,08 ± 0,04*
Lactose, % (wt.)	4,82 ± 0,02*	≤ 0,007 ± 0,002*
Fat, % (wt.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Mineral substances, % (wt.)	0,82 ± 0,05	0,82 ± 0,05
Dry matter, % (wt.)	8,82 ± 0,03	4,01 ± 0,03
Acidity, °T	17,5 ± 0,15	18,0 ± 0,15
Number of diafiltration cycles	7	

Note. P ≤ 0.05 (* – statistically significant differences between the groups).

Таблица 5

Химический состав молока в весеннее время года (средние показатели)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,02 ± 0,04*	3,02 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,34 ± 0,02*	≤ 0,008 ± 0,002*
Жир, % (масс.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,80 ± 0,05	0,80 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,26 ± 0,03	3,93 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,0 ± 0,15	17,5 ± 0,15
Количество циклов диафильтрации	5	

Примечание. P ≤ 0,05 (* – статистически значимые различия между группами).

Table 5

Chemical composition of milk in the spring season (average values)

Parameters	The original milk	Milk after diafiltration
Total protein, % (wt.)	3.02 ± 0.04*	3.02 ± 0.04*
Lactose, % (wt.)	4.34 ± 0.02*	≤ 0.008 ± 0.002*
Fat, % (wt.)	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.02
Mineral substances, % (wt.)	0.80 ± 0.05	0.80 ± 0.05
Dry matter, % (wt.)	8.26 ± 0.03	3.93 ± 0.03
Acidity, °T	17.0 ± 0.15	17.5 ± 0.15
Number of diafiltration cycles	5	

Note. P ≤ 0.05 (* – statistically significant differences between the groups).

Изучение уровня лактозы в молочной продукции имеет значительное физиологическое значение, поскольку этот элемент является ключевым для кормления новорожденных животных и играет роль в метаболизме, включая синтез жиров и белков. В таблице 3 представлены данные о сезонных колебаниях уровня лактозы в молоке коров и его связи с производительностью.

После анализа этих данных можно заключить, что значительных колебаний уровня лактозы в молоке в связи с увеличением производительности не

наблюдается. При этом отчетливо прослеживалась сезонная динамика в каждой из групп животных. У коров 1-й, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й групп весной происходило уменьшение количества лактозы на 11,8, 11,6, 11,3, 11,1, 9,5% соответственно. В остальные сезоны содержание лактозы в пробах молока всех опытных коров было несколько меньше, чем в зимний период, но при этом было более стабильным. Следует отметить невысокий уровень содержания лактозы в молоке коров 1-й, 2-й и 3-й групп осенью.

Таблица 6
Химический состав молока в летнее время года (средние показатели)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,22 ± 0,04*	3,22 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,68 ± 0,02*	≤ 0,006 ± 0,002*
Жир, % (масс.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,84 ± 0,05	0,84 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,84 ± 0,03	4,17 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,5 ± 0,15	18,5 ± 0,15
Количество циклов диафильтрации	7	

Примечание. $P \leq 0,05$ (* – статистически значимые различия между группами).

Table 6
Chemical composition of milk in the summer (average values)

Parameters	The original milk	Milk after diafiltration
Total protein, % (wt.)	3.22 ± 0.04*	3.22 ± 0.04*
Lactose, % (wt.)	4.68 ± 0.02*	≤ 0.006 ± 0.002*
Fat, % (wt.)	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.02
Mineral substances, % (wt.)	0.84 ± 0.05	0.84 ± 0.05
Dry matter, % (wt.)	8.84 ± 0.03	4.17 ± 0.03
Acidity, °T	17.5 ± 0.15	18.5 ± 0.15
Number of diafiltration cycles	7	

Note. $P \leq 0.05$ (* – statistically significant differences between the groups).

Таблица 7
Химический состав молока в осеннее время года (средние показатели)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,38 ± 0,04*	3,38 ± 0,04*
Лактоза, % (масс.)	4,60 ± 0,02*	≤ 0,008 ± 0,002*
Жир, % (масс.)	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,83 ± 0,05	0,83 ± 0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,91 ± 0,03	4,32 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,5 ± 0,15	18,0 ± 0,15
Количество циклов диафильтрации	6	

Примечание. $P \leq 0,05$ (* – статистически значимые различия между группами).

Table 7
Chemical composition of milk in the autumn season (average values)

Parameters	The original milk	Milk after diafiltration
Total protein, % (wt.)	3.38 ± 0.04*	3.38 ± 0.04*
Lactose, % (wt.)	4.60 ± 0.02*	≤ 0.008 ± 0.002*
Fat, % (wt.)	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.02
Mineral substances, % (wt.)	0.83 ± 0.05	0.83 ± 0.05
Dry matter, % (wt.)	8.91 ± 0.03	4.32 ± 0.03
Acidity, °T	17.5 ± 0.15	18.0 ± 0.15
Number of diafiltration cycles	6	

Note. $P \leq 0.05$ (* – statistically significant differences between the groups).

Установленное отличие содержания лактозы в разные периоды года позволяет дать рекомендации при разработке технологии получения безлактозного молока, основанной на методе диафильтрации. Учитывая полученную сезонную динамику количества лактозы в молоке, возможно варьировать количество циклов мембранного разделения. Эксперименты в лаборатории с обезжиренным молоком демонстрируют, что уменьшить уровень лактозы в продукте до уровня, соответствующего стандартам,

можно путем различных количеств циклов диафильтрации. Результаты исследований в зависимости от сезонных колебаний содержания лактозы в молоке представлены в таблицах с 4 по 7.

Как видно из результатов исследований (таблицы 4–7), снизить содержание лактозы в молоке до значений, соответствующих регламенту, возможно при разном количестве циклов проведения процесса диафильтрации. В зимний и летний периоды года необходимо 7 циклов, осенью – 6, а весной – 5.

Возможность сокращения количества циклов процесса диафильтрации в весенний и осенний периоды года позволит существенно снизить затраты на производстве, так как каждый цикл является достаточно трудоемким процессом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ показал, что состав молока у коров голштинской породы подвержен сезонным колебаниям и зависит от уровня их молочной выработки. При сниженной продуктивности молоко коров обладает более высоким содержанием жиров и белков. Различия в жировых компонентах молока у коров с разной продуктивностью связаны с временными периодами года. Максимальное содержание белка в молоке характерно для осеннего периода. В то же время уровень лактозы остается неизменным при увеличении молочной выработки, но проявляется заметная сезонная изменчивость.

Выявленные отличия содержания лактозы в разные периоды года позволили дать рекомендации при разработке технологии получения безлактозного молока, основанной на методе диафильтрации. Учитывая полученную сезонную динамику коли-

чества лактозы в молоке, возможно варьировать количество циклов мембранного разделения. На каждом этапе необходимо приложить значительные усилия, провести процедуру разделения молока с применением ультрафильтрации на две части: пермеат (смесь лактозы в воде) и концентрат (белки, жиры, остатки лактозы). После этого к концентрату добавляется чистая вода в том же объеме, что и извлеченный пермеат.

В связи с этим возможность сокращения количества циклов позволит существенно повысить экономическую составляющую процесса. Уровень лактозы имеет наибольшие значения в зимний период. По сравнению с весной разница достигает 8,0–11,3 %, с летом – 0,8–4,3 %, с осенью – 1,0–7,8 %. В связи с этим в весенний и осенний периоды получение безлактозного молока может осуществляться при исключении 1-2 циклов диафильтрации, что существенно скажется на экономии энергозатрат.

Таким образом, результаты исследований позволят существенно усовершенствовать технологию получения качественного продукта – низколактозного или безлактозного молока.

Библиографический список

1. Евдокимов И. А., Володин Д. Н., Гридин А. С., Куликова И. К., Анисимов Г. С. Современные подходы к классификации лактозосодержащего сырья // Сыроделие и маслоделие. 2022. № 4. С. 34–37. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-4-34-37.
2. Мельникова Е. И., Рудниченко Е. С., Кузнецова С. А. Молочные ингредиенты – будущее молочной индустрии // Молочная промышленность. 2023. № 5. С. 13–15. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-21.
3. Евдокимов И. А. Роль научных исследований в создании высокотехнологичных производств в молочной отрасли // Переработка молока. 2022. № 2 (268). С. 6–11. DOI: 10.33465/2222-5455-2022-2-6-11.
4. Алибеков Р. С., Овчинникова О. Ю. Лактозная непереносимость и безлактозное молоко // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2019. № 1. С. 37–43.
5. Пономарев А. Н., Мельникова Е. И., Станиславская Е. Б., Самойлова В. Н. Молоко как сырье для производства пищевых ингредиентов. Часть 1. Фракционирование обезжиренного молока с целью получения ингредиентов // Молочная промышленность. 2021. № 4. С. 34–36. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-04-34-36.
6. Potoroko I. Yu., Kadi A. M. Y., Wang M., He M., Zhang Y., Chen X., Chnao T. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2023. Vol. 1, No. 2. Pp. 57–64. DOI: 10.14529/food230207.
7. Тимкин В. А., Новопашин Л. А., Минин П. С. Некоторые аспекты разработки технологии безлактозного молока с применением баромембранных процессов // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2020. № 3 (8). С. 53–62.
8. Горина Т. А. Нормативно-техническая документация «Молоко питьевое низколактозное и безлактозное» // Переработка молока. 2022. № 4 (270). С. 30–32.
9. Храмцов А. Г., Анисимов С. В., Давыдянец Л. Е., Скороходова М. В., Ромахова В. Ю., Жилина М. А. Исследование изомеризации лактозы в процессе производства молочных продуктов // Молочная промышленность. 2023. № 4. С. 67–70. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-67-70.
10. Донник И. М., Майзель С. Г., Бурачевский Н. В. Разработка технологии получения безлактозного молока методом диафильтрации // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-766-778.
11. Ряска В. К., Засемчук И. В., Семенченко С. В. Некоторые показатели молочной продуктивности коров разных генотипов // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (48). С. 85–90.
12. Lyashuk A. R. Comparative evaluation of milk productivity of Holstein cows different lines in different age periods // Bulletin of Agrarian Science. 2020. No. 6 (87). Pp. 189–195. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.189.

13. Горелик О. В., Федосеева Н. А., Неверова О. П., Романова Н. В., Келин Ю. В. Корреляции признаков воспроизводства и продуктивности у голштинских коров в динамике по лактациям // Главный зоотехник. 2023. № 11 (244). С. 10–20. DOI: 10.33920/sel-03-2301-03.
14. Ivory R., Mangan D., McCleary B. V. Lactose concentration in low-lactose and lactose-free milk, milk products, and products containing dairy ingredients by high sensitivity enzymatic method (K-lolac), collaborative study: final action 2020.08 // Journal of AOAC International. 2022. Vol. 105, No. 6. Pp. 1617–1624. DOI: 10.1093/jaoacint/qsac070.
15. Gilabert-Oriol G. Ultrafiltration membrane cleaning processes: optimization in seawater desalination plants. Berlin, Boston: De Gruyter, 2021. DOI: 10.1515/9783110715149.
16. Kashaninejad M., Razavi S. M. A. The effect of pH and NaCl on the diafiltration performance of camel milk // International Journal of Dairy Technology. 2021. No. 74 (3). Pp. 2431–2438. DOI: 10.1111/1471-0307.12774.
17. Shinde G. P., Kumar R., Reddy K. R., Nadanasabhapathi S., Dutt Semwal A. Effect of pulsed electric field processing on reduction of sulfamethazine residue content in milk // Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 59, No. 5. Pp. 1931–1938. DOI: 10.1007/s13197-021-05207-0.
18. Виноградова Н. М., Автаева Т., Прохоров М. А., Горностаев Н. Е., Здюмаева Н. П. Особенности сезонной динамики отдельных биохимических и гематологических показателей коровы // Аграрный вестник Нечерноземья. 2024. № 1 (13). С. 49–53. DOI: 10.52025/2712-8679_2024_01_49.
19. Канев П. Н., Горелик О. В., Харлап С. Ю., Горелик А. С., Ребезов М. Б. Сопряженность продуктивных признаков молочного скота голштинской породы // Аграрная наука. 2024. № 3. С. 92–97. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97.
20. Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kostomakhin N. M., Kharlap S. Yu., Belookov A. A., Belookova O. V., Kulmakova N. I. Influence of inbreeding degree on the milk yield efficiency // Аграрная наука. 2022. № 10. С. 69–76. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-69-76.
21. Горелик О. В., Харлап С. Ю. Динамика молочной продуктивности и сервис-периода по лактациям у коров разных линий // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 23–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-23-39.
22. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Азимова Г. В., Ачкасова Е. В., Ястребова Е. А. Молочная продуктивность дочерей быков-производителей голштинской породы разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 262–265.

Об авторах:

Николай Викторович Бурачевский, аспирант кафедры инфекционной и незаразной патологии, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0003-1388-3818, AuthorID 1130827. E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru

Сергей Гершевич Майзель, доктор технических наук, профессор, директор НИИ агроэкономического развития, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0000-3838-9961, AuthorID 768905. E-mail: maizel_sg@urgau.ru

Ирина Михайловна Донник, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, Почетный работник высшего образования Российской Федерации, заведующая кафедрой инфекционной и незаразной патологии, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-8593-7470, AuthorID 313786. E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru

References

1. Evdokimov I. A., Volodin D. N., Gridin A. S., Kulikova I. K., Anisimov G. S. Modern approaches to the classification of lactose-containing raw materials. *Cheese Making and Butter Making*. 2022; 4: 34–37. DOI: 10.31515/2073-4018-2022-4-34-37. (In Russ.)
2. Melnikova E. I., Rudnichenko E. S., Kuznetsova S. A. Dairy ingredients – the future of the dairy industry. *Dairy Industry*. 2023; 5: 13–15. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-21. (In Russ.)
3. Evdokimov I. A. The role of scientific research in the creation of high-tech industries in the dairy industry. *Milk Processing*. 2022; 2 (268): 6–11. DOI: 10.33465/2222-5455-2022-2-6-11. (In Russ.)
4. Alibekov R. S., Ovchinnikova O. Yu. Lactose intolerance and lactose-free milk. *Proceedings of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov*. 2019; 1: 37–43.
5. Ponomarev A. N., Melnikova E. I., Stanislavskaya E. B., Samoilova V. N. Milk as a raw material for the production of food ingredients Part 1 Fractionation of skimmed milk to obtain ingredients. *Dairy Industry*. 2021; 4: 34–36. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-04-34-36. (In Russ.)
6. Potoroko I. Yu., Kadi A. M. Y., Wang M., He M., Zhang Y., Chen X., Chnao T. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2023; 2: 57–64. DOI: 10.14529/food230207.

7. Timkin V. A., Novopashin L. A., Minin P. S. Some aspects of the development of lactose-free milk technology using baromembrane processes. *Scientific and Technical Bulletin: Technical Systems in Agriculture*. 2020; 3 (8): 53–62. (In Russ.)
8. Gorina T. A. Regulatory and technical documentation “Low-lactose and lactose-free drinking milk”. *Milk Processing*. 2022; 4 (270): 30–32. (In Russ.)
9. Khramtsov A. G., Anisimov S. V., Davydyants L. E., Skorokhodova M. V., Romakhova V. Yu., Zhilina M. A. Investigation of lactose isomerization in the production of dairy products. *Dairy Industry*. 2023; 4: 67–70. DOI: 10.31515/1019-8946-2023-04-67-70. (In Russ.)
10. Donnik I. M., Mayzel S. G., Burachevskiy N. V. Development of technology for producing lactose-free milk by diafiltration method. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 766–778. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-766-778. (In Russ.)
11. Ryaska V. K., Zasemchuk I. V., Semenchenko S. V. Some indicators of dairy productivity of cows of different genotypes. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2023; 2 (48): 85–90.
12. Lyashuk A. R. Comparative evaluation of milk productivity of holstein cows different lines in different age periods. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020; 6 (87): 189–195. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.6.189. (In Russ.)
13. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Neverova O. P., Romanova N. V., Kelin Yu. V. The association of productive and reproductive traits in cows of genealogical line Reflection Sovereign in different lactations. *Chief Animal Technician*. 2023; 11 (244): 10–20. DOI: 10.33920/sel-03-2301-03. (In Russ.)
14. Ivory R., Mangan D., McCleary B. V. Lactose Concentration in Low-Lactose and Lactose-Free Milk, Milk Products, and Products Containing Dairy Ingredients by High Sensitivity Enzymatic Method (K-LOLAC), Collaborative Study: Final Action 2020.08. *Journal of AOAC International*. 2022; 105 (6): 1617–1624. DOI: 10.1093/jaoacint/qsac070.
15. Gilabert-Oriol G. *Ultrafiltration membrane cleaning processes: optimization in seawater desalination plants*. Berlin, Boston: De Gruyter, 2021. DOI:10.1515/9783110715149.
16. Kashaninejad M., Razavi S. M. A. The effect of pH and NaCl on the diafiltration performance of camel milk. *International Journal of Dairy Technology*. 2021; 74 (3): 2431–2438. DOI: 10.1111/1471-0307.12774.
17. Shinde G. P., Kumar R., Reddy K. R., Nadanasabhpathi S., Dutt Semwal A. Effect of pulsed electric field processing on reduction of sulfamethazine residue content in milk. *Journal of Food Science and Technology*. 2022; 59 (5): 1931–1938. DOI: 10.1007/s13197-021-05207-0.
18. Vinogradova N. M., Avtaeva T., Prokhorov M. A., Gornostaev N. E., Zdyumaeva N. P. Features of seasonal dynamics of individual biochemical and hematological parameters of a cow. *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem Region*. 2024; 1 (13): 49–53. DOI: 10.52025/2712-8679_2024_01_49. (In Russ.)
19. Kanev P. N., Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Gorelik A. S., Rebezov M. B. The conjugation of productive features of dairy cattle of the Holstein breed. *Agrarian Science*. 2024; 3: 92–97. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97. (In Russ.)
20. Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kostomakhin N. M., Kharlap S. Yu., Belookov A. A., Belookova O. V., Kulmakova N. I. Influence of inbreeding degree on the milk yield efficiency. *Agrarian Science*. 2022; 10: 69–76. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-363-10-69-76. (In Russ.)
21. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu. Dynamics dairy productivity and service period for lactation in cows of different lines. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 2 (217): 23–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-23-39. (In Russ.)
22. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Azimova G. V., Achkasova E. V., Yastrebova E. A. Dairy productivity of daughters of Holstein bulls of different lines. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021; 2 (88): 262–265. (In Russ.)

Authors' information:

Nikolay V. Burachevskiy, postgraduate of the department of infectious and non-infectious pathology, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0003-1388-3818, AuthorID 1130827.

E-mail: nikolaburachevsky@mail.ru

Sergey G. Mayzel, doctor of technical sciences, professor, director of the Research Institute of Agro-Economic Development, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0000-3838-9961,

AuthorID 768905. E-mail: maizel_sg@urgau.ru

Irina M. Donnik, academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, professor, honorary worker of higher education of the Russian Federation, head of the department of infectious and non-infectious pathology, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-8593-7470, AuthorID 313786. E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru