



Оценка связи биохимических процессов и качества продукта при разработке биотехнологии сыра с благородной плесенью

Юлия Геннадьевна Стурова*, Анастасия Викторовна Гришкова**,***,
Вадим Владимирович Коньшин*

*Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул, Российская Федерация

**ФГБНУ ФАНЦА, отдел СибНИИС, г. Барнаул, Российская Федерация

***Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Стурова Юлия Геннадьевна, y_sturova@mail.ru

Аннотация. С конца 2014 года после введения эмбарго наблюдается значительное сокращение объемов импорта сыра. К числу запрещенной к ввозу продукции относятся сыры с плесенью. В связи с этим разработка новых технологий сыров является актуальной задачей, стоящей перед молочной отраслью. Группа сыров, созревающих при участии благородной плесени, является полезным продуктом, богатым содержанием белка, в состав которого входит множество незаменимых аминокислот, оказывающих благотворное влияние на укрепление стенок сосудов, снижение их ломкости. Микроорганизмы, входящие в состав микрофлоры закваски таких сыров, создают благоприятные условия в ЖКТ, способствуя оздоровлению микрофлоры кишечника, предупреждению бродильных процессов и метеоризма. Высокое содержание в сырах данной группы витамина В₁₂ положительно влияет на работу центральной нервной системы. Любое производство должно быть экономически целесообразным, способствующим снижению себестоимости продукта. Для увеличения дохода, а соответственно, рентабельности производства предложена разработка биотехнологии сыра, созревающего при участии благородной плесени, выработанного из смеси цельного молока и вторичного белково-углеводного сырья. Проведены исследования влияния вида белково-углеводного сырья, закваски и вида плесеней на физико-химические и органолептические свойства продукта, а также определено оптимальное соотношение сырья (молоко:пахта) для выработки сыра. Предлагаемый продукт исследован на предмет относительного состава азотистых фракций, наличие и количество летучих жирных кислот. Показано, что в опытных сырах, выработанных с применением благородной плесени, более интенсивно протекали процессы протеолиза и липолиза, что нашло свое отражение в улучшении органолептических показателей готового продукта. Полученный мягкий сыр имеет уникальные показатели, пикантный грибной вкус и может быть рекомендован для производства на сыродельных предприятиях.

Ключевые слова: благородная плесень, мягкий сыр, протеолиз, липолиз, водорастворимые жирные кислоты, азотистые фракции, органолептическая оценка сыра

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (№ 075-00316-20-01 от 21.02.2020; мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013).

Для цитирования: Стурова Ю. Г., Гришкова А. В., Коньшин В. В. Оценка связи биохимических процессов и качества продукта при разработке биотехнологии сыра с благородной плесенью // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 4. С. 566–575. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-566-575>.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Original article

Development of biotechnology for cheese having a noble mould: A relationship between biochemical processes and product quality

Yuliya G. Sturova*, Anastasiya V. Grishkova**,***, Vadim V. Konshin*

*Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation

**FSBSI FASCA, Department Siberian Research Institute of Cheese Making, Barnaul, Russian Federation

***Altai State Medical University, Barnaul, Russian Federation

Corresponding author: Yuliya G. Sturova, y_sturova@mail.ru

Abstract. Since late 2014, following the embargo, a significant reduction in cheese import, including mould cheese, has been observed. Developing new cheese technologies comprise therefore an urgent task for the milk industry. The cheeses ripened using noble mould represent a wholesome product, rich in protein, which contains many essential amino acids, beneficial for strengthening the walls of blood vessels and reducing angiaesthesia. The microorganisms in the cheese starter culture create favourable conditions for healthy microflora in the gastrointestinal tract, preventing fermentation and meteorism. The high content of vitamin B₁₂ in these cheeses has a positive effect on the central nervous system. Any production must be economically viable, lowering the production costs. In order to increase income, and consequently the profitability of production, the method of cheese ripening using a noble mould, obtained from a mixture of whole milk and secondary protein-carbohydrate raw materials, was proposed. The influence of the type of protein-carbohydrate raw material, yeast and mould on the physicochemical and organoleptic properties of the product was investigated. The optimal ratio of raw materials (milk:buttermilk) for cheese production was determined. The relative composition of nitrogen fractions and the presence and amount of volatile fatty acids in the proposed product were also examined. It was shown that proteolysis and lipolysis processes were more intensive in the experimental cheeses produced using a noble mould, resulting in the improvement of organoleptic characteristics of the finished product. The resulting soft cheese having unique characteristics and a tangy mushroom flavour can be recommended for production in cheese factories.

Keywords: noble mould, soft cheese, proteolysis, lipolysis, water-soluble fatty acids, nitrogen fractions, organoleptic evaluation of cheese

Funding. The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (no. 075-00316-20-01 dated February 21, 2020; mnemocode 0611-2020-013; topic number FZMM-2020-0013).

For citation: Sturova Yu. G., Grishkova A. V., Konshin V. V. Development of biotechnology for cheese having a noble mould: A relationship between biochemical processes and product quality. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biokhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(4):566-575. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-566-575>.

ВВЕДЕНИЕ

С конца 2014 года после введения эмбарго наблюдается значительное сокращение объемов импорта сыра. Большинство из прежних стран-экспортеров сыра в Россию попали под действие введенного летом 2014 года запрета на ввоз, на их долю приходилось до 70 % импорта сыров и творога [1]. К числу запрещенной к ввозу продукции относятся сыры с плесенью. Сегмент рынка плесневых сыров начал понемногу развиваться только к 2017 году в основном в крупных городах. Интерес к сырам с плесенью проявляется точечно, но он существует, и исчезновение экзотического продукта с прилавков вызовет волнение на рынке.

Импортозамещение, называемое ранее перениманием опыта иностранцев, занимало еще Н. В. Верещагина во второй половине XIX века [2]. На сегодняшний день Россия является страной, которая имеет довольно большой ассортимент молочных продуктов. Однако и сейчас по сравнению с Европой ассортимент сыров остается менее значимым. На государственном уровне стоит задача сделать изготовление товаров отечественного производства основой российской экономики. Премьер-министр Российской Федерации М. В. Мишустин в апреле 2022 года в ходе доклада в Государственной думе подчеркнул, что сегодня импортозамещение для России – «это вопрос экономического суверенитета».

В связи с этим разработка новых технологий сыров, в частности созревающих при участии благородной плесени, является актуальной и значимой задачей, стоящей перед молочным производством [3–6].

Сыр является одним из самых древних молочных продуктов. О возникновении многих видов сыров ходят легенды. Особую группу составляют сыры с плесенью. Ассортимент этого вида сыров насчитывает более 200 разновидностей. Он может быть мягким, полутвердым, твердым, с белой, голубой, зеленой, красной, черной плесенью и даже гибридами [1]. Все группы этих сыров объединяет то, что они вырабатываются и созревают с участием микрофлоры благородной плесени. Это очень полезный продукт, богатый содержанием белка, кальция, калия, фосфора, витаминов А, Е, группы В и других, а также макро- и микроэлементов. Кроме того, в состав сыра входят полезные бактерии, оказывающие положительное влияние на пищеварение [7, 8].

Для лучшего усвоения кальция организмом необходимы «помощники». При употреблении сыра с плесенью не нужно применять никаких добавок, потому что благородная плесень увеличивает уровень усвоения кальция организмом человека за счет своей ингибиторной способности. Запас кальция и калия в организме благотворно влияет на костную систему человека, зубную эмаль. Также важен тот факт, что содержание фосфора в таких сырах даже больше, чем в некоторых сортах рыбы [9, 10].

Систематическое и регулярное употребление сыра с плесенью помогает снизить негативное воздействие ультрафиолетовых лучей, а также замедляет преждевременное старение кожи за счет веществ, содержащихся в сыре и способствующих выработке мелатонина [10, 11].

Все микроорганизмы, входящие в состав ми-

крофлоры закваски таких сыров, создают благоприятные условия в ЖКТ для развития полезных бактерий, тем самым способствуя оздоровлению микрофлоры кишечника, предупреждению броидильных процессов и метеоризма. Благодаря насыщению организма витамином В₅ улучшается общий гормональный фон [9–12].

В сырах, созревающих при участии плесени, содержится в несколько раз больше витамина В₁₂, нежели в остальных сортах сыра. Данный витамин положительно влияет на работу центральной нервной системы, помогает в ее нормализации, повышает стрессоустойчивость, улучшает качество сна. Также этот витамин контролирует правильную работу надпочечников, предотвращая развитие острых воспалительных процессов [9–14].

Аминокислоты и жиры приносят пользу для всей сердечно-сосудистой системы. Сыры полезны для организма именно тем, что обладают высокой концентрацией необходимых незаменимых аминокислот, что помогает укреплять стенки сосудов, снижает их ломкость. Кроме этого, происходит насыщение клеток сердечной мышцы полезными жирами и, следовательно, улучшение качества работы жизненно важного органа, ускорение обменных процессов и обогащение клеток необходимыми минералами [11–15].

Следует отметить, что, как и при употреблении всех продуктов, витаминов и т. д., существует определенная норма потребления сыра – 50 г в день. При систематическом превышении данной нормы могут проявляться неблагоприятные последствия для человека в виде дисбактериоза, аллергических реакций на пенициллин, а также инфекционный листериоз, опасный для беременных женщин и протекающий бессимптомно [16].

В связи с нынешней экономической обстановкой в стране предприятия молочной промышленности вынуждены искать пути удешевления производства продукта. Процесс выработки сыров является затратным, т. к. выход сыра (в зависимости от вида) составляет меньше 50% от сырья, используемого для его производства. Также значимы затраты на уход во время созревания продукта и амортизацию оборудования для его выработки.

Одной из особо важных целей предприятий молочной промышленности, которая может способствовать снижению себестоимости продукта, является использование вторичного сырья, получаемого при производстве различных молочных продуктов. К вторичному сырью относятся молочная сыворотка (сладкая и кислая), пахта, обезжиренное молоко [17, 18].

При наращивании темпов по производству сыра и масла увеличивается объем ресурсов подсырной сыворотки и пахты. Более половины от всего объема пахты отправляется на предприятия, специализирующиеся на сельском хозяйстве, или просто выливается. Молочную сыворотку используют для выработки различных напитков с разнообразными наполнителями, но так как ее

объем от общего объема молока, направленного на выработку сыра или творога, составляет от 70 до 85%, то в производстве используется менее 30% от всей ее доли [19].

Данные вторичные продукты переработки молока являются ценным сырьем в промышленности. Они богаты сывороточными белками, аминокислотами, фосфатидами, лецитином, различными водо- и жирорастворимыми витаминами, минеральными солями. В пахту переходит значительное количество фосфолипидов и от 17 до 21% холестерина. Пахта обогащена жирными кислотами, в частности летучими, такими как муравьиная, уксусная, пропионовая и масляная [17–18]. Кроме того, пахта является богатым источником лецитина, который находится в ней в наиболее активной форме, поскольку связан с белком, образуя активный белково-лецитиновый комплекс [18, 20].

Использование пахты для тех или иных целей зависит от вида масла, при производстве которого она была получена. Так, пахта от производства сладкосливочного масла может быть использована для нормализации цельномолочной продукции, для производства напитков, творога, сыра, сгущенной и сухой пахты, а также для производства мороженого; пахта от кисломолочного масла может применяться для выработки кисломолочных напитков, творога, сыров и мороженого [17–20].

Для увеличения дохода, а соответственно, рентабельности производства является целесообразным применение вторичного сырья на предприятиях молочной промышленности при выработке молочных продуктов.

Целью проведенных исследований являлась разработка биотехнологии и исследование мягкого сыра, созревающего при участии благородной плесени, выработанного из смеси цельного молока и вторичного белково-углеводного сырья.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Все исследования, необходимые для проведения данной работы, осуществлялись в лаборатории кафедры технологии продуктов питания Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова и ЦКИ «Алтай-БиоЛакт».

В ходе данной работы вся продукция контролировалась по следующим показателям: органолептические (вкус, запах, консистенция и внешний вид, рисунок) и физико-химические (состав каждого компонента и смеси, титруемая кислотность, pH, массовая доля влаги и жира).

В качестве сырья для экспериментов использовалось сырое молоко и пахта. Сырье по органолептическим и физико-химическим показателям исследовалось в соответствии с нормативно-технической документацией:

- ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»;
- ГОСТ 31449–2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия»;

Таблица 1. Состав смесей для выработки мягкого сыра
Table 1. Composition of mixtures for the soft cheese production

№ образца	Содержание молока, %	Содержание сыворотки, %	Содержание пахты, %	Вид закваски	Вид культуры плесеней
1	60	–	40	1*	<i>Penicillium candidum</i>
2	60	–	40	1	<i>Penicillium roqueforti</i>
3	60	–	40	2*	<i>Penicillium candidum</i>
4	60	40	–	1	<i>Penicillium candidum</i>
5	60	40	–	1	<i>Penicillium roqueforti</i>
6	60	40	–	2	<i>Penicillium candidum</i>
7	60	–	40	1	<i>Penicillium candidum</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>
8	60	40	–	1	<i>Penicillium candidum</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>

Примечание. Для свертывания молока применяли заквасочные культуры, предоставленные компанией ООО «АлтаЛакт» (Россия, г. Барнаул): 1* – закваска МА, состоящая из *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*; *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; 2* – закваска МАG, состоящая из *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*; *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.

– ГОСТ Р 53513–2009 «Пахта и напитки на ее основе. Технические условия».

Определение продуктов распада казеина при созревании сыров проводили по фракциям с установлением количества азота в каждой фракции методом Кьельдаля согласно ГОСТ 34454–2018 «Определение массовой доли белка методом Кьельдаля» в аппарате VELP Scientifica UDK 159 (VELP, Италия).

Определение числа водорастворимых и органически растворимых летучих жирных кислот в сыре проводили по методу В. Аристовой и А. Карышевой [21].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сыры с плесенью вырабатываются из цельного молока. В настоящее время одной из целей предприятий молочной промышленности, как сказано выше, является переработка вторичного сырья с целью увеличения прибыли. Исходя из этого, было решено выработать мягкий сыр с различными видами плесеней и закваски из смеси цельного молока с сывороткой и пахтой.

Для выработки сыра было взято 8 различных вариантов смесей. Состав каждого варианта представлен в табл. 1.

Была проведена физико-химическая оценка цельного молока, пахты, сыворотки, а также их смесей. Данные исследований приведены в табл. 2 и 3.

Из смесей, указанных в табл. 1, было выработано 8 образцов сыра в соответствии с технологией производства мягкого сыра «Нежный» согласно ТУ 9225-005-02068315-96, выход продукта, массовая доля влаги и жира в сухом веществе этих образцов приведены в табл. 4.

Исходя из представленных данных, видно, что наибольший выход продукта был получен в об-

Таблица 2. Физико-химические показатели компонентов смесей

Table 2. Physico-chemical parameters of mixtures components

Исследуемый показатель	Молоко	Пахта	Сыворотка
Кислотность, °Т	18,0±0,4	21,0±0,7	13,0±0,6
М.Д.Ж., %	2,6±0,2	0,30±0,06	0,22±0,05
М.Д.Б., %	2,9±0,1	1,78±0,01	0,60±0,06

Таблица 3. Физико-химические показатели смесей

Table 3. Physico-chemical parameters of mixtures

Исследуемый показатель	60% молока и 40% пахты	60% молока и 40% сыворотки
Кислотность, °Т	17,0±0,4	15,0±0,4
М.Д.Ж., %	1,70±0,04	1,60±0,04
М.Д.Б., %	2,49±0,01	2,65±0,06

Таблица 4. Физико-химические показатели исследуемых образцов свежего сыра

Table 4. Physico-chemical parameters of the studied fresh cheese samples

Образец	Выход, %	М.Д.В, %	М.Д.Ж в СВ, %
1	11,20±0,43	59,50±0,65	45±1
2	11,10±0,23	59,30±0,53	45±1
3	10,30±0,17	59,80±0,16	45±1
4	6,30±0,24	49,80±0,16	43±1
5	8,20±0,16	43,80±0,42	42±1
6	7,20±0,24	49,80±0,16	43±1
7	11,10±0,16	59,20±0,69	45±1
8	8,30±0,17	49,50±0,65	43±1

разцах 1, 2, 3 и 7. Все 4 образца имеют в своем составе молоко и пахту.

Во время созревания был проведен контроль массовой доли влаги в сыре. Результаты представлены на рис. 1.

Исходя из данных диаграммы, представленной на рис. 1, можно сделать вывод, что изначально содержание влаги выше в образцах 1, 2, 3 и 7. Данные образцы представляют собой сыр из смеси цельного молока и пахты в пропорции 60 % молока и 40 % пахты. Содержание массовой доли влаги в готовом продукте сохраняется максимальным в вышеуказанных образцах до конца процесса созревания. Соответственно, можно сделать заключение, что в сырах, выработанных из смеси молока с пахтой, потеря влаги происходит медленней, чем при выработке продукта из смеси молока с сывороткой.

Также была проведена оценка на соответствие органолептических показателей готового продукта по 45-балльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ 33630–2015 «Сыры и сыры плавленные. Методы контроля органолептических показателей». Результаты оценки представлены на рис. 2.

Наивысший балл по органолептической оценке получил образец № 3 (смесь молока с пахтой, закваской MAG для сыра Камамбер и культурой плесени *Penicillium candidum*). Высокий балл также получили образцы № 1 (смесь молока с пахтой, закваской МА мезофильных бактерий и культурой плесени *Penicillium candidum*) и № 6 (смесь молока с подсырной сывороткой, закваской MAG для сыра Камамбер и культурой плесени *Penicillium candidum*). В данных образцах оценка была ниже из-за менее выраженного запаха.

Самый низкий балл отмечен у образца № 7 (смесь молока с пахтой, закваской мезофильных бактерий и культурой плесени *Penicillium*

candidum и *Penicillium roqueforti*). Сыр имел неприятный запах, посторонний вкус, нехарактерный для сыров с плесенью. Также на разрезе сыра не проросла зеленая плесень. Но при этом продукт имел отличную консистенцию.

Исходя из анализа всех полученных данных, для дальнейшего исследования был отобран образец № 1 (смесь молока с пахтой, закваской мезофильных бактерий и культурой плесени *Penicillium candidum*), поскольку он имел показатели жира в сухом веществе и влаги, соответствующие требованиям нормативно-технической документации на протяжении всего срока хранения, а также получил высокую органолептическую оценку. Таким образом, при проведении дальнейших исследований данный образец сыра являлся опытным, в качестве контроля взяли сыр, выработанный по технологии мягкого сыра «Нежный».

Дальнейшее исследование сыров проводилось на предмет относительного состава азотистых фракций и количественного наличия в жире низкомолекулярных растворимых (масляная, капроновая) и низкомолекулярных (летучих) нерастворимых в воде жирных кислот (каприловая, каприновая). Определение указанных показателей осуществляли после процесса самопрессования в возрасте 10 и 20 суток.

Главным показателем отражения общего протеолитического процесса является прирост общего растворимого азота. В возрасте 20 суток содержание данной фракции в опытном сыре было на 10% больше относительно контрольного образца (табл. 5). Фракция небелкового фильтрата, содержащего низкомолекулярные пептиды, представляет большой интерес. Так, в исследуемых сырах, выработанных с применением плесени, более интенсивно протекал процесс протеолиза. Содержание этой фракции

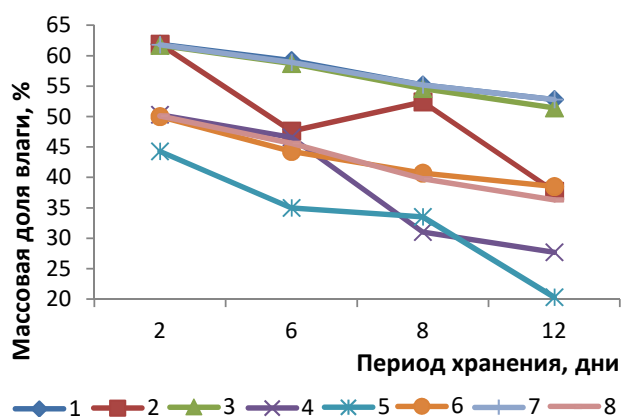


Рис. 1. Зависимость массовой доли влаги от времени созревания

Fig. 1. Relationship between the mass fraction of moisture and the ripening time

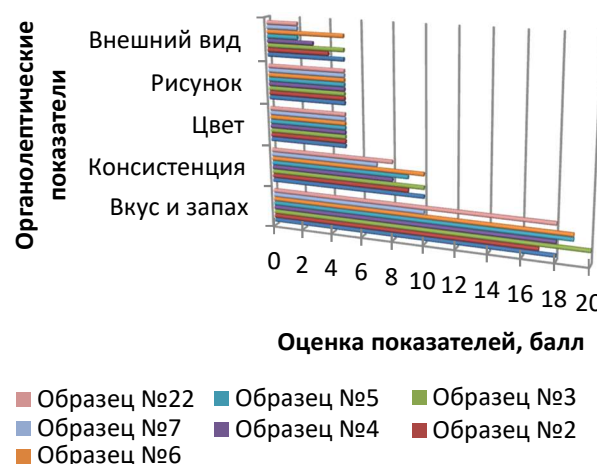


Рис. 2. Органолептическая оценка образцов сыра

Fig. 2. Organoleptic evaluation of cheese samples

Таблица 5. Изменение азотистого состава исследуемых сыров при хранении
Table 5. Changes in the nitrogen composition of the studied cheeses during storage

Образец сыра	Азот, в % от общего					
	Продолжительность хранения	Общий растворимый	Растворимый белковый	Небелковый	Полипептидов	Аминный
Опыт	После самопрессования	5,91±0,14	5,21±0,19	5,32±0,17	2,74±0,07	1,52±0,03
	10 суток	10,05±0,21	6,61±0,11	9,18±0,16	3,95±0,09	2,07±0,06
	20 суток	15,21±0,17	8,43±0,17	13,05±0,20	4,68±0,07	4,02±0,05
Контроль	После самопрессования	5,74±0,09	5,19±0,08	5,28±0,09	2,58±0,10	1,31±0,03
	10 суток	9,24±0,13	6,15±0,15	8,11±0,18	3,59±0,13	1,84±0,04
	20 суток	13,69±0,23	7,79±0,20	11,92±0,21	3,82±0,13	3,54±0,05

Таблица 6. Результаты исследования количества летучих жирных кислот в сыре
Table 6. Results of the study of LFA amount in cheese

Образец сыра	Продолжительность созревания	Водорастворимые летучие жирные кислоты	Органически растворимые летучие жирные кислоты
Опыт	После самопрессования	2,12±0,08	0,92±0,09
	10 суток	11,07±0,17	3,14±0,13
	20 суток	17,63±0,21	8,19±0,17
Контроль	После самопрессования	1,81±0,05	0,73±0,08
	10 суток	9,48±0,11	2,84±0,08
	20 суток	14,73±0,20	6,88±0,11

Таблица 7. Органолептические показатели образцов сыра
Table 7. Organoleptic parameters of cheese samples

Номер образца	Вкус и запах (max 20 б.)	Консистенция (max 10 б.)	Цвет (max 5 б.)	Внешний вид (max 5 б.)	Баллы
1	Отличный (20 б.)	Отличная (10 б.)	Равномерный (5 б.)	Характерный (5 б.)	40
2	Хороший (18 б.)	Хорошая (9 б.)	Равномерный (5 б.)	Характерный (5 б.)	37

в опытном сыре на 20,75 % больше по сравнению с контрольным образцом. Накопление фракции свободных аминокислот протекало более интенсивно при участии благородной плесени, прирост этой фракции по сравнению с сырами, в созревании которых плесень не принимает участия, составил 11,94 % (см. табл. 5, рис. 3).

Изменение содержания небелкового азота и азота аминокислот представлено на рис. 3.

Летучие жирные кислоты получали омылением жира щелочью с последующим разложением мыла серной кислотой и перегонкой образовавшихся летучих жирных кислот. Растворимые в воде кислоты перегоняли на дистилляционной установке с водяным паром, а нерастворимые – с парами этилового спирта.

Полученные результаты представлены в табл. 6.

Содержание водорастворимых летучих жирных кислот в сыре Камамбер через 20 суток после выработки составляло 17,63 единиц, что на 19,68% больше по сравнению с контрольным сыром, а органически растворимых – 8,19 единиц, что больше соответственно на 19,04 % (табл. 6, рис. 4).

Таким образом, можем отметить более интенсивный рост содержания жирных кислот в процессе созревания в сырах, выработанных с применением благородной плесени.

Тенденция к более глубоким преобразованиям азотистых соединений и жировых фракций в сырах, выработанных при участии благородной плесени, сопровождалась улучшением органолептических характеристик продукта. Оценка на соответствие органолептических показателей готового продукта была проведена по 45-балльной шкале по требованиям ГОСТ 33630–2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей». Результаты оценки экспериментального образца сыра представлены в табл. 7.

Опытный сыр обладает тонким пикантным грибным вкусом и ароматом, который обусловлен действием белой плесени, что определило более высокий балл по сравнению с контрольным сыром (см. табл. 6). Консистенция сыра эластичная с мягкой сердцевиной и плотным центром, что обусловлено липолитическим и протеолитическим действием плесени.

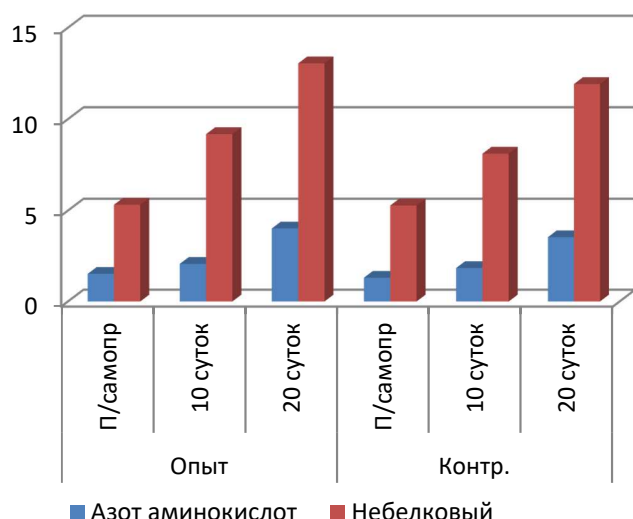


Рис. 3. Содержание небелкового азота и азота аминокислот в исследуемых сырах

Fig. 3. Content of non-protein nitrogen and amino acid nitrogen in the studied cheeses

Мягкий сыр с плесенью, полученный из смеси молока с пахтой, представляет собой круглую головку сыра, покрытую тонким слоем белой плесени. Готовый продукт заворачивается в фольгу. Продукт хранится при температуре от 0 до 6 °С и относительной влажности от 80 до 85% в течение 30 суток. После вскрытия упаковки сыр можно хранить не более 24 ч.

Разработанный по органолептическим свойствам сыр превосходит свой аналог, поэтому может быть предложен для производства на сыродельных предприятиях после разработки соответствующей технической документации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научной работы были проведены исследования влияния вида белково-углеводного сырья, закваски и вида плесеней на физико-хими-

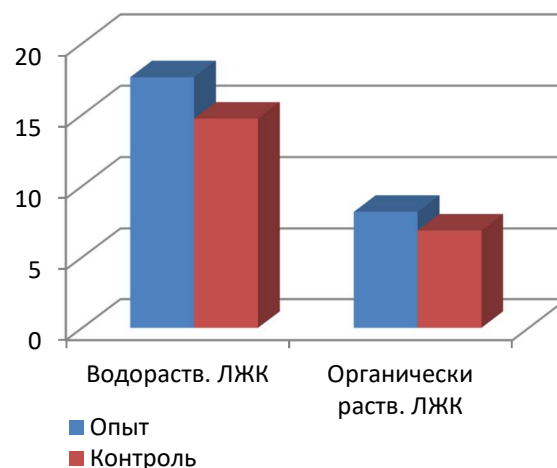


Рис. 4. Содержание водорастворимых и органически растворимых летучих жирных кислот в исследуемых сырах в возрасте 20 суток

Fig. 4. Content of water-soluble and organically soluble LFA in the studied cheeses at the age of 20 days

ческие и органолептические свойства продукта, а также определено оптимальное соотношение сырья (молоко:пахта) для выработки сыра. Готовый продукт исследован на предмет относительного состава азотистых фракций, наличие и количество летучих жирных кислот. Показано, что в опытных сырах, выработанных с применением благородной плесени, более интенсивно протекали процессы протеолиза и липолиза, что нашло свое отражение в улучшении органолептических показателей готового продукта. Полученный мягкий сыр, разработанный согласно рецептуре с использованием различных вносимых компонентов, по своим органолептическим, физико-химическим и микробиологическим характеристикам имеет уникальные показатели, пикантный грибной вкус и может быть рекомендован для производства на сыродельных предприятиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Щетинин М. П. Развитие отечественного сыроделия в условиях санкционной политики Евросоюза // Сыроделие и маслоделие. 2021. N 5. С. 4–7. <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2021-5-4-7>.
2. Тиханова О. С., Полянская И. С. К юбилею Н. В. Верещагина // Сыроделие и маслоделие. 2019. N 5. С. 52–53.
3. Мордвинова В. А., Свириденко Г. М., Остроухова И. Л., Остроухов Д. В. Формирование вкуса сыров с голубой плесенью // Сыроделие и маслоделие. 2020. N 2. С. 19–21. <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-2-17-19>.
4. Мусина О. Н., Сурай Н. М. Современные тенденции на российском рынке сыров // Сыроделие и маслоделие. 2021. N 2. С. 16–18. <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2021-2-16-18>.
5. Христенко Е. И., Аглиулин С. М., Полянская И. С. Сыры с благородной плесенью и слизью // Сыроделие и маслоделие. 2021. N 4. С. 14–15.
6. Кокшарова А. Н., Полянская И. С. Органо-

- лептический анализ уникальных видов сыров // Сыроделие и маслоделие. 2020. N 6. С. 26–28. <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-6-26-28>.
7. Стурова Ю. Г., Кашина Е. Д. Применение пробиотической закваски в биотехнологии мягкого сыра // Молочная промышленность. 2020. N 10. С. 49–51. <http://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-10-49-51>.
8. Стурова Ю. Г., Гришкова А. В., Коньшин В. В. Влияние пробиотических культур и липолитических ферментов на свойства молочного продукта в разрабатываемой биотехнологии сыра // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. T. 11. N 2. С. 290–298. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-290-298>.
9. Широких И. Г. Микроскопические грибы – уникальный источник биологически активных соединений // Теоретическая и прикладная экология. 2009. N 2. С. 13–20.
10. Остроухова И. Л., Мордвинова В. А., Свириденко Г. М., Остроухов Д. В., Мяконосов Д. С.

К вопросу вкусообразования сыров с белой плесенью // Сыроделие и маслоделие. 2019. N 2. С. 17–19. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-17-19>.

11. Садовая Т. Н. Исследование микроструктуры сыров с голубой плесенью // Техника и технология пищевых производств. 2010. Т. 19. N 4. С. 45–50.

12. Guarrasi V., Sannino C., Moschetti M., Bonanno A., Grigoli A. D., Settanni L. The individual contribution of starter and non-starter lactic acid bacteria to the volatile organic compound composition of Caciocavallo Palermitano cheese // International Journal of Food Microbiology. 2017. Vol. 259. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.022>.

13. Зиновьева Е. Н., Королева О. А., Курбанова М. Г. Особенности микрофлоры сыров с плесенью // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения. 2020. С. 164–168.

14. Максуини П. Л., Фокс П. Ф., Коттер П. Д., Эверетт Д. У. Сыр. Научные основы и технологии. СПб.: Профессия, 2019. Т. 1. 556 с.

15. Орлюк Ю. Т., Степанищев М. И. Исследование протеолиза и липолиза в сырах с плесенью // Техника и технология пищевых производств. 2013. Т. 30. N 3. С. 45–48.

16. Овчарова Д. М., Стурова Ю. Г. Влияние грибковых культур на органолептические и био-

химические свойства продуктов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XX Международной научно-практической конференции. Барнаул: АГТУ им. И. И. Ползунова, 2019. С. 259–261.

17. Новокшанова А. Л., Топникова Е. В., Абабкова А. А. Анализ аминокислотного состава обезжиренного молока и пахты для производства кисломолочного напитка при внесении гидролизата сывороточных белков // Вопросы питания. 2019. Т. 88. N 3. С. 90–96. <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10034>.

18. Вышемирский Ф. А., Ожгихина Н. Н. Пахта: минимум калорий – максимум биологической ценности // Молочная промышленность. 2011. N 9. С. 54–56.

19. Степанов К. М., Дармаева Г. Г., Ханхалдаева С. Г., Васильев С. С. Безотходная переработка молочного сырья // Молочная промышленность. 2020. N 2. С. 43–45. <http://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-02-43-44>.

20. Храмцов А. Г. Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. N 3. С. 5–15. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15>.

21. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1971. 423 с.

REFERENCES

1. Shchetinin M. P. Development of domestic cheese making in the context of the eu sanctions policy. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2021;(5):4-7. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2021-5-4-7>.

2. Tihanova O. S., Polyanskaya I. S. To the jubilee of N. V. Vereshchagin. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2019;(5):52-53. (In Russian).

3. Mordvinova V. A., Sviridenko G. M., Ostrouhova I. L., Ostrouhov D. V. The formation of the taste of blue cheese. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2020;(2):19-21. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-2-17-19>.

4. Musina O. N., Surai N. M. Modern trends in the Russian cheesemarket. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2021;(2):16-18. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2021-2-16-18>.

5. Khristenko E. I., Agliulin S. M., Polyanskaya I. S. Cheeses with noble slime and mold. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2021;(4):14-15. (In Russian).

6. Koksharova A. N., Polyanskaya I. S. Organoleptic analysis of unique types of cheeses. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2020;(6):26-28. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-6-26-28>.

7. Sturova Yu. G., Kashina E. D. Application of probiotic starter culture in soft cheese biotechnology. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy Industry*. 2020;(10):49-51. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-10-49-51>.

<http://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-10-49-51>.

8. Sturova Yu. G., Grishkova A. V., Konshin V. V. The effect of probiotic crops and lipolytic enzymes on the properties of dairy products in the cheese biotechnology under development. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(2):290-298. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-290-298>.

9. Shirokikh I. G. Macroscopic fungi as a unique source of natural bio-active compounds. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*. 2009;(2):13-20. (In Russian).

10. Ostrouhova I. L., Mordvinova V. A., Sviridenko G. M., Ostrouhov D. V., Myagkonosov D. S. To the item of taste formation in the cheese with white mould. *Syrodellie i maslodellie = Cheesemaking and Buttermaking*. 2019;(2):17-19. (In Russian). <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-17-19>.

11. Sadovaya T. N. Investigation of microstructure of cheeses with blue mold. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*. 2010;19(4):45-50. (In Russian).

12. Guarrasi V., Sannino C., Moschetti M., Bonanno A., Grigoli A. D., Settanni L. The individual contribution of starter and non-starter lactic acid bacteria to the volatile organic compound composition of Caciocavallo Palermitano cheese. *International Journal of Food Microbiology*. 2017;259:35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.022>.

13. Zinov'eva E. N., Koroleva O. A., Kurbanova M. G. Features of the microflora of cheeses with mold. *Ag-*

ropromyshlennomu kompleksu – novye idei i resheniya. 2020;164-168. (In Russian).

14. Maksuini P. L., Foks P. F., Kotter P. D., Eve-rett D. U. *Cheese. Scientific foundations and technologies*. Saint-Petersburg: Professiya; 2019, vol. 1, 556 p. (In Russian).

15. Orluk U. T., Stepanischev M. I. The research of proteolysis and lipolysis in cheeses with mold. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;30(3):45-48. (In Russian).

16. Ovcharova D. M., Sturova Yu. G. The effect of fungal cultures on the organoleptic and biochemical properties of products. In: *Sovremennye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevykh proizvodstv: materialy XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Modern Problems of Technology and Technology of Food Production: Materials of the XX International Scientific and Practical Conference*. Barnaul: AGTU im. I. I. Polzunova, 2019. P. 259-261. (In Russian).

17. Novokshanova A. L., Topnikova E. V., Ababkova A. A. Analysis of amino acid composition of skim milk and

buttermilk for the production of dairy drink when introducing whey protein hydrolysate. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2019;88(3):90-96. (In Russian). <http://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10034>.

18. Vyshemirskii F. A., Ozhghina N. N. Butter-milk: minimum of calories-maximum of biological value. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy Industry*. 2011;(9):54-56. (In Russian).

19. Stepanov K. M., Darmaeva G. G., Hanhal-daeva S. G., Vasiliev S. S. Wasteless processing of the milk raw materials. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy Industry*. 2020;(2):43-45. (In Russian). <http://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-02-43-44>.

20. Khrantsov A. G. Innovative solutions in milk whey production. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*. (In Russian). 2018;48(3):5-15. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15>.

21. Inikhov G. S., Brio N. P. *Methods of analysis of milk and dairy products*. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'; 1971, 423 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ю. Г. Стурова,

к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46,
Российская Федерация,
y_sturova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

А. В. Гришкова,

к.т.н., доцент, старший научный сотрудник
лаборатории биохимии молока
и молочных продуктов,
ФГБНУ ФАНЦА, отдел СибНИИС,
656016, г. Барнаул, ул. Советской армии, 66,
Российская Федерация;
к.т.н., доцент,
Алтайский государственный медицинский
университет,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 40,
Российская Федерация,
anastasiya-kriger@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1117-0489>

В. В. Коньшин,

д.х.н., доцент, заведующий кафедрой
химической технологии,
Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46,
Российская Федерация,
vadandral@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9335-1824>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuliya G. Sturova,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 656038,
Russian Federation,
y_sturova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4492-6628>

Anastasiya V. Grishkova,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Senior Researcher,
Laboratory of Biochemistry of Milk
and Dairy Products,
FSBSI FASCA, Department Siberian Research
Institute of Cheese Making,
66, Sovetskoi Armii St., Barnaul, 656016,
Russian Federation;
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Altai State Medical University,
40, Lenin Ave., Barnaul, 656038,
Russian Federation,
anastasiya-kriger@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1117-0489>

Vadim V. Konshin,

Dr. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Head of the Chemical Technology Department,
Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 656038,
Russian Federation,
vadandral@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9335-1824>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Поступила в редакцию 08.07.2022.

Одобрена после рецензирования 20.10.2022.

Принята к публикации 30.11.2022.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 08.07.2022.

Approved after reviewing 20.10.2022.

Accepted for publication 30.11.2022.