

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-361-368>



Поступила 02.11.2022

Поступила после рецензирования 21.11.2022

Принята в печать 24.11.2022

© Мордвинова В. А., Топникова Е. В., Данилова Е. С., Остроухова И. Л., 2022

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ЖИРОВОЙ ФАЗЕ НА ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОЛУТВЕРДЫХ И ТВЕРДЫХ СЫРОВ

Мордвинова В. А., Топникова Е. В., Данилова Е. С.*, Остроухова И. Л.

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия, Углич, Ярославская область, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сыр твердый, сыр полутвердый, органолептические свойства, жирнокислотный состав, степень зрелости, кислотное число, число Рейхерта-Мейссля, вкусо-ароматические вещества

АННОТАЦИЯ

Изготовление сыров — это сложный процесс, который сопровождается метаболизмом лактозы, протеолизом и липолизом. Вкусовой букет созревающих сыров формируется в результате изменений всех составных частей молока. На этот процесс влияют условия содержания и кормления жвачного животного, его вид, порода, а также технологические особенности производства сыра. Свой вклад в формирование вкусового букета сыра вносит молочный жир, который в процессе переработки молока на сыр подвергается отдельным изменениям. Исследовали полутвердые сыры — Голландский и Витязь и твердый сыр — Италико, изготовленные из одного и того же молока-сырья с использованием характерной для этих сыров микрофлорой. Температура второго нагревания составляла от 39 °С до 54 °С, в зависимости от вида сыра. Для оценки качества сыров определяли их физико-химический состав и степень зрелости, органолептические показатели и содержание летучих вкусо-ароматических соединений, кислотное число, число Рейхерта-Мейссля и жирнокислотный состав жировой фазы сыров. При сравнительных исследованиях сыров выявлены особенности формирования показателей их качества, обусловленные составом и технологией изготовления. Они проявились во вкусовом букете и консистенции продукта, а также в жирнокислотном составе сыров, подтвердив значимость жировой фазы в формировании качества исследуемых сыров в процессе их выработки, созревания и хранения. Доказано, что даже незначительное повышение кислотного числа жира при выработке всех сыров способствует дальнейшей трансформации образующихся свободных жирных кислот в летучие вкусо-ароматические соединения, принимающие участие в формировании вкуса и аромата готового продукта.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FNEN-2019-0012 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 02.11.2022

Accepted in revised 21.11.2022

Accepted for publication 24.11.2022

© Mordvinova V. A., Topnikova E. V., Danilova E. S., Ostroukhova I. L., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

IMPACT OF CHANGES IN THE FAT PHASE ON THE PECULIARITIES OF THE FORMATION OF QUALITY INDICATORS OF SEMI-HARD AND HARD CHEESES

Valentina A. Mordvinova, Elena V. Topnikova, Ekaterina S. Danilova*, Irina L. Ostroukhova

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking, Uglich, Yaroslavl Region, Russia

KEY WORDS:

hard cheese, semi-hard cheese, organoleptic properties, fatty acid composition, degree of maturity, acid number, Reichert-Meissl number, flavoring substances

ABSTRACT

Cheesemaking is a complex process that involves lactose metabolism, proteolysis and lipolysis. The flavor bouquet of ripening cheeses is formed as a result of changes in all the components of milk. The conditions of keeping and feeding a ruminant, its type, breed, as well as the technological features of cheese production influence this process. Milk fat contributes to the formation of the flavor bouquet of cheese, which undergoes separate changes in the stage of milk processing for cheese. We studied semi-hard cheeses — Dutch and Vityaz and hard cheese — Italiko, made from the same raw milk using the microflora characteristic of these cheeses. The temperature of the second heating ranged from 39 °C to 54 °C, depending on the type of cheese. To assess the quality of cheeses, their physical and chemical composition and degree of maturity, organoleptic indicators and the content of volatile flavoring compounds, acid number, Reichert-Meissl number and fatty acid composition of the fatty phase of cheeses were determined. In comparative studies of cheeses, the features of the formation of their quality indicators, due to the composition and manufacturing technology, were revealed. They manifested themselves in the flavor bouquet and texture of the product, as well as in the fatty acid composition of cheeses, confirming the importance of the fat phase in the quality formation of the studied cheeses during their production, ripening and storage. It has been proven that even a slight increase in the acid number of fat during the production of all cheeses contributes to the further transformation of the resulting free fatty acids into volatile flavoring compounds that take part in the formation of the taste and aroma of the finished product.

FUNDING: The article was published as part of the research topic FNEN-2019-0012 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мордвинова, В. А., Топникова, Е. В., Данилова, Е. С., Остроухова, И. Л. (2022). Влияние изменений в жировой фазе на особенности формирования показателей качества полутвердых и твердых сыров. *Пищевые системы*, 5(4), 361-368. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-361-368>

FOR CITATION: Mordvinova, V. A., Topnikova, E. V., Danilova, E. S., Ostroukhova, I. L. (2022). Impact of changes in the fat phase on the peculiarities of the formation of quality indicators of semi-hard and hard cheeses. *Food Systems*, 5(4), 361-368. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-361-368>

1. Введение

Формирование вкусового букета созревающих сыров — сложный биохимический процесс, в результате которого претерпевают изменения все составные части молока.

При изготовлении сыров протекают три основных биохимических процесса, связанные с превращениями углеводов, белков и жиров [1,2]. Метаболизм лактозы — самый быстротечный процесс, который протекает под действием заквасочной микрофлоры. Вторым процессом является протеолиз. В большинстве твердых сыров отмечают довольно интенсивный протеолиз, который в этой группе сыров осуществляется по тому же механизму, что и в полутвердых сырах, но с разной скоростью вследствие более низкой влажности сырной массы. Основными агентами протеолиза являются молокосвертывающие ферменты, ферменты заквасочных культур и ферменты микроорганизмов остаточной микрофлоры сырого молока. Третьим процессом является липолиз, который может иметь разную степень выраженности — от слабого до умеренного, интенсивного и довольно интенсивного. Он происходит под действием молокосвертывающих ферментов, ферментов, выделяемых микроорганизмами заквасочной и остаточной микрофлоры сырого молока, обладающих различной липолитической активностью [3,4].

Работами А. Thierrya, Y. F. Collins, M. и других исследователей [5,6] показано, что липолиз и катаболизм жирных кислот (ЖК) являются ключевыми процессами созревания и генерируют ароматические соединения, которые считаются важными для большинства сортов созревших сыров. Даже в сыре с низким уровнем липолиза свободные жирные кислоты (СЖК) обычно воспринимаются и могут отвечать либо за ожидаемый баланс вкуса, либо за дефекты вкуса, в зависимости от концентрации СЖК и сорта сыра. СЖК являются предшественниками многих других важных ароматических соединений в сыре, таких как сложные эфиры, метилкетоны, лактоны и вторичные спирты [7,8,9].

Образование СЖК в сырах напрямую зависит от состава жирных кислот и из местоположения в молекулах триглицеридов исходного молочного жира, содержащегося в молоко-сырье. Поэтому жирнокислотный состав различных сыров является предметом изучения ученых из разных стран. Исследования проводятся по различным направлениям, но их результаты иногда носят противоречивый характер. При этом следует отметить, что очевидным является влияние вида и породы жвачного животного, а также условий содержания и кормления на молоко-сырье. Это влияние подтверждается результатами исследований и признается всеми учеными. Однако данные, приводимые в части изменений жировой фазы в зависимости от технологических факторов, не всегда однозначны. Вместе с тем очевидно, что в процессе переработки молока на сыр молочный жир, наряду с другими составными частями молока, подвержен воздействию как биохимических факторов (ферменты заквасочной микрофлоры, дополнительно внесенные липолитические ферменты), так и технологических (температурно-временных) факторов. Поэтому следует ожидать изменения целого ряда показателей качества жировой фазы молока-сырья при его переработке в сыр с возможным влиянием на качество сыра в целом.

Особенностью изготовления созревающих сыров в РФ является использование молока, подвергнутого низкотемпературной обработке (как правило, 72 ± 2 °C) с использованием заквасочной микрофлоры, включающей как мезофильные, так и термофильные лактококки и палочки. Композиционный состав заквасочной микрофлоры обеспечивает разнообразие органолептических показателей сыров [10,11].

Поскольку особая роль в питании человека отводится конъюгированной линолевой кислоте (CLA), итальянскими учеными [12] было изучено ее содержание в 52 итальянских и французских коммерческих сырах. Исследователи сгруппировали их по следующим критериям: (1) сыры, полученные из молока одного и того же вида жвачных животных, но с применением разных технологий производства; (2) сыры, произведенные из молока разных видов жвачных животных (коза, овца, корова), но с использованием сходных процессов производства сыра. Установлено расположение видов жвачных животных в соответствии с возрастающей концентрацией CLA в сыре: коза = корова < овца. В сырах из овечьего молока были самые высокие уровни CLA (9,86 мг/г жира), α -линоленовой кислоты (0,75%) и транс-вакценовой кислоты (1,63%), а также самые низкие содержания линолевой кислоты (1,80%) и олеиновой кислоты (16,83%). Сравнение сыров, полученных из молока одного и того же вида жвачных животных, но с использованием разных технологий производства, выявило статистически значимые различия в профилях жирных кислот, которые могли быть связаны с разной степенью липолиза в сравниваемых сырах. Тем не менее статистически значимых различий в концентрации CLA обнаружено не было; это говорит о том, что факторы, участвующие в процессе производства сыра, как правило, не влияют на содержание CLA в молочном жире. Однако уточнений о том, какие технологические факторы имеют в виду, получить не удалось.

Существует и другое мнение. Исследование польских ученых [4] было направлено на оценку состава жирных кислот в твердых сырах из коровьего, овечьего и козьего молока. Овечьи и козий сыры были более богаты источниками короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) ($14,73 \pm 2,55\%$ и $14,80 \pm 2,80\%$ соответственно), чем сыры из коровьего молока ($9,38 \pm 0,87\%$). Эти сыры имели значительно более высокое ($p < 0,05$) содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), самое низкое соотношение омега-6/омега-3 и самое высокое содержание жирных кислот. Достоверно более высокое ($p < 0,05$) содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) обнаружено в овечьих сырах. В козьих сырах было наиболее высокое содержание омега-3. Сделан вывод, что различия в жирнокислотном составе могут быть обусловлены различиями как в составе молока, так и в технологии сыроделия.

Многие исследования посвящены изучению роли свободных жирных кислот в формировании вкусового профиля сыров различных групп.

В работе турецких ученых P. Kara др. [14] показано, что в сыре Afyon Tulum из козьего молока количество летучих жирных кислот ($C_{4:0}-C_{10:0}$) повышалось до 30-х суток ($p < 0,05$) и снижалось к 90-м суткам созревания. Уровни свободных жирных кислот ($C_{12:0}-C_{18:2}$) в основном снижались на 30-е сутки, а к концу периода созревания снова начинали повышаться. К концу шестимесячного созревания в сыре отмечены минимальные уровни содержания жирных кислот $C_{18:1}$ и $C_{4:0}$.

M. C. Qian, H. M. Burbank [15] изучали содержание свободных жирных кислот в твердых итальянских сырах и их влияние на аромат сыра. Было установлено, что бутановая, гексановая и октановая кислоты часто вызывают прогорклый, «потный», козий и в целом неприятный запах, но эти жирные кислоты также имеют дополнительные дескрипторы аромата, такие как сырный и острый. Эти короткоцепочечные жирные кислоты с четным числом углеродных атомов (от C_4 до C_8) очень желательны в сыре для придания определенных характеристик общему вкусу и аромату.

С другой стороны, СЖК со средней длиной цепи, например, декановая (C₁₀) и додекановая (C₁₂) кислоты, не так желательны из-за их мыльного и воскового аромата. СЖК с более длинной цепью, например, от C₁₄ до C₂₀, практически не имеют запаха, поэтому не способствуют общему аромату пармезана. В работе подтверждено, что СЖК с длиной цепи от C₂ до C₈ важны для аромата для сыров типа пармезан. Помимо их вклада в формирование сырного аромата, в целом, СЖК также являются предшественниками многих других важных ароматических соединений, включая альдегиды, метил кетоны, сложные эфиры и лактоны.

Отдельные жирные кислоты вовлекаются в процесс β-окисления, результатом которого является образование метилкетонов. Свободные ненасыщенные жирные кислоты, особенно линолевая и линоленовая, являются предшественниками C₈ ароматических соединений, относящихся к классу спиртов и образуемых за счет внутримолекулярного окисления. Если в результате гидролиза жира накапливаются свободные гидроксикислоты, входящие в состав молочного жира, то они под действием липоксигеназ или гидратаз микроорганизмов могут легко превращаться в другие ароматические соединения сыра — лактоны [1].

В Российской Федерации в последнее время жирнокислотный состав сыров различных групп был отнесен к критериям идентификации натуральности продукта без учета особенностей его возможных изменений в различных сырах.

Цель данной работы — изучить изменения в жировой фазе выработанных из одного сырья полутвердых и твердых сыров, происходящие под воздействием технологических факторов в процессе их выработки, созревания и хранения, и оценить влияние этих изменений на показатели качества готовых сыров.

2. Объекты и методы

Объектами исследования были сыры, формованные из пласта, с одинаковой массовой долей жира в сухом веществе, но принадлежащие к разным группам по идентификационному показателю массовой доли влаги в обезжиренном веществе: Голландский и Витязь — полутвердые сыры; Италико — твердый сыр.

Для их выработки использовали сырое коровье молоко, полученное от одного стада сельхозпроизводителя Ярославской области, отнесенное к сыропригодному. В соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013¹, молоко до переработки в сыры было подвергнуто предварительной тепловой обработке (низкотемпературной пастеризации). Температура пастеризации составляла (72 ± 2) °С.

Технологические режимы обработки соответствовали виду сыра и составу используемой заквасочной микрофлоры. Температуру второго нагревания как фактор обеспечения необходимой степени обезвоживания сырного зерна, а также создания благоприятных условий для развития заквасочной микрофлоры в исследуемых сырах, устанавливали в диапазонах, представленных в Таблице 1.

В сырах в возрасте 45 сут, 75 сут и 120 сут определяли физико-химические показатели (массовую долю влаги и активную кислотность) по ГОСТ Р 55063² и основные органолептические характеристики (вкус и запах, консистенцию и рисунок) по ГОСТ 33630³.

¹ ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года № 67). Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/499050562>. Дата обращения 25 октября, 2022.

² ГОСТ Р 55063–2012 «Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». — М.: Стандартинформ, 2013. — 28 с.

³ ГОСТ 33630–2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей». — М.: Стандартинформ, 2016. — 55 с.

Таблица 1. Особенности состава заквасочной микрофлоры и температура второго нагревания для исследуемых сыров

Table 1. Features of the composition of the starter microflora and the temperature of the second heating for the studied cheeses

Наименование сыра	Состав заквасочной микрофлоры	Температура второго нагревания
Голландский (полутвердый)	Мезофильные лактококки: <i>Lc. lactissubsp. lactis</i> , <i>Lc. lactissubsp. cremoris</i> , <i>Lc. lactissubsp. diacetylactis</i> , <i>Leuconostoc lactis</i>	39–40 °С
Витязь (полутвердый)	Мезофильно-термофильная микрофлора: <i>Lc. Lactis subsp. lactis</i> , <i>Lc. Lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lc. Lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i>	46–47 °С
Италико (твердый)	Термофильная микрофлора: <i>Str. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> и <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis</i>	52–54 °С

Степень зрелости сыров определяли по буферности водорастворимой фракции белков⁴. Массовую долю жира зрелых сыров в пересчете на сухое вещество определяли кислотным методом, а массовую долю поваренной соли — кондуктометрическим методом в соответствии со стандартизованными в ГОСТ Р 55063 методиками².

Показатели качества жировой фазы сыров: число Рейхерта–Мейссля определяли методом титрования водорастворимых летучих жирных кислот, выделенных из омыленного жира перегонкой с водяным паром по ГОСТ Р 70238⁵, а кислотное число жира — титриметрическим методом по ГОСТ Р 50457⁶.

В процессе выработки, созревания и хранения полутвердых и твердых сыров исследовали жирнокислотный состав и динамику накопления вкусо-ароматических веществ в паровой фазе сыра. Метилловые эфиры жирных кислот получали по ГОСТ 31665⁷ переэтерификацией с метанольным раствором метилата натрия. Определение жирнокислотного состава проводили методом газовой хроматографии по ГОСТ 32915⁸. Применяли газовый хроматограф «Хромос ГХ-1000» (ООО «Хромос», Россия), колонку CP — Sil 88 for FAME100 m × 0.25 mm × 0.2 μm (Agilent Technologies, США). Объем вводимой пробы — 1 мм³; температура инжектора — 220 °С; программа термостата: 1) 100 °С — 4 мин, с повышением температуры на 5 °С в течение 20 мин; 2) 170 °С — 20 мин, с повышением температуры на 5 °С в течение 9 мин; 3) 215 °С — 30 мин (продолжительность анализа — 77 мин); газ-носитель — азот. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили по стандартной смеси Supelko 37 Component FAME Mix (Supelko, США). Расчет полученных данных проводили методом внутренней нормализации в программе «Хромос».

Вкусо-ароматические вещества (ВAB) в сырах определяли методом парофазной хроматографии. Для проведения исследований использовали: газовый хроматограф «Цвет-800»

⁴ МИ буферности сыра титриметрическим методом с визуальной индикацией точки конца титрования № ФР .1.31.2018.31538

⁵ ГОСТ Р 70238–2022 «Молоко и молочная продукция. Метод идентификации состава жировой фазы и определение массовой доли молочного жира». — М.: Стандартинформ, 2022. — 24 с.

⁶ ГОСТ Р 50457–92 (ИСО 660–83) Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности. — М.: Госстандарт России, 1994. — 7 с.

⁷ ГОСТ 31665–2012 «Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот». — М.: Стандартинформ, 2019. — 8 с.

⁸ ГОСТ 32915–2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава методом газовой хроматографии». — М.: Стандартинформ, 2019. — 10 с.

(ОАО «Цвет», г. Дзержинск, Россия) с устройством равновесного пара «Фаза» для отбора пара, находящегося в термодинамическом равновесии с последующим дозированием отобранного пара в аналитическую колонку газового хроматографа; колонка стеклянная (длина 2 м, внутренний диаметр 2 мм) с насадкой OV-210 на хроматоне N-AW-HMD (0,16–0,20 мм). Условия проведения анализа: температура термостатирования колонок — 70 °С; температура испарителя — 90 °С; температура переходной камеры — 90 °С; расход газа-носителя (азота) — 30 см³/мин, водорода — 30 см³/мин, воздуха — 300 см³/мин. Общее содержание летучих ВАВ вычисляли как среднее арифметическое суммы площадей всех пиков на хроматограмме по результатам двух параллельных определений каждого испытуемого образца. Массовую долю индивидуальных летучих компонентов в процентах вычисляли методом нормализации площадей газохроматографических пиков. Анализировали пробу исследуемого объекта массой 3 г, предварительно измельченную и нагретую на водяной бане до 50 °С. Непосредственно перед проведением анализа пробу встряхивали для установления термодинамического равновесия. Длительность анализа — 900 сек. Обработку полученных данных проводили методом внутренней нормализации с помощью программы «Цвет-Аналитик» с последующей идентификацией соответствующих пиков.

3. Результаты и обсуждение

Использованное сырье и режимы обработки позволили получить полутвердые и твердые сыры с характерными для них физико-химическими показателями как после пресса, так и после созревания и хранения. Массовая доля жира в сухом веществе в зрелых сырах составляла $45,0 \pm 0,7\%$, массовая доля соли в сыре Витязь была $1,70 \pm 0,08\%$, в остальных сырах — $1,80 \pm 0,08\%$.

Степень зрелости исследованных полутвердых сыров соответствовала показателю 85–90 °Б для Витязя, 65–75 °Б — для Голландского и 110–115 °Б — для твердого сыра Италико, что соответствовало показателям кондиционной зрелости. Число Рейхерта-Мейссля жировой фазы зрелых сыров составляло от 22,1 до 25,5 и соответствовало показателям для натурального сыра. Данные по массовой доле влаги и рН в процессе созревания и хранения сыров приведены в Таблице 2.

Анализ результатов Таблицы 2 показал, что по массовой доле влаги и уровню молочнокислого процесса все сыры соответствовали особенностям своей видовой группы (полутвердые с низкой и средней температурой второго нагревания и твердые сыры).

Органолептическая оценка полутвердых сыров проводилась в возрасте кондиционной зрелости, т. е. по окончании созревания. Для сыров Голландский и Витязь кондиционная зрелость наступает в 45 сут, а для твердого сыра Италико — в 120 сут. Дополнительно сыры Голландский и Витязь контролировались в процессе хранения (в возрасте 75 и 120 суток). Контрольная точка для сыра Италико в возрасте 75 сут соответствовала «молодому» сыру. Результаты исследований вкуса, запаха, рисунка и цвета сыров приведены в Таблице 3.

Результаты органолептической экспертизы показали, что полутвердые сыры (Голландский и Витязь) в возрасте кондиционной зрелости имели выраженные характеристики вкуса с характерными нотами. Однако при хранении сыров имели место отличия в сохранности качества. Так, в сыре Витязь через 30 сут хранения было отмечено появление во вкусе легких посторонних привкусов, являющихся показателями признаков перезрелости. При дальнейшем хранении эти признаки прогрессировали, что привело к снижению балловой оценки сыра за вкус.

Таблица 2. Физико-химические показатели сыров

Table 2. Physical and chemical indicators of cheeses

Наименование сыра	Возраст сыра, сут					
	45		75		120	
	м.д. влаги, %	рН, ед. рН	м.д. влаги, %	рН, ед. рН	м.д. влаги, %	рН, ед. рН
<i>Голландский (полутвердый)</i>	40,6±0,4	5,26±0,06	39,7±0,4	5,24±0,06	37,4±0,4	5,29±0,06
<i>Витязь (полутвердый)</i>	40,0±0,4	5,78±0,06	39,2±0,4	5,65±0,06	37,1±0,4	5,68±0,06
<i>Италико (твердый)</i>	38,4±0,4	5,86±0,06	36,7±0,4	5,82±0,06	35,2±0,4	5,65±0,06

Таблица 3. Органолептическая оценка сыров

Table 3. Organoleptic evaluation of cheeses

Наименование сыра	Возраст сыра, сут		
	45	75	120
	Характеристика вкуса и запаха		
<i>Сыр Голландский</i>	Выраженный сырный, острый, гармоничный	Выраженный сырный, слегка кисловатый	Выраженный сырный, с признаками перезрелости
<i>Сыр Витязь</i>	Выраженный сырный, легкая пряность, кисловатость	Выраженный сырный, пряноватый, легкая горчинка, легкий посторонний	Выраженный сырный, пряноватый, легкая горчинка, легкая кислинка, признаки перезрелости
<i>Сыр Италико</i>	—	Слабовыраженный сырный, чистый, легкая пряность	Выраженный сырный, чистый, в послевкусии сливочность, легкая пряность, легкая фруктово-сть
Консистенция			
<i>Сыр Голландский</i>	Слегка пластичная	Излишне пластичная, слегка вязкая	Излишне пластичная
<i>Сыр Витязь</i>	Слегка пластичная, элементы вязкости, легкая мучнистость	Вязкая, мучнистая	Вязкая
<i>Сыр Италико</i>	—	Эластичная, слегка резиновая	Эластичная, слегка плотная, хорошо расходуется

Рисунок соответствует виду исследуемого сыра

Признаки перезрелости выявились и в консистенции этого сыра, что выразилось в появлении вязкости и ее усилении в процессе дальнейшего хранения сыра. Необходимо отметить, что в составе заквасочной микрофлоры сыра Витязь, наряду с мезофильными лактококками, присутствовала термофильная палочка *Lactobacillus helveticus*, которая отличается более активными протеолитическими свойствами по сравнению с мезофильными лактококками. Ее наличие отразилось не только на вкусе, но и на консистенции сыра.

Сыр Голландский показал более высокую хранимостпособность как по оценке вкуса, так и консистенции. К концу периода наблюдений сыр приобрел признаки выдержанного сыра с высокой балловой оценкой.

Общее содержание летучих ВАВ в процессе хранения сыра Голландский увеличилось в 1,1 раза, в составе преобладали альдегиды, присутствовали спирты, летучие кислоты и кетоны. В сыре Витязь в процессе 60-суточного хранения количество летучих ВАВ увеличилось в 1,2 раза, по мере дальнейшего хранения произошло их снижение, что может быть связано с трансформацией летучих веществ в нелетучие. В их составе преобладали спирты и альдегиды, присутствовали кислоты и кетоны. Количество летучих кислот в паровой фазе сыра Витязь было выше, чем в сыре Голландский.

Сыр Италико в кондиционном возрасте 120 сут имел характеристики традиционного выдержанного сыра с выраженным сырным вкусом, гармоничным вкусовым букетом с нотами сливочности, легкой пряности и фруктовоности, которых еще не было в «молодом» сыре. К этому возрасту общее содержание летучих вкусо-ароматических веществ в сыре увеличилось в 2,7 раза по сравнению с сыром в 45-суточном возрасте. В составе летучих ВАВ преобладали спирты и альдегиды, присутствовали кислоты и кетоны, спектр которых был более разнообразным. Консистенция сыра Италико к концу исследуемого периода соответствовала характерным для твердых сыров характеристикам: эластичная, слегка плотная, но хорошо расходящаяся в полости рта после его разжевывания.

Изменения жирнокислотного состава жировой фазы сыров оценивали в динамике, начиная с молока-сырья, затем в сырах после прессования и в возрасте 30, 45, 60 и 120 суток. Сыр Италико дополнительно исследовался в 6 месяцев.

Исследования ЖКС показали, что при выработке исследуемых сыров из одного и того же молока-сырья наблюдаются тенденции к изменению содержания отдельных жирных кислот и их основных групп. Эти изменения, по-видимому, связаны с механическим и ферментативным воздействием на жир молока при изготовлении сыра. Описанные процессы приведены в исследованиях отечественных и зарубежных ученых [17,18,19,20,21].

Изменения групп основных жирных кислот (низкомолекулярных, насыщенных, мононенасыщенных, полиненасыщенных и прочих) в процессе выработки, созревания и хранения сыров, изготовленных из одного молока-сырья, отражены в Таблице 4.

Из данных Таблицы 4 видно, что существенные изменения в большей степени касаются низкомолекулярных жирных кислот (C₄-C₁₀):

- в 60 суток для сыра Витязь отмечалось повышение массовой доли низкомолекулярных жирных кислот на 23,1% от первоначального их содержания в молоко-сырье, а в сравнении со 120 сутками хранения этот показатель уменьшился на 11,9% к предыдущей точке контроля;
- для Голландского сыра от исходного молока-сырья до 45 суток созревания повышение массовой доли низкомолекулярных жирных кислот (C₄-C₁₀) составило 16%, на

60 и 120 сутки этот показатель снизился и приблизился к первоначальному их значению в использованном для выработки молоке;

- для сыра Италико рост C₄-C₁₀ составил 25,4% от первоначального их содержания в молоке. При исследовании данного образца в 6 месяцев, по сравнению со 120 сутками хранения, отмечено снижение этой группы жирных кислот на 5,5%.

Таблица 4. Изменение состава жировой фазы при выработке сыров разных групп из одного молока-сырья (среднее по трем повторностям)

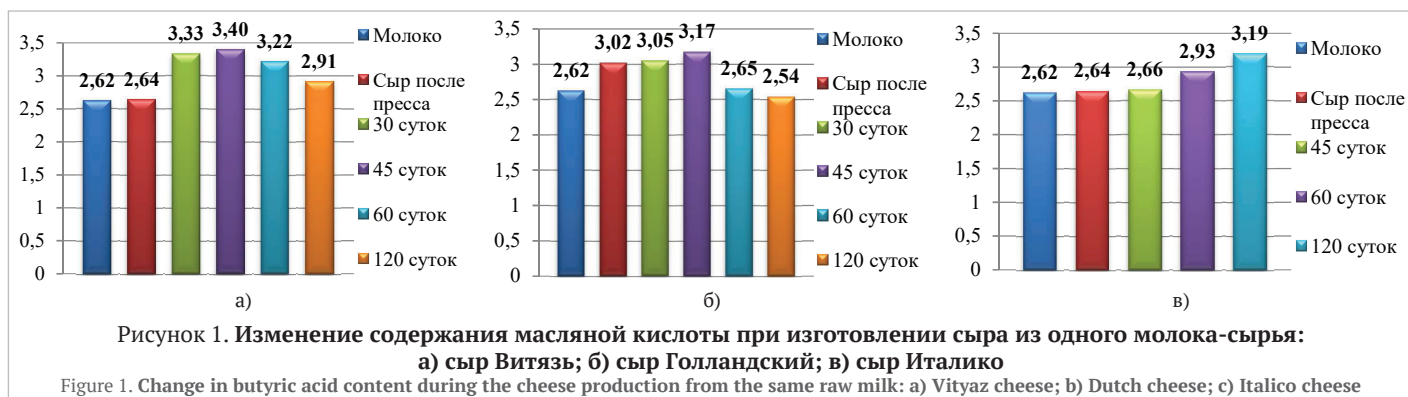
Table 4. Changes in the composition of the fat phase during the production of cheeses of different groups from the same raw milk (average over three repetitions)

Суммы метиловых эфиров жирных кислот	Массовая доля метиловых эфиров жирных кислот, %						
	Молоко	Сыр после пресса	30 суток	45 суток	60 суток	120 суток	6 месяцев
Для сыра Витязь							
Низкомолекулярные	8,63	8,96	10,07	10,32	10,62	9,36	—
Насыщенные	65,04	64,57	65,27	64,65	66,24	65,10	—
Мононенасыщенные	26,59	26,94	26,31	26,84	25,62	26,56	—
Полиненасыщенные	4,75	4,91	4,80	4,93	4,59	4,80	—
Прочие	3,62	3,58	3,62	3,58	3,55	3,54	—
Для сыра Голландский							
Низкомолекулярные	8,63	9,66	9,69	10,01	8,77	8,78	—
Насыщенные	65,04	65,08	64,53	64,99	65,12	65,57	—
Мононенасыщенные	26,59	26,57	26,62	26,63	26,64	26,1	—
Полиненасыщенные	4,75	4,79	5,06	4,82	4,78	4,72	—
Прочие	3,62	3,56	3,79	3,56	3,46	3,61	—
Для сыра Италико							
Низкомолекулярные	8,63	8,63	—	8,99	9,30	10,82	10,23
Насыщенные	65,04	65,13	—	64,71	64,61	66,57	69,14
Мононенасыщенные	26,59	26,85	—	26,69	27,04	25,41	22,69
Полиненасыщенные	4,75	4,82	—	4,90	4,87	4,48	3,26
Прочие	3,62	3,20	—	3,70	3,48	3,54	4,91

В процессе полного цикла исследований для сыра Италико отмечена динамика повышения насыщенных жирных кислот и снижения суммы ненасыщенных жирных кислот. Для сыров Витязь и Голландский, по сравнению с жирнокислотным составом исходного молока-сырья, кроме низкомолекулярных и полиненасыщенных ЖК, существенных изменений в остальных группах не отмечено.

При обработке полученных данных по жирнокислотному составу было установлено, что наибольшим изменениям среди низкомолекулярных жирных кислот в процессе выработки, созревания и хранения подвергается масляная кислота (Рисунок 1), что согласуется с данными других исследователей [20,22,23].

Количество масляной кислоты под воздействием комплекса технологических и микробиологических факторов в процессе выработки и созревания сыров повысилось на 1,5–27,1%. На стадии созревания механизм изменения масляной кислоты в жировой фазе сыров Витязь и Голландский был идентичен, отличия имели только цифровые показатели, которые к концу хранения снизились на 12,6–16,7%. В процессе выработки сыров полутвердых Витязь и Голландский от молока до конца созревания 30 и 45 сут содержание масляной кислоты повышалось, а затем по мере увеличения срока выдержки 60 и 120 сут постепенно снижалось.



В процессе выработки сыра твердого Италико содержание масляной кислоты от молока-сырья до 120 суток увеличивалось на 21,8%, в 6 месяцев наблюдалась небольшая тенденция к снижению ее количества.

Результаты приведенных исследований указывают на изменения в жирнокислотном составе, происходящие при производстве, созревании и хранении разных видов сыров. При изготовлении твердых сыров происходят более глубокие изменения жирнокислотного состава жира, чем при производстве полутвердых сыров с низкой и средней температурой второго нагревания. Они выражаются в повышении доли низкомолекулярных жирных кислот, особенно масляной, и в снижении доли моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Эти изменения связаны с воздействием на жировую фазу липолизических ферментов, приводящих к частичному липолизу молочного жира и способствующих дальнейшей трансформации свободных жирных кислот в другие продукты липолиза.

Кислотное число жира (КЧ), выделенного из нормализованных смесей для сыра, составило 0,4–0,6 мг КОН/1 г. Кислотное число жира, выделенного из исследуемых сыров, приведено в Таблице 5.

Таблица 5. Изменение кислотного числа жира в процессе выработки, созревания и хранения разных сыров

Table 5. Changes in the acid number of fat during the production, ripening and storage of various cheeses

Объект исследования	Показатели кислотного числа, мг КОН/1 г жира		
	Сыр Витязь	Сыр Голландский	Сыр Италико
Жировая фаза сыра после пресса	0,6±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1
30 суток	0,7±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1
45 суток	0,7±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1
60 суток	0,7±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1
120 суток	0,8±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1
6 месяцев	—	—	0,7±0,1

Из Таблицы 5 видно, что при выработке всех сыров из одного молока-сырья кислотное число жира повышалось, хотя и не существенно — на 0,1–0,3 мг КОН/1 г жира от первоначального его значения в нормализованной смеси для сыра. Образующиеся при гидролизе жира свободные жирные кислоты подвергались дальнейшей трансформации с образованием вкусо-ароматических соединений, участвующих в формировании вкусового букета продукта. Изменения в жировой фазе также оказали влияние на характеристики консистенции сыров.

4. Выводы

Исследованиями показано, что при выработке сыра из одного и того же молока-сырья определенное влияние на формирование качества оказывают параметры технологического процесса: температура второго нагревания и состав заквасочной микрофлоры, массовая доля влаги в сыре. Тенденция к повышению кислотного числа жира при выработке сыров из одного молока-сырья характеризует начало липолиза в жире, который в дальнейшем приводит к образованию вкусо-ароматических соединений, участвующих в формировании вкусового букета продукта. Изменения в жировой фазе, протекающие наряду с изменениями в белковой фазе сыра, оказывают влияние на консистенцию сыров.

Результатами исследований подтверждены различия в формировании жирнокислотного профиля сыров, выработанных с применением различающихся по составу заквасочных микроорганизмов. Установлено, что при производстве твердых сыров происходят более глубокие изменения жирнокислотного состава жира, чем при изготовлении полутвердых сыров с низкой и средней температурой второго нагревания. Данные изменения связаны с повышением доли низкомолекулярных жирных кислот, что особенно отражается на показателе масляной кислоты и на снижении доли моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Наибольшие количественные изменения в процессе выработки, созревания и хранения сыров, независимо от вида сыра, характерны для масляной кислоты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D., Everett, D. W. (2017). Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Vol. 1: General aspects. London; San Diego, CA: Academic Press, 2017.
- Scott, R., Robinson, R.C., Wilby, R. A. (1998). Cheesemaking Practice. Springer New York, NY, 1998.
- Ferlay, A., Martin, B., Pradel, Ph., Coulon, J.B., Chilliard, Y. (2006). Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and montbéliarde cow breeds. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4026–4041. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72446-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72446-8)
- Paszczyk, B., Łuczynska, J. (2020). The comparison of fatty acid composition and lipid quality indices in hard cow, sheep, and goat cheeses. *Foods*, 9(11), Article 1667. <https://doi.org/10.3390/foods9111667>
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L., Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841–866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)
- Thierry, A., Collins, Y. F., Mukdsi, M. A., McSweeney, P. L., Wilkinson, M. G., Spinnler, H. E. (2017). Lipolysis and metabolism of fatty acids in cheese. Chapter in a book: Cheese. Academic Press, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00017-X>
- Serrapica, F., Masucci, F., Di Francia, A., Napolitano, F., Braghieri, A., Esposito, G. et al. (2020). Seasonal variation of chemical composition, fatty acid profile, and sensory properties of a mountain pecorino cheese. *Foods*, 9(8), Article 1091. <https://doi.org/10.3390/foods9081091>

8. Chavarri, F., Virto, M., Martin, C., Nájera, A. I., Santisteban, A., Barrón, L. J. et al. (1997). Determination of free fatty acids in cheese: comparison of two analytical methods. *Journal of Dairy Research*, 64(3), 445–452. <https://doi.org/10.1017/S0022029997002197>
9. Gioacchini, A. M., De Santi, M., Guescini, M., Brandi, G., Stocchi, V. (2010). Characterization of the volatile organic compounds of Italian 'Fossa' cheese by solid-phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24(23), 3405–3412. <https://doi.org/10.1002/rcm.4782>
10. Романова, Н. В., Иванова, Е. В., Терентьев, С. Е. (2020). Подбор заквасок прямого внесения для твердых сыров. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 82(1(83)), 187–193. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-187-193>
11. De Luca, V., Perotti, M. C., Wolf, I. V., Meinardi, C. A., Mandrich, L. (2018). The addition of the thermophilic esterase EST2 influences the fatty acids and volatile compound profiles of semi hard cheeses. *Food Science and Technology*, 39, 711–720. <https://doi.org/10.1590/fst.06018>
12. Prandini, A., Sigolo, S., Piva, G. (2011). A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.04.004>
13. Kara, R., Bulut, S., Akkaya, L. (2014). Determination of fatty acid composition of afyon tulum cheese. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2(1), 17–20. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-1-3>
14. Qian, M. C., Burbank, H. M. (2007). Hard Italian cheeses: Parmigiano-reggiano and grana padano. *Improving the Flavour of Cheese*, 421–443. <https://doi.org/10.1533/9781845693053.4.421>
15. Topnikova, E. V., Mordvinova, V. A., Sviridenko, G. M., Danilova, E. S. (2019). Study of fatty acid of milk for cheese production. *Food Systems*, 2(4), 34–37. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-4-34-37>
16. Уманский, М. С. (2000). Селективный липолиз в биотехнологии сыра. Барнаул: 2000.
17. Горбатова, К. К. (2004). Химия и физика молока. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004.
18. Töpel, A. (2007). Chemistry and physics of milk: natural product, raw materials, food products. Behr, Germany, 2007. (In German)
19. Тихомирова, И. А., Аксенова, В. П., Андрюхина, О. Л. (2016). Современные технологии управления процессами обеспечения качества молока. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*, 3(23), 42–50.
20. Bešić, A., Hrapović, E., Čaklović, K., Rahmanović, B. (2022). *Microbiological safety of dairy products of individual producers that are not under the supervision of veterinary and sanitary inspection in FB&H*. 10th Central European Congress on Food. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-5-031-04797-8_28
21. Trbović, D., Petronijević, R., Đorđević, V. (2017). *Chromatography methods and chemometrics for determination of milk fat adulterants*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 85(1), Article 12025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012025>
22. Temizkan, R., Can, A., Dogan, M. A., Mortas, M., Ayvaz, H. (2020). Rapid detection of milk fat adulteration in yoghurts using near and mid-infrared spectroscopy. *International Dairy Journal*, 110, Article 104795. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104795>
23. Aquilanti, L., Santarelli, S., Babini, V., Osimani, A., Clementi, F. (2013). Quality evaluation and discrimination of semi-hard and hard cheeses from the Marche region (Central Italy) using chemometric tools. *International Dairy Journal*, 29(1), 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.001>

REFERENCES

1. McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D., Everett, D. W. (2017). *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. Vol. 1: General aspects. London; San Diego, CA: Academic Press, 2017.
2. Scott, R., Robinson, R.C., Wilby, R. A. (1998). *Cheesemaking Practice*. Springer New York, NY, 1998.
3. Ferlay, A., Martin, B., Pradel, Ph., Coulon, J.B., Chilliard, Y. (2006). Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and montbéliarde cow breeds. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4026–4041. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72446-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72446-8)
4. Paszczyk, B., Łuczyska, J. (2020). The comparison of fatty acid composition and lipid quality indices in hard cow, sheep, and goat cheeses. *Foods*, 9(11), Article 1667. <https://doi.org/10.3390/foods9111667>
5. Collins, Y. F., McSweeney, P. L., Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841–866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)
6. Thierry, A., Collins, Y. F., Mukdys, M. A., McSweeney, P. L., Wilkinson, M. G., Spinnler, H. E. (2017). Lipolysis and metabolism of fatty acids in cheese. Chapter in a book: *Cheese*. Academic Press, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00017-X>
7. Serrapica, F., Masucci, F., Di Francia, A., Napolitano, F., Braghieri, A., Esposito, G. et al. (2020). Seasonal variation of chemical composition, fatty acid profile, and sensory properties of a mountain pecorino cheese. *Foods*, 9(8), Article 1091. <https://doi.org/10.3390/foods9081091>
8. Chavarri, F., Virto, M., Martin, C., Nájera, A. I., Santisteban, A., Barrón, L. J. et al. (1997). Determination of free fatty acids in cheese: comparison of two analytical methods. *Journal of Dairy Research*, 64(3), 445–452. <https://doi.org/10.1017/S0022029997002197>
9. Gioacchini, A. M., De Santi, M., Guescini, M., Brandi, G., Stocchi, V. (2010). Characterization of the volatile organic compounds of Italian 'Fossa' cheese by solid-phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24(23), 3405–3412. <https://doi.org/10.1002/rcm.4782>
10. Романова, Н. В., Иванова, Е. В., Терентьев, С. Е. (2020). Selection of starter cultures of direct application for hard cheeses. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 82(1(83)), 187–193. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-187-193> (In Russian)
11. De Luca, V., Perotti, M. C., Wolf, I. V., Meinardi, C. A., Mandrich, L. (2018). The addition of the thermophilic esterase EST2 influences the fatty acids and volatile compound profiles of semi hard cheeses. *Food Science and Technology*, 39, 711–720. <https://doi.org/10.1590/fst.06018>
12. Prandini, A., Sigolo, S., Piva, G. (2011). A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.04.004>
13. Kara, R., Bulut, S., Akkaya, L. (2014). Determination of fatty acid composition of afyon tulum cheese. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2(1), 17–20. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-1-3>
14. Qian, M. C., Burbank, H. M. (2007). Hard Italian cheeses: Parmigiano-reggiano and grana padano. *Improving the Flavour of Cheese*, 421–443. <https://doi.org/10.1533/9781845693053.4.421>
15. Topnikova, E. V., Mordvinova, V. A., Sviridenko, G. M., Danilova, E. S. (2019). Study of fatty acid of milk for cheese production. *Food Systems*, 2(4), 34–37. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-4-34-37>
16. Umansky, M. S. (2000). Selective lipolysis in cheese biotechnology. Bar-naul: ASTU, 2000. (In Russian)
17. Gorbatova, K. K. (2004). Chemistry and physics of milk. St. Petersburg: GIORД, 2004. (In Russian)
18. Töpel, A. (2007). Chemistry and physics of milk: natural product, raw materials, food products. Behr, Germany, 2007. (In German)
19. Тихомиров, И. А., Аксенова, В. П., Андрюхина, О. Л. (2016). Modern technologies for managing milk quality assurance processes. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization*, 3(23), 42–50. (In Russian)
20. Bešić, A., Hrapović, E., Čaklović, K., Rahmanović, B. (2022). *Microbiological safety of dairy products of individual producers that are not under the supervision of veterinary and sanitary inspection in FB&H*. 10th Central European Congress on Food. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-5-031-04797-8_28
21. Trbović, D., Petronijević, R., Đorđević, V. (2017). *Chromatography methods and chemometrics for determination of milk fat adulterants*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 85(1), Article 12025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012025>
22. Temizkan, R., Can, A., Dogan, M. A., Mortas, M., Ayvaz, H. (2020). Rapid detection of milk fat adulteration in yoghurts using near and mid-infrared spectroscopy. *International Dairy Journal*, 110, Article 104795. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104795>
23. Aquilanti, L., Santarelli, S., Babini, V., Osimani, A., Clementi, F. (2013). Quality evaluation and discrimination of semi-hard and hard cheeses from the Marche region (Central Italy) using chemometric tools. *International Dairy Journal*, 29(1), 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.001>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Мордвинова Валентина Александровна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-915-970-36-38 E-mail: v.mordvinova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8588-7103</p>	<p>Valentina A. Mordvinova, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of Cheese Making Department, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-915-970-36-38 E-mail: v.mordvinova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8588-7103</p>
<p>Топникова Елена Васильевна — доктор технических наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-910-666-93-93 E-mail: e.topnikova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0225-6870</p>	<p>Elena V. Topnikova, Doctor of Technical Sciences, Director, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-910-666-93-93 E-mail: e.topnikova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0225-6870</p>
<p>Данилова Екатерина Сергеевна — младший научный сотрудник, отдел маслоделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-960-527-61-48 E-mail: e.danilova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5522-224X * автор для контактов</p>	<p>Ekaterina S. Danilova, Junior Researcher, Buttermaking Department, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-960-527-61-48 E-mail: e.danilova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5522-224X * corresponding author</p>
<p>Остроухова Ирина Леонидовна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-48532-9-81-52 Тел.: +7-910-972-91-22 E-mail: i.ostroukhova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8578-4163</p>	<p>Irina L. Ostroukhova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Cheese Making, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-910-972-91-22 E-mail: i.ostroukhova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8578-4163</p>
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.