

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3-180-189>

Поступила 24.08.2021

Поступила после рецензирования 17.09.2021

Принята в печать 25.09.2021

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

Обзорная статья

РИСУНОК В СЫРАХ: ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

Лепилкина О. В.*, Лепилкина О. Н., Логинова И. Н.

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сыр, глазки, причины образования, методы контроля

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены результаты научных исследований процесса образования глазков в сырах в зависимости от способа формования и режимов прессования сырной массы; вида газообразующих микроорганизмов, входящих в состав закваски; реологических свойств сырной массы; наличия в сырной массе «зародышей» — центров формирования глазков. Отмечено, что наиболее изученными в части формирования рисунка являются крупные сыры типа эмментальского или швейцарского с глазками диаметром до 3 см, которые легко можно оценить, подсчитав их количество и объем. Для этого существуют методы визуализации глазков в объеме сыра: рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, ультразвуковое и акустическое зондирование. Наименее изученным остается процесс образования рисунка в сырах типа тильзитера и российского, формуемых насыпью, с большим количеством глазков неправильной, угловатой формы. В связи с наблюдаемой тенденцией к утрате отличительных признаков сыров этого типа (редкие, недостаточно выраженные глазки) придается важное значение объективным методам оценки рисунка в этих сырах как одного из важнейших показателей качества продукта. Так как компьютерная томография, рентген и магнитно-резонансная томография являются методами, требующими дорогостоящего оборудования, для использования в рутинных исследованиях обоснована необходимость в более простой процедуре, пригодной для производственных лабораторий сыродельных предприятий. Исходя из допущения, что сыры с частым рисунком угловатой, неправильной формы можно рассматривать как пористые тела, сделано предположение о целесообразности разработки метода измерений коэффициента пористости, который мог бы дополнить органолептическую оценку рисунка объективным показателем, позволяющим проводить отбраковку сыров по этому признаку.

Received 24.08.2021

Accepted in revised 17.09.2021

Accepted for publication 25.09.2021

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

Review article

EYES IN CHEESE: REASONS FOR FORMATION AND METHODS OF ASSESSMENT

Olga V. Lepilkina*, Olga N. Lepilkina, Irina V. Loginova

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

KEY WORDS:

cheese, eyes, causes of education, control methods

ABSTRACT

The results of scientific research of the process of eyes formation in cheeses depending on the molding method and modes of pressing the cheese mass; the type of gassing microorganisms that make up the starter culture; rheological properties of curd; the presence in the cheese mass of “germs” — the centers of the formation of eyes — are considered. It is noted that the most studied in terms of the formation of the pattern are large cheeses of the Emmental or Swiss type with eyes up to 3 cm in diameter, which can be easily estimated by calculating their quantity and volume. For this, there are methods for visualizing eyes in the volume of cheese: X-ray, computed and magnetic resonance imaging, ultrasound and acoustic sounding. The least studied is the process of pattern formation in cheeses like Tilsiter and Russian, molded in bulk, with a large number of irregular, angular eyes. In connection with the observed tendency to the loss of the distinctive features of this type of cheese (rare, insufficiently pronounced eyes), great importance is attached to objective methods for assessing the pattern in these cheeses as one of the most important indicators of the product quality. Since computed tomography, X-ray and magnetic resonance imaging are methods that require expensive equipment, the need for a simpler procedure, suitable for production laboratories of cheesemaking enterprises, is justified for use in routine examinations. Based on the assumption that cheeses with a frequent pattern of angular, irregular shape can be considered as porous bodies, an assumption was made about the advisability of developing a method for measuring the porosity coefficient, which could supplement the organoleptic assessment of the pattern with an objective indicator that would allow the rejection of cheeses on this basis.

1. Введение

Сыр относится к числу древнейших и важнейших пищевых продуктов, получивших широкое признание во всем мире. Он производится из молока различных животных с разнообразными вкусом, консистенцией, внешним видом и формой [1,2,3]. Кусок сыра обладает способностью передавать атмосферу самобытности разных стран и потому этот

продукт по праву считается маркером идентичности во многих культурах [4,5,6].

Одним из важных идентификационных признаков сыра является его рисунок — это вид сыра на разрезе, характеризующийся определенной формой, количеством, размером и расположением глазков. Отклонение рисунка от типичного для данного вида сыра говорит о нарушениях технологии

Для ЦИТИРОВАНИЯ: Лепилкина, О. В., Лепилкина, О. Н., Логинова, И. Н. (2021). Рисунок в сырах: причины образования и методы оценки. *Пищевые системы*, 4(3), 180-189. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3-180-189>

FOR CITATION: Lepilkina, O. V., Lepilkina, O. N., Loginova, I. V. (2021). Eyes in cheese: reasons for formation and methods of assessment. *Food systems*, 4(3), 180-189. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3-180-189>

или санитарных условий изготовления. Это влияет на органолептические показатели готового продукта: вкус, запах, консистенцию, внешний вид. Поэтому рисунок является одним из значимых показателей качества сыра, а его контроль — важным элементом комплексного контроля качества продукта [3,7,8,9,10].

В настоящее время во многих странах, в том числе в Российской Федерации оценка рисунка сыров проводится визуально. Как и все органолептические методы, этот способ является субъективным, и его результаты могут быть оспорены. Проведение объективной оценки бывает необходимо, например, при присвоении сыру высшей категории качества или для подтверждения исключительных свойств сыра при присвоении ему наименования места происхождения товара. Для этого требуется использование дополнительных критериев и методов оценки рисунка, позволяющих объективно судить о качестве сыров по этому показателю.

Особое внимание в последние годы привлечено к неразрушающим методам оценки качества сыра. Для контроля за формированием рисунка продукта используются рентгеновские системы, компьютерное зрение (CV), компьютерная томография (СТ), магнитно-резонансная томография (MRI) [2]. Использование указанных методов в условиях производственных лабораторий сыродельных предприятий проблематично по причине высокой стоимости оборудования и высоких требований к обслуживающему персоналу. Поэтому специалистами-сыроделами в разных странах предпринимались попытки разработать простые инструментальные способы контроля рисунка сыра, позволяющие провести быструю оценку этого показателя в созревающих и зрелых сырах.

Методическая сторона вопроса о контроле рисунка сыра неразрывно связана с исследованием причин и механизмов образования глазков в сырах, а также с изучением факторов, влияющих на этот процесс. Сыр является многофакторной биологической системой, состоящей из гетерогенных классов соединений (жиров, белков и углеводов) в сложной физической матрице, структура которой содержит микро- и макрополости, заполненные газом. Оценка и мониторинг образования сырного рисунка — это сложные задачи, требующие использования дополнительных методов для эффективного изучения этого процесса.

Сведения, представленные в настоящем обзоре, имеют целью информирование интересующихся специалистов сыроделия о достигнутых на данный момент результатах исследований причин и факторов влияния на образование глазков в сырах, а также методических аспектах оценки этого процесса.

2.1 Причины образования и факторы влияния на рисунок сыров

Каждый вид сыра должен иметь свой характерный рисунок, состоящий из глазков, которые образуются вследствие локального концентрирования газовой фазы в структуре продукта. Выделяют два источника образования газовой фазы в сырах. Один из них — это воздух, который попадает в сырную массу во время формования. В сырах, формируемых насыпью или наливом, включение воздуха в сырную массу является обязательным условием осуществления процесса. Находясь между сырными зёрнами, воздух запрессовывается в сырную массу, образуя пустотный щелевидный рисунок неправильной, угловатой формы, являющийся видовым признаком этой группы сыров [11,12]. В процессе созревания сыра такой рисунок мало изменяется [13,14].

Второй источник газа в сырной массе — образование его микроорганизмами заквасочной микрофлоры во время созревания продукта. В результате сбраживания ими лактозы

наряду с молочной и уксусной кислотами образуются газообразные вещества, которые, скапливаясь в микропустотах и полостях, оказывают давление на их стенки, способствуя формированию глазков. Преобладающим компонентом газовой фазы в сырах на всех этапах созревания является углекислый газ (CO_2) [11,15,16,17,18].

На формирование рисунка, кроме источников газообразования, влияют взаимоотношения компонентов газовой фазы и сырной массы. С одной стороны, этот процесс зависит от количества, состава и скорости образования газовой фазы, а с другой — от физико-химических свойств и реологического состояния сырной массы. Образующийся в сыре газ распределяется по нескольким направлениям: необратимо поглощается сырной массой, находится в свободной фазе, локально распределяется в сырной массе, выделяется в атмосферу [15,16,17].

Майоров А. А. и соавторы [15] рассматривают теорию образования рисунка на примере сыра с высокой температурой второго нагревания. В соответствии с ней продуцированный микрофлорой газ начинает насыщать сырную массу. В случаях ее полного насыщения или превышения скорости продуцирования над скоростью поглощения происходит выделение газа в свободную фазу. Этот газ заполняет микропустоты в сырной массе. Скапливаясь в них, газ способствует увеличению размера полостей, образуя глазки. На более поздних стадиях созревания сыра, когда продуцирование газов микроорганизмами уменьшается, процессы поглощения газов сырной массой и диффузия их в атмосферу продолжают. Это приводит к понижению давления газов и прекращению роста рисунка. Перенасыщение сырной массы газом CO_2 необходимо для образования глазков и может быть достигнуто, когда скорость образования CO_2 относительно высокая, а скорость диффузии из сыра — низкая [17].

Д. Нус и соавторы [7] проводили комплексные исследования по выявлению взаимосвязи микроструктуры полутвердого сыра и пространственного расположения глазков, а также кинетики их роста во время созревания. В течение 22 суток объектом исследования были сыры в виде блоков массой 11 кг, изготовленные с использованием молочнокислых и пропионовокислых заквасочных микроорганизмов.

Методом магнитно-резонансной томографии было установлено, что глазки в подкорковых слоях росли медленнее, чем в центре блока, а также были меньше по размеру и не так многочисленны. Для изучения микроструктуры сыра использовали три микроскопических метода: световую микроскопию, конфокальную лазерную сканирующую микроскопию, сканирующую электронную микроскопию. По результатам этих исследований не было обнаружено принципиальных различий в микроструктуре сыра в разных местах блока и в разные сроки созревания [7]. А именно: световая микроскопия показала неизменность при созревании границ между сырными зёрнами; конфокальная лазерная сканирующая микроскопия выявила жировые глобулы, встроенные в непрерывную белковую сеть, вне зависимости от местоположения и срока созревания; сканирующая электронная микроскопия показала сопоставимую сеть пористых белков для всех образцов. Авторы объясняют неизменность микроструктуры непродолжительным сроком созревания сыра (22 суток). Вместе с тем методом сканирующей электронной микроскопии было обнаружено перераспределение бактерий в объеме блока сыра: в периферийных областях их было меньше, в центре — больше. В центре скопления бактерий были более крупными, чем в слоях, расположенных ближе к корке, особенно в конце созревания сыра. Они были организованы в виде кластеров, встроенных в белковую сеть, что могло иметь два основных

последствия: кластеры бактерий могут действовать как ядра («зародыши») образования глазков, а их большие скопления должны производить больше газа. Этим авторы объясняют более интенсивное развитие глазков в центре блока сыра [7].

Основной причиной неравномерного распределения бактерий в объеме блока сыра авторы [19] считают различие в содержании соли в центре и на периферии. Ближе к внешней поверхности сыра соли больше, в центре — меньше, а соль, как известно, является веществом, ингибирующим рост и развитие молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов [12,20,21] и, следовательно, продуцирование ими CO_2 . Установлено, что пропионовокислые бактерии в центре блока выделяли 27,7 ммоль/кг CO_2 , а во внешней зоне — 18,7 ммоль/кг [22]. Обработка изображений глазков, полученных рентгеновской компьютерной томографией, позволила количественно оценить образование глазков в центральной и периферийной зонах: общая пористость сыра выросла с 0,03% в начале созревания до 4,60% в конце. Пористость во внешней зоне была в 10 раз меньше, а объем глазков в 13 раз меньше, чем в центре сыра. Твердость и жесткость сыра были также выше во внешней зоне, что могло способствовать дополнительному ограничению развития глазков [22].

Объектом исследования в публикации [23] был полутвердый сыр типа тильзитера, изготовленный с использованием дополнительных культур *Lactobacillus casei* или *Lactobacillus plantarum*. В данном исследовании авторы с помощью метода компьютерной томографии продемонстрировали влияние вида микроорганизмов и способности ими продуцировать CO_2 на общее количество глазков, их относительный объем и распределение по размерам. Обе дополнительные культуры полностью метаболизировали цитрат в сыре, тем самым увеличив газообразование. По сравнению с контролем добавление *L. casei* привело к значительному увеличению количества и объема глазков. Добавление *L. Plantarum*, напротив, не оказало существенного влияния на формирование глазков, хотя в результате были получены сыры с большим количеством сукцината и аспартата и меньшим количеством серина.

Аналогичные результаты были получены D. J. O'Sullivan и соавторами [24] на сырах типа швейцарского. Целью исследования было определить влияние факультативно гетероферментативных *Lactobacillus (Lactobacillus casei) DPC6987*, выделенных из окружающей среды сырдельного завода, на возникновение дефектов рисунка сыра в случае нарушения активности закваски. Контрольные образцы сыра были изготовлены с типичными заквасочными культурами (*Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus helveticus*) вместе с пропионовокислыми бактериями. При изготовлении опытных образцов в закваске отсутствовали популяции *Lactobacillus helveticus*, чтобы имитировать отказ работы закваски. Взамен в каждую экспериментальную ванну добавляли *Lactobacillus casei* DPC6987 из расчета 4 log КОЕ/г.

Анализ состава сыра и рентгеновская компьютерная томография показали, что отсутствие заквасочных бактерий, в данном случае *L. helveticus*, в сочетании с наличием факультативно гетероферментативных лактобацилл (*L. casei*) привели к чрезмерному образованию глазков во время созревания сыра. Это связано с наличием избыточного количества лактозы, галактозы и цитрата на начальных стадиях созревания, которые обеспечили *L. casei* достаточное количество субстратов для газообразования. Накопление этих ферментируемых субстратов было заметно в сырах, в которых отсутствовала стартовая популяция *L. helveticus*. Результаты этого исследования являются коммерчески значимыми, поскольку они демонстрируют важность жизнеспособности

стартовых популяций и контроля конкретных нестартовых молочнокислых бактерий для обеспечения надлежащего формирования глазков у сыра швейцарского типа [24].

Как уже отмечалось, для образования глазков в сыре необходимо наличие микропустот, являющихся «слабым местом», где скапливаются газы [11,15,16,17,22]. В исследовании [25] D.F.M. Daly и соавторы связывают возникновение микропустот как «ядер» или «зародышей» с микроскопическими пузырьками воздуха, образующимися из пены, получаемой при обработке молока. Количество глазков определяется степенью зародышеобразования, а форма — консистенцией сыра. И то, и другое зависит от образования газа микроорганизмами.

Особый подход к исследованию этого вопроса продемонстрировали D. Guggisberg и соавторы [26], которые предложили и экспериментально подтвердили гипотезу о том, что образование глазков в сырах связано с наличием в молоке инородных микрочастиц растительного происхождения, служащих «зародышами» для образования пустот в сырной массе. Свои исследования они проводили на эмментальском сыре, который изготовляли из 90 л молока с добавлением от 0,0625 до 4000 мг порошка сухого сена. Формирование глазков определяли количественно с помощью рентгеновской компьютерной томографии в период от 30 до 130 суток созревания сыра.

Результаты исследования показали, что следовые количества порошка сена в микрофильтрованном молоке вызывают образование глазков во время созревания сыра. Авторы предполагают, что следовые количества сенной пыли, попадающие в сырое молоко, всегда были естественной затравкой, вызывающей начало образования глазков в сыре. Микроскопирование микрочастиц порошка сена выявило присутствие в тканях растений капиллярных структур, в которые возможно попадание воздуха, что способствует диффузии CO_2 из сырной массы в микрочастицы. Последующий рост воздушных полостей при увеличении количества CO_2 вследствие жизнедеятельности заквасочных микроорганизмов в конечном итоге приводит к образованию видимых глазков у сыра. Была обнаружена линейная зависимость между количеством добавленного порошка сена и количеством глазков в сыре ($R^2=0,900$), которая проявлялась до достижения дозы 1 мг порошка сена на 90 л молока. Повышенное содержание сенного порошка (до 4 мг на 90 л молока) привело к эффекту насыщения, т.е. количество и объем глазков, достигнув максимума, далее не изменялись.

Удаление микрочастиц порошка сена из молока с помощью микрофильтрации почти полностью исключило формирование глазков, хотя при ферментации пропиононовой кислоты в контрольных сырах должно было образоваться достаточное количество CO_2 . На основании этих результатов авторы делают вывод о том, что отсутствие центров формирования глазков в сырной массе приводит к более высокому избыточному давлению CO_2 , за счет чего увеличивается скорость его диффузии из сыра. Диффузией CO_2 из головки сыра во внешнюю среду авторы объясняют отсутствие глазков в слоях, близко расположенных к поверхности сыра, несмотря на наличие в них достаточного количества центров возможного образования глазков [26].

D. Guggisberg и соавторы [26], ссылаясь на свой опыт многочисленных наблюдений, утверждают, что отсутствие в сыре достаточного количества центров зарождения глазков влечет за собой появление таких дефектов, как трещины и щели, которые образуются во время созревания в холодильной камере. Очевидно, что исследования швейцарских ученых, описанные в данной публикации [26], вступают в противоречие с санитарно-гигиеническими требованиями

к получению молока, которые исключают возможность попадания в молоко посторонних веществ из внешней среды, в частности, твердых частиц корма. Авторы признают это, одновременно отмечая, что с использованием современных закрытых автоматизированных доильных систем, обеспечивающих получение чистого молока, сыроделы все чаще сталкиваются с проблемой отсутствия глазков в сырах.

Конечно, это не единственный фактор, вызывающий такой порок, как «слепой» сыр (в «слепом» сыре либо полностью отсутствуют глазки, либо они расположены так редко, что не обнаруживаются на пробе, взятой щупом). Одной из наиболее важных причин отсутствия рисунка (или же появления редкого и мелкого рисунка) может быть применение «жестких» режимов прессования, а также использование вакуумирования сырной массы при прессовании и при упаковке сыров перед созреванием в полимерные пакеты с последующей термоусадкой. При этом часто происходит деформация рисунка, а в ряде случаев и полное его исчезновение. Для предотвращения этого порока А. А. Майоров с соавторами [14] рекомендуют применять вакуум-упаковочные машины бескамерного или камерного типа, в которых реализован принцип «мягкого вакуума».

Е. А. Николаевой и Л. А. Остроумовым [11] при исследовании образования рисунка в голландском брусковом сыре было установлено, что созревание сыра в термоусадочных пакетах из полимерной пленки в сравнении с сыром, созревающим при традиционном способе ухода, способствует более равномерному распределению рисунка и некоторому увеличению размера глазков. Такие же результаты были получены и при исследовании сыров с высокой температурой второго нагревания [27,28,29].

Форма глазков, образующих рисунок сыра, зависит от используемого способа формования головок. Типичным рисунком сыров, формируемых из пласта, являются глазки правильной округлой формы. Е. А. Николаевой [13] установлено, что в сырах с низкой температурой второго нагревания, формируемых из пласта, первые глазки, различимые рентгеновскими методами, появляются в центре сырной головки на 3–4 сутки созревания, а формирование рисунка заканчивается к 13–15-суточному возрасту. При нормальном развитии процесса созревания сыра «зародыши» глазков образуются в межзерновом пространстве. В сырах с высокой температурой второго нагревания первые глазки появляются на 8–12 сутки пребывания сыров в бродильной камере.

Образование глазков в сырах с высокой температурой второго нагревания наиболее изучено [14,15,19,21,24,25], что позволило разработать математические модели развития рисунка во время созревания, учитывающие изменение концентрации растворенного в сыре газа, диффузию газа через поверхность сыра, уменьшение концентрации газа в результате метаболической активности ферментов [30,31], изменение геометрических размеров головки сыра и плотности сырной массы, которые связаны с объемом глазков [32]. Также изучение данного процесса способствовало созданию коммерческих программных продуктов для анализа сырных глазков на основе метода рентгеновской компьютерной томографии [33].

Для большинства сыров с высокой температурой второго нагревания признаком высокого качества является хорошо развитый рисунок, состоящий из глазков круглой или овальной формы. Размер глазков в сырах этой группы является важным показателем качества продукта. Преимущественно их диаметр составляет от 1 до 3 см. В некоторых странах размер и количество глазков обычно указываются в технических характеристиках продукта как важный идентификационный признак [34].

Круглые или овальные глазки меньшего диаметра характерны для сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых из пласта. В отличие от них, идентификационным признаком сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых насыпью или наливом, рисунок должен состоять из глазков неправильной и угловатой формы.

Типичным представителем группы сыров, формируемых насыпью, является сыр российский — один из любимых видов сыров российского потребителя, что подтверждается последними исследованиями международной исследовательской компании Ipsos [35,36,37]. Технология российского сыра была создана учеными ВНИИМС в 60-х годах 20 века, и с тех пор производство этого продукта увеличивается из года в год. По объемам продаж он находится на первом месте среди всех сыров, производимых в стране, а объемы его производства составляют 70% в группе сыров с низкой температурой второго нагревания [35,36,37].

Особенностью технологии российского сыра является высокий уровень развития процесса молочнокислого брожения, вследствие чего сыр обладает слегка кисловатым вкусом на фоне выраженного сырного. Его рисунок состоит из глазков неправильной и угловатой формы. В отличие от других сыров с такой же технологией формирования рисунок в российском сыре должен быть более частым, а на разрезе тонкий ломтик сыра должен выглядеть, образно выражаясь, как легкое кружево. Это обусловлено особенностями технологических приемов изготовления, составом заквасочной микрофлоры, условиями созревания сыра [3,11,38].

Излишне мелкий или неравномерный рисунок в российском сыре может свидетельствовать о нарушении режимов самопрессования и прессования, повышенной влажности продукта, а отсутствие рисунка, редкий или мелкий рисунок — об излишне высокой кислотности сырной массы, при которой глазки «заплывают». Но и слишком крупные глазки или пустоты также говорят об изменении показателей качества не в лучшую сторону.

Основные причины возникновения пороков рисунка — это некачественное сырье, неблагоприятное санитарно-гигиеническое состояние окружающей среды, нарушение технологии при формировании и созревании сыра, допущение персоналом ошибок, приводящих к нарушению целостности головок. Из-за плохого санитарно-гигиенического состояния производства вследствие попадания в молоко посторонней микрофлоры в сырах развивается пустотный, сетчатый, рваный или губчатый рисунок [13,39,40].

Важно, что рисунок сыра является практически единственным доступным рядовому потребителю показателем качества при выборе сыра на торговой полке, особенно если продукт продается в расфасованном виде. Но если для потребителя будет достаточна визуальная оценка рисунка сыра, то для организаций, контролирующих качество сыров, необходимы дополнительные объективные критерии оценки, которые могли бы исключить возникновение спорных ситуаций по причине субъективности органолептического метода.

2.2 Методы контроля рисунка в сырах

Органолептическая оценка — самый простой способ оценки качества сыра, в том числе его рисунка, формирующегося во время созревания продукта. К органолептическим методам относятся визуальная оценка рисунка на разрезе сыра, а также акустический метод, когда сыродел по звуку, производимому сыром после удара по нему, судит о степени развития глазков и зрелости сыра. Оба метода, как и все органолептические методы, имеют главный недостаток — это

субъективность оценки, так как даже у специально обученных экспертов-дегустаторов отмечается различный уровень восприятия оцениваемого параметра [41].

Визуальная органолептическая оценка рисунка сыра требует разрезания продукта на части или отбора пробы с помощью цилиндрического пробоборборника. В обоих случаях нарушается целостность цилиндра или блока, что нежелательно, если сыр еще находится в процессе созревания. Поэтому очевидно, что неразрушающий контроль за формированием глазков в сыре предпочтителен.

Одним из неразрушающих органолептических методов оценки рисунка сыра считается акустический метод, которым издавна пользуются опытные сыроделы при производстве крупных сыров типа эмментальского или швейцарского. Для этого типа сыров важно определять, когда появляются глазки и когда они достигают оптимальных размера и количества. С этой целью сыродел прослушивает издаваемый при простукивании по поверхности сыра звук, по которому определяет необходимость остановить или продолжить созревание продукта.

Глазки, изменяющиеся в размерах при созревании сыра, действуют как рассеиватели звука. При увеличении их количества и размеров происходит ослабление звукового сигнала. Кроме того, при созревании сыра происходят структурные и биохимические изменения самой сырной матрицы, что также отражается на распространении звуковых волн в сыре [42]. Все эти изменения должен чувствовать сыродел и на основе личного опыта, накопленного годами, делать выводы о состоянии созревающего сыра.

Как и все органолептические методы, этот способ не лишен недостатков, связанных с индивидуальными особенностями восприятия звука разными людьми в разных условиях, ведь в данном процессе решающую роль играет опыт.

С развитием компьютерных технологий на смену человеческих органов слуха пришли акустические методы в совокупности с независимой от человека компьютерной обработкой звукового сигнала [42,43,44].

М. Gonzalez с соавторами [42,43] разработан метод обнаружения и мониторинга образования глазков у сыра типа эмментальского с помощью акустической техники. Метод основан на анализе спектра Фурье звуковых колебаний, распространяющихся в сыре в процессе его созревания. Гипотеза, положенная в основу этой работы, заключалась в том, что глазки — это серьезное структурное изменение, которое изменит акустический отклик сыра.

Акустические измерения заключались в получении реакции на механическое воздействие — импульс, который генерировался на верхней плоскости сыра и принимался датчиком вибрации на нижней стороне алюминиевого лотка, не контактирующего напрямую с сыром. Импульсы генерировались с помощью ударного устройства с электронным управлением. Аналоговые сигналы, полученные пьезоэлектрическим датчиком, на нижней стороне сыра оцифровывались с помощью устройства сбора данных и передавались на персональный компьютер через порт USB.

Установлено, что затухание сигнала сильно зависит от соотношения между длиной звуковой волны и размером области распространения. Оно увеличивается с увеличением частоты, поэтому в данном методе использовались низкие частоты (0–500 Гц). Это, по мнению авторов, выгодно отличает предлагаемый метод от ультразвукового сканирования, при котором затухание сигнала происходит быстро в области, измеряемой несколькими сантиметрами [45].

Тем не менее J. J. Eskelinen и др. [45] на основании собственных результатов исследования делают положительное заключение о возможности использования ультразвукового

метода для мониторинга образования глазков и определения по ним окончания созревания швейцарского сыра. Эта возможность была продемонстрирована путем сравнения трехмерного ультразвукового изображения и эталонного трехмерного изображения, созданных из одного и того же образца сыра. На ультразвуковых изображениях можно было различить глазки, трещины и сырную матрицу. Структурные элементы на ультразвуковом изображении показали пространственное соответствие изображению, построенному на образце нарезанного сыра. Вместе с тем авторы признают, что в первую очередь этот метод целесообразно применять для обнаружения дефектов (трещин) и инородных тел в сыре [45,46], а также для определения структурно-механических свойств сыра [47,48,49]. Он может быть реализован в одном недорогом устройстве для оперативного мониторинга, проводимого на сыродельных предприятиях [50].

Таким образом, несмотря на положительные результаты использования акустических методов для оценки рисунка сыра, они не нашли широкого практического применения в сыроделии. Очевидно, это связано с определенной долей условности в интерпретации получаемых результатов. Более надежными считаются визуальные методы исследования, такие как компьютерное зрение (CV), рентгенография, рентгеновская и компьютерная томография, которые пришли на смену зрительного восприятия человеком рисунка сыров.

Компьютерное зрение (CV) предполагает обработку изображений поверхности сыра, полученных с помощью фотокамеры [2,10,51,52]. Систему компьютерного зрения составляют пять основных компонентов: источник света, камера, плата захвата изображения, компьютерное оборудование и программное обеспечение [2].

На основе компьютерного зрения разработан метод измерения площади поверхности ломтиков сыра, занятой глазками, с целью сравнительной оценки образования газа при созревании различных сыров [53]. Цифровая камера, установленная на копировальной стойке с освещением, использовалась для создания цифровых изображений каждого ломтика сыра. Была задействована коммерческая программа для анализа цифровых изображений и написан алгоритм для измерения площади изображения ломтика сыра, занятой глазками. Изображения сканировались, чтобы определить, какой цветовой канал обеспечивает их наилучший контраст. Используемая программа обработки изображений (MATLAB®) позволяла устранять механическую открытость или ложные глазки, а затем сканировать изображение для получения процентного распределения пикселей в зависимости от их интенсивности. Было определено пороговое значение, чтобы отличить пиксели, находящиеся в глазках, от пикселей, представляющих области без глазков. Для сыров эмменталь, рагузано и чеддер был рассчитан процент от общей площади поверхности, занятой глазками. Коэффициент вариации метода изменялся от 2,43% (если площадь глазков составляла около 1% поверхности сырного ломтика) до 0,92% (если площадь глазков составляла около 6,8% площади поверхности ломтика сыра). По мнению авторов, этот метод можно использовать в качестве инструмента в исследовательских целях для установления влияния различных факторов на количество газа, образующегося при созревании сыров, или в качестве инструмента контроля качества при производстве сыра.

Компьютерное зрение считается неразрушающим методом контроля рисунка сыра [2], однако это не совсем верно, потому что для получения и анализа изображений внутренних поверхностей сыра этим методом его необходимо разрезать на ломтики или как минимум пополам. В данном

случае оптические измерения проводятся только на поверхности образца, что может стать причиной возникновения ошибок при характеристике блока сыра в целом [54].

Альтернативой методу CV являются методы, позволяющие получать изображения внутренней структуры сыра без вмешательства в его целостность. К ним относятся рентгенография, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) [2,34]. Исследования этих методов с целью проведения контроля качества сыров и других сельскохозяйственных продуктов показали положительные результаты, хотя применяются они преимущественно в медицине.

Рентгеновские лучи могут проходить через весь объем сыра без полного ослабления [55]. В результате получается рентгеновское изображение, представляющее собой проекцию глазков на плоскость светочувствительного материала [34].

Первые исследования в России, доказавшие перспективность использования рентгенографии для контроля процесса созревания сыров с высокой температурой второго нагревания, были проведены Г. Г. Шилером и соавторами [56]. Они предложили проводить оценку интенсивности образования рисунка в продукте путем томографического исследования головки сыра на рентгеновском аппарате. Для этого сыр, находящийся в бродильной камере, 3–5 раз подвергали процедуре рентгенографии в плоскостях головки, отстоящих друг от друга на 1 см. При достижении глазками размера от 5 до 15 мм сыр рекомендовано переносить из бродильной камеры в камеру с температурой 10–12 °С для окончательного созревания.

Недостатком рентгенографического метода является получение рентгеновских изображений с перекрывающимися глазками, что затрудняет подсчет глазков и измерение их истинных размеров. Для устранения этого недостатка предпринимались попытки создания учитывающих перекрытие глазков программ для автоматизированной обработки изображений [17], а развитие компьютерных технологий поставило метод рентгено-томографического исследования рисунка сыра на более высокий уровень [17,24,26,33].

В отличие от рентгенографии, где изображение рисунка сыра проецируется на плоскость, при использовании метода компьютерной томографии получают трехмерные изображения, обработка которых с помощью специальных программ позволяет получить более достоверную информацию о количестве, объеме и распределении глазков в сырной матрице [22,23,24,33]. Это подтверждено сравнительными исследованиями образования глазков в сыре по данным рентгенографии и компьютерной томографии [57]. Количество и общий объем глазков рассчитывали по рентгенограммам и сравнивали с результатами измерений с помощью компьютерной томографии. Было обнаружено, что результаты, полученные после анализа рентгенограмм, были систематически занижены по сравнению с данными компьютерной томографии, и это различие возрастало с увеличением количества глазков. Так, количество глазков, определенных с помощью рентгеновского метода, составляло всего 37,8–83,3% от значений, определенных с помощью компьютерной томографии, а общий объем глазков — всего 9,4–51,0%. Важной причиной этого была трудность для рентгеновского метода идентификации перекрывающихся глазков.

С целью подтверждения адекватности метода компьютерной томографии для контроля рисунка и программного обеспечения для анализа изображений в качестве неразрушающего метода количественной оценки объема глазков сыра D. Guggisberg и др. [23] провели эксперимент. Объектом стали 12 твердых сыров без глазков, приготовленных

с включением 0–100 полых шариков из полипропилена диаметром 10 и 20 мм. Результаты измерения общего объема «искусственных глаз» методом компьютерной томографии показали хорошую корреляцию с известным объемом добавленных шариков ($R^2 > 0,998$).

Из-за высокой точности обнаружения глазков неразрушающий метод компьютерной томографии обычно рассматривается как эталонный метод во многих литературных источниках по мониторингу роста глазков во время созревания сыра [2,22,26,57,58].

При положительном опыте использования рентгенографии и компьютерной томографии для оценки формирования рисунка в сыре необходимо все же отметить существующую озабоченность ученых по поводу безопасности оператора при работе с методами, в основе которых лежат рентгеновское и ионизирующее излучения.

Альтернативой методам рентгенографии и компьютерной томографии можно считать методы магнитно-резонансной томографии (МРТ) [7,59]. Они основаны на явлениях ядерно-магнитного резонанса с измерением электромагнитного отклика атомных ядер, находящихся в сильном постоянном магнитном поле, в ответ на возбуждение их определенным сочетанием электромагнитных волн. В МРТ такими ядрами являются ядра атомов водорода, присутствующие в огромном количестве в составе всех веществ сырной массы. Метод МРТ позволяет оценивать количество, объем и пространственное распределение глазков в сыре.

Использованию метода 3D МРТ в сочетании с алгоритмом обработки изображений для характеристики отдельных глазков полутвердых сыров во время созревания посвящена работа [59]. Было выявлено влияние пространственной неоднородности сыра на скорость роста глаз и обнаружено, что глазки могут иметь очень похожие профили роста и разную скорость роста. По мнению авторов, этот метод может быть мощным инструментом для изучения влияния изменений рецептуры или параметров технологического процесса изготовления на внутреннюю структуру сыра, в частности, на его рисунок.

Применение метода МРТ для мониторинга роста одного глазка сыра под известным давлением газа и для понимания реологического поведения полутвердого сыра описано в работе [60]. С этой целью была разработана специальная установка для одновременного измерения объема и давления внутри одного глазка полутвердого сыра. К глазку сыра применяли давление газа известного уровня. Раздувание глазка под давлением контролировали путем анализа изображений с измерением объема, горизонтального и вертикального диаметров глазка, а также изменения формы верхней поверхности исследуемой головки сыра. Результаты показали, что рост глазков определялся вязкой частью вязкоупругости при низкой упругой деформации. Это позволило сделать вывод о том, что линейная вязкоупругость применима для описания роста глазков в полутвердом сыре.

Вышеописанные методы неразрушающего контроля за формированием рисунка в сырах, основанные на явлениях ядерно-магнитного резонанса, рентгеновского и ионизирующего излучений, признаны очень полезным инструментом, например, для изучения культур газообразующих микроорганизмов, влияния различных технологических факторов на развитие глазков, для лучшего понимания механизмов, приводящих к дефектам во время формирования глазков. Однако они требуют наличия сложного и дорогостоящего приборного оборудования, а также специально обученного персонала для проведения измерений и грамотной интерпретации получаемых результатов. Очевидно, что использование этих методов будет ограничиваться только

научно-исследовательскими целями. Для практического применения на сыродельных предприятиях необходимы более простые в исполнении приборные методы контроля рисунка сыров в дополнение к органолептическим методам. Такие попытки предпринимались ранее [61,62] и предпринимаются в настоящее время [32].

Так, М. González и соавторами [32] разработана методика оценки объема глазков швейцарского сыра по внешним параметрам. Авторы предлагают неразрушающий метод, основанный на измерениях массы, диаметра и высоты цилиндрической головки сыра, которые изменяются во время созревания продукта в связи с формированием крупных глазков. Через каждые пять суток одну из созревающих головок разрезали по диаметру и делали фотографии глазков на разрезе для оценки их распределения. Была получена хорошая корреляция между оценкой объема глазков с использованием анализа изображений и изменениями размеров головки. На основе этого была разработана модель для оценки объемной доли глазков в зависимости от массы и геометрических размеров головки сыра. Вместе с тем авторы отмечают, что параметры упомянутых моделей необходимо оценить заранее, поскольку они зависят от типа сыра, температуры, относительной влажности, а также от других внутренних и внешних факторов.

Армянскими исследователями [61] предложен метод оценки формирования глазков в сырах типа швейцарского по диаметру глазка, определяемого путем прокалывания головки сыра иглой-датчиком на глубину 20–22 см через боковую поверхность. Игла-датчик представляет собой два электрода с изолирующей прокладкой между ними. При прохождении иглы через сплошную сырную массу электрическая цепь прибора замыкается через наконечник иглы, являющийся датчиком, и проходящий ток преобразуется в звуковой сигнал. При попадании наконечника иглы в глазок электрическая цепь размыкается, а звуковой сигнал прекращается на время прохождения датчиком пустого пространства глазка. При достижении наконечника иглы сырной массы (токопроводящей среды) звуковой сигнал возобновляется. Размер глазка определяется по градуированной шкале, нанесенной на иглу. Для реализации этого способа был сконструирован прибор, схема которого, кроме градуированной иглы-датчика, включала усилитель электрического сигнала и преобразователь электрического сигнала в звуковой.

В дальнейшем этот прибор был модернизирован путем включения в конструкцию подпружиненного токопроводящего наконечника иглы и динамометра с калиброванной пружиной [62]. Прокалывание головки сыра в этом способе осуществляется с постоянной скоростью с помощью электропривода. Состояние рисунка сыра оценивают по диаграмме, отражающей изменение усилия сопротивления сырной массы при проникновении в нее иглы-датчика (при попадании датчика на глазок усилие резко падает).

3. Заключение

Обзор опубликованных результатов научных исследований позволяет сделать вывод о достаточно полной изученности процесса образования глазков в сырах в зависимости от различных факторов. Наиболее значимыми из них явля-

ются: способ формования и режимы прессования сырной массы; вид газообразующих микроорганизмов, входящих в состав закваски; реологические свойства сырной массы, ее проницаемость для образующихся газов; наличие в сырной массе «зародышей» — центров формирования глазков.

Наиболее изученными в части формирования рисунка являются крупные сыры типа эмментальского или швейцарского, изготавливаемые с использованием пропионовокислых бактерий. Отличительным признаком этих сыров является наличие крупных глазков (диаметром до 3 см), которые легко можно подсчитать количественно, а также измерить их объем. Для этого существуют методы визуализации глазков в объеме сыра: рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, ультразвуковое и акустическое зондирование. В сочетании с компьютерными программами обработки полученных изображений эти методы дают достаточную информацию о формировании рисунка в процессе созревания сыров этого типа.

Наименее изученным остается процесс образования рисунка в сырах, формируемых насыпью, для которых характерным признаком является наличие большого количества глазков неправильной, угловатой формы, равномерно распределенных по объему сыра. К ним относятся сыры типа тильзитера, а в России — российский сыр, лидирующий по объемам производства и потребительским предпочтениям. Только в одной публикации 2013 года, где описывается разработка компьютерной программы для анализа рисунка сыра по изображениям, полученным методом рентгеновской компьютерной томографии, речь идет о сыре тильзитер, близкому по характеристикам к сыру российский.

К сожалению, следует отметить, что в последние годы наметилась тенденция к утрате отличительных признаков сыров этого типа. Особенно это касается сыра российский, в котором одним из наиболее распространенных пороков являются пороки рисунка. Как правило, это редкие, недостаточно выраженные глазки, в то время как в идеале на разрезе ломтик этого сыра должен выглядеть тонким и «легким». Очевидно, что первостепенный вклад в решение этой проблемы должны внести методы оценки развития рисунка в сыре как одного из важнейших показателей качества продукта.

Компьютерная томография, рентген и МРТ — методы, требующие больших экономических затрат, не пригодны для использования в рутинных исследованиях. Поэтому должен быть более простой способ, не требующий дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного обслуживающего персонала, применимый в условиях производственных лабораторий сыродельных предприятий.

Сыры с частым рисунком неправильной формы можно рассматривать как пористые тела, которые характеризуются коэффициентом пористости. На наш взгляд, разработка метода измерений этого параметра, например, по объемному весу сыра или по кажущейся плотности может эффективно дополнить органолептическую оценку рисунка объективным показателем, позволяющим проводить отбраковку сыров по показателю пористости. Использование этого показателя при оценке качества сыра может стать дополнительным стимулом для сыроделов к сохранению индивидуальной особенности продукта, характеризующейся рисунком.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., Fox, P. F. (2004). Diversity of cheese varieties: An overview. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 1–25. [https://doi.org/10.1016/s1874-558x\(04\)80037-x](https://doi.org/10.1016/s1874-558x(04)80037-x)
2. Lei, T., Sun, D.-W. (2019). Developments of nondestructive techniques for evaluating quality attributes of cheeses: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 527–542. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.013>

3. Гудков, А.В. (2003). Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. М.: ДеЛи принт, 2003.
4. Uzun, P., Serrapica, F., Masucci, F., Assunta, B. C. M., Yildiz, H., Grasso, F. et al. (2020). Diversity of traditional Caciocavallo cheeses produced in Italy. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 234–243. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12640>
5. Berno, T., Fusté-Forné, F. (2020). Imaginaries of cheese: revisiting narratives of local produce in the contemporary world. *Annals of Leisure Research*, 23(5), 608–626. <https://doi.org/10.1080/11745398.2019.1605113>
6. Bragin, L. A., Panasenko, S. V., Nikishin, A. F., Aleksina, S. B., Boykova, A. V. (2019). Regional aspects of the development of the cheese market in terms of the trend of healthy nutrition. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(1), 626–636. [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1\(44\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1(44))
7. Huc, D., Mariette, F., Challos, S., Barreau, J., Moulin, G., Michon, C. (2014). Multi-scale investigation of eyes in semi-hard cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 24, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.10.002>
8. Martley, F.G., Crow, V.L. (1996). Open texture in cheese: the contributions of gas production by microorganisms and cheese manufacturing practices. *Journal of Dairy Research*, 63, 489–507. <https://doi.org/10.1017/s0022029900032015>
9. Ларкина, А.В., Комарова, С.Г. (2016). Оценка качества сыра на российском рынке. *Успехи в химии и химической технологии*, 30(2), 118–119.
10. Khattab, A.R., Guirguis, H.A., Tawfik, S.M., Farag, M.A. (2019). Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 343–360. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>
11. Николаева, Е.А., Остроумов, Л.А. (2007). Образование рисунка в сырах с низкой температурой второго нагревания. *Сыроделие и маслоделие*, 2, 14–15.
12. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Fundamentals of cheese science. New York: Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
13. Николаева, Е.А. (2005). Пороки рисунка сыра. Сыроделие и маслоделие, 5, 22–23.
14. Майоров, А.А., Николаева, Е.А., Чупин, А.А. (2009). Технические и технологические перспективы производства сыров, формируемых насыпным способом. *Сыроделие и маслоделие*, 4, 28–30.
15. Майоров, А.А., Шетинин, М.П., Николаева, Е.А. (2004). К теории образования рисунка в крупных сырах. Сборник статей: Технология и техника пищевых производств. Кемерово: КемТИПП, 40–41.
16. Law, B.A., Tamime A. Y. (2010). Technology of cheesemaking. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd., 2010.
17. Van den Berg, G., Meijer, W. C., Düsterhöft, E.-M., Smit, G. (2004). Gouda and related cheeses. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 103–140. [https://doi.org/10.1016/s1874-558x\(04\)80041-1](https://doi.org/10.1016/s1874-558x(04)80041-1)
18. Stephanie Clark E. C. (2008) Swiss Cheese and Related Products. Chapter in a book: The Sensory Evaluation of Dairy Products. Springer, New York, NY, 2008. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4_14
19. Huc, D., Roland, N., Grenier, D., Challos, S., Michon, C., Mariette, F. (2014). Influence of salt content on eye growth in semi-hard cheeses studied using magnetic resonance imaging and CO₂ production measurements. *International Dairy Journal*, 35(2), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.11.010>
20. Hickey, C.D., Fallico, V., Wilkinson, M. G., Sheehan, J. J. (2018). Redefining the effect of salt on thermophilic starter cell viability, culturability and metabolic activity in cheese. *Food Microbiology*, 69, 219–231. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.015>
21. Bisig, W., Guggisberg, D., Jakob, E., Turgay, M., Irmeler, S., Wechsler, D. et al. (2018). The effect of NaCl and metabolic profile of propionibacteria on eye formation in experimental Swiss-type cheese. *International Dairy Journal*, 89, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.09.001>
22. Huc, D., Challos, S., Monziols, M., Michon, C., Mariette, F. (2014). Spatial characterisation of eye-growing kinetics in semi-hard cheeses with propionic acid fermentation. *International Dairy Journal*, 39(2), 259–269. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.06.010>
23. Guggisberg, D., Fröhlich-Wyder, M. -T., Irmeler, S., Greco, M., Wechsler, D., Schuetz, P. (2013). Eye formation in semi-hard cheese: X-ray computed tomography as a non-invasive tool for assessing the influence of adjunct lactic acid bacteria. *Dairy Science & Technology*, 93(2), 135–149. <https://doi.org/10.1007/s13594-012-0105-2>
24. O'Sullivan, D. J., McSweeney, P. L. H., Cotter, P. D., Giblin, L., Sheehan, J. J. (2016). Compromised *Lactobacillus helveticus* starter activity in the presence of facultative heterofermentative *Lactobacillus casei* DPC6987 results in atypical eye formation in Swiss-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2625–2640. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10503>
25. Daly, D. F. M., McSweeney, P. L. H., Sheehan, J. J. (2009). Split defect and secondary fermentation in Swiss-type cheeses — A review. *Dairy Science & Technology*. 90(1), 3–26. <https://doi.org/10.1051/dst/2009036>
26. Guggisberg, D., Schuetz, P., Winkler, H., Amrein, R., Jakob, E., Fröhlich-Wyder, M.-T. et al. (2015). Mechanism and control of the eye formation in cheese. *International Dairy Journal*, 47, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.03.001>
27. Остроумов, Л.А., Николаева, Е.А. (2007). Рисунок в сырах с высокой температурой второго нагревания. Сыроделие и маслоделие, 1, 17–18.
28. Остроумов, Л.А., Майоров, А.А., Николаева, Е.А. (2009). Динамика образования рисунка в сырах. *Техника и технология пищевых производств*, 3(14), 19а–23.
29. Дубовик, Н.В. (2012). Изменение массы и качества сыра «Витязь» при созревании в полимерной пленке «Криовак». Сборник научных трудов: *Молодые ученые — сельскому хозяйству Алтая*, 6, 149–150.
30. Осинцев, А.М., Остроумов, Л.А., Николаева, Е.А. (2008). Модель роста рисунка в сырах с высокой температурой второго нагревания: кинетика газообразования. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 10, 36–39.
31. Осинцев, А.М., Остроумов, Л.А., Николаева, Е.А. (2009). Модель развития рисунка в сырах с высокой температурой второго нагревания. *Техника и технология пищевых производств*, 2, 22а–26.
32. González, M., Budelli, E., Pérez, N., Lema, P. (2020). Estimation of eye formation in Swiss-type cheese using geometrical measurements. *Journal of Food Engineering*, 275, Article 109848. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109848>
33. Schuetz, P., Guggisberg, D., Fröhlich-Wyder, M.-T., Wechsler, D. (2016). Software comparison for the analysis of cheese eyes in X-ray computed tomography. *International Dairy Journal*, 63, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.08.001>
34. Kraggerud, H., Wold, J. P., Høy, M., Abrahamsen, R. K. (2009). X-ray images for the control of eye formation in cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 62(2), 147–153. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00478.x>
35. Россияне назвали любимый сорт сыра. Электронный ресурс: <https://iz.ru/1069497/2020-10-05/rossiiane-nazvali-liubimiy-sort-syra> Дата обращения 07.07.2021.
36. Россияне назвали любимые сыры. Электронный ресурс: <https://ria.ru/20201005/syr-1578199543.html> Дата обращения 07.07.2021.
37. Стал известен самый любимый сыр в России. Электронный ресурс: <https://bober.ru/news/stal-izvesten-samyu-lyubimyy-syr-v-rossii> Дата обращения 07.07.2021.
38. Энциклопедия «Пищевые технологии». Том 4 «Технология сыров и масла». (2017). Углич: «ИД «Углич». 2017.
39. Дунченко, Н.И., Михайлова, К.В. (2018). Причины возникновения технологических рисков при производстве сыра «Российский». *Сыроделие и маслоделие*, 3, 38–40.
40. Дунченко, Н.И., Михайлова, К.В., Попова, А.В. (2015). Оценка рисков при производстве сыра «Российский». *Сыроделие и маслоделие*, 6, 30–32.
41. Njoman, M. F., Nugroho, G., Chandra, S. D. P., Permana, Y., Suhadi, S., Mujiono, P. et al. (2017). The vulnerability of human sensory evaluation and the promising senses instrumentation. *British Food Journal*, 119(10), 2145–2160. <https://doi.org/10.1108/bfj-10-2016-0505>
42. González, M., Budelli, E., Pérez, N., Lema, P. (2020). Acoustic techniques to detect eye formation during ripening of Emmental type cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, Article 102270. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102270>
43. Gonzalez, M., Pérez, N., Budelli, E., Lema, P. (2019). *Acoustic monitoring of eye formation in Swiss type cheese*. International Congress on Ultrasonics, 38(1) <https://doi.org/10.1121/2.0001084>
44. Kertész, I., Felföldi, J. (2016). Comparison of sound velocity estimation and classification methods for ultrasonic testing of cheese. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 12(1), 51–62. <https://doi.org/10.1556/446.12.2016.3>
45. Eskelinen, J.J., Alavuotunki, A.P., Häggström, E., Alatosava, T. (2007). Preliminary study of ultrasonic structural quality control of swiss-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4071–4077. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0105>
46. Leemans, V., Destain, M.-F. (2009). Ultrasonic internal defect detection in cheese. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.042>
47. Cho, B.-K., Irudayaraj, J. M. K. (2003). A Noncontact Ultrasound Approach for Mechanical Property Determination of Cheeses. *Journal of Food Science*, 68(7), 2243–2247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05754.x>
48. Conde, T., Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Benedito, J. (2007). Non-destructive analysis of Manchego cheese texture using impact force–deformation and acoustic impulse–response techniques. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.027>
49. Benedito, J., Conde, T., Clemente, G., Mulet, A. (2006). Use of the Acoustic Impulse-Response Technique for the Nondestructive Assessment of Manchego Cheese Texture. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4490–4502. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72497-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72497-3)
50. Haeggstrom, E., Eskelinen, J., Haapalainen, J., Alavuotunki, A., Alatosava, T. (2006). *PIH-6 ultrasonic structural quality control of swiss-type cheese*. 2006 IEEE Ultrasonics Symposium. <https://doi.org/10.1109/ultsym.2006.342>
51. Granlund G. H., Knutsson H. (2013). Signal Processing for Computer Vision. Springer Science & Business Media, 2013.
52. Szeliski R. (2011) Introduction. Chapter in a book: Computer Vision. Texts in Computer Science. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0_1
53. Caccamo, M., Melilli, C., Barbano, D.M., Portelli G., Marino, G., Licitra, G. (2004). Measurement of Gas Holes and Mechanical Openness in Cheese

by Image Analysis. *Journal Dairy Science*, 87(3), 739–748. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73217-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73217-8)

54. Everard, C.D., O'Callaghan, D.J., Fagan, C.C., O'Donnell, C.P., Castillo, M., Payne, F.A. (2007). Computer vision and color measurement techniques for Inline monitoring of cheese curd syneresis. *Journal Dairy Science*, 90(7), 3162–3170. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-872>

55. Kotwaliwale, N., Singh, K., Kalne, A., Jh, S.N., Seth, N., Kar, A (2014). X-ray imaging methods for internal quality evaluation of agricultural produce. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0485-y>

56. Патент № 499530. Способ контроля процесса созревания сыров / Бахарев Г. Л., Майоров А. А., Остроумов Л. А., Прибыловский С. Л., Шиллер Г. Г. Опубл. 15.01.76. Бюл. № 2.

57. Schuetz, P., Guggisberg, D., Jerjen, I., Fröhlich-Wyder, M.T., Hofmann, J., Wechsler, D. et al. (2013). Quantitative comparison of the eye formation in cheese using radiography and computed tomography data. *International Dairy Journal*, 31(2), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.12.007>

58. Lee, K, Uegaki, K., Nishii, C., Nakamura, T., Kubota, A., Hirai, T., Yamada, K. (2012). Computed tomographic evaluation of gas hole formation and structural quality in Gouda-type cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65(2), 232–236. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00751.x>

59. Musse, M., Challos, S., Huc, D., Quelled, S., Mariette, F. (2014). MRI method for investigation of eye growth in semi-hard cheese. *Journal of Food Engineering*, 121, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.010>

60. Grenier, D., Laridon, Y., Le Ray, D., Challos, S., Lucas, T. (2016). Monitoring of single eye growth under known gas pressure: Magnetic resonance imaging measurements and insights into the mechanical behaviour of a semi-hard cheese. *Journal of Food Engineering*, 171, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.018>

61. Патент № 606151. Способ контроля процесса созревания сыров / Магакян А. Т., Симонян А. Г. Опубл. 05.05.78. Бюл. № 17.

62. Патент № 885875. Устройство для определения консистенции и рисунка / Давидянц П. В., Мартиросян А. А., Симонян А. Г. Опубл. 30.11.81. Бюл. № 44.

REFERENCES

1. McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., Fox, P. F. (2004). Diversity of cheese varieties: An overview. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 1–23. [https://doi.org/10.1016/s1874-558x\(04\)80037-x](https://doi.org/10.1016/s1874-558x(04)80037-x)

2. Lei, T., Sun, D.-W. (2019). Developments of nondestructive techniques for evaluating quality attributes of cheeses: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 527–542. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.013>

3. Gudkov, A.V. (2003). Cheese making: technological, biological and physicochemical aspects. Moscow: DeLi print, 2003. (In Russian)

4. Uzun, P., Serrapica, F., Masucci, F., Assunta, B. C. M., Yildiz, H., Grasso, F. et al. (2020). Diversity of traditional Caciocavallo cheeses produced in Italy. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 234–243. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12640>

5. Berno, T., Fusté-Forné, F. (2020). Imaginaries of cheese: revisiting narratives of local produce in the contemporary world. *Annals of Leisure Research*, 23(5), 608–626. <https://doi.org/10.1080/11745398.2019.1603113>

6. Bragin, L. A., Panasenko, S. V., Nikishin, A. F., Aleksina, S. B., Boykova, A. V. (2019). Regional aspects of the development of the cheese market in terms of the trend of healthy nutrition. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(1), 626–636. [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1\(44\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1(44))

7. Huc, D., Mariette, F., Challos, S., Barreau, J., Moulin, G., Michon, C. (2014). Multi-scale investigation of eyes in semi-hard cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 24, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.10.002>

8. Martley, F.G., Crow, V.L. (1996). Open texture in cheese: the contributions of gas production by microorganisms and cheese manufacturing practices. *Journal of Dairy Research*, 63, 489–507. <https://doi.org/10.1017/s0022029900032015>

9. Larkina, A.V., Komarova, S.G. (2016). Evaluation of the quality of the cheese to the Russian market. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 30 (2), 118–119. (In Russian)

10. Khattab, A.R., Guirguis, H.A., Tawfik, S.M., Farag, M.A. (2019). Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 343–360. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>

11. Nikolaeva, E.A., Ostroumov, L.A. (2007). Picture formation in cheeses with low temperature of the second heating. *Cheese and butter making*, 2, 14–15. (In Russian)

12. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Fundamentals of cheese science. New York: Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>

13. Nikolaeva, E.A. (2005). Defects of cheese “picture”. *Cheese and butter making*, 5, 22–23. (In Russian)

14. Mayorov, A.A., Nikolaeva, E.A., Chupin, A.A. (2009). Technical and technological prospects of cheese formed by the bulk method. *Cheese and butter making*, 4, 28–30. (In Russian)

15. Mayorov, A.A., Shchetinin, M.P., Nikolaeva, E.A. (2004). Towards the theory of pattern formation in large cheeses. Collection of scientific works: Technology and technology of food production. Kemerovo: KemTIPP, 40–41. (In Russian)

16. Law, B.A., Tamime A. Y. (2010). Technology of cheesemaking. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd., 2010.

17. Van den Berg, G., Meijer, W. C., Düsterhöft, E.-M., Smit, G. (2004). Gouda and related cheeses. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 103–140. [https://doi.org/10.1016/s1874-558x\(04\)80041-1](https://doi.org/10.1016/s1874-558x(04)80041-1)

18. Stephanie Clark E. C. (2008) Swiss Cheese and Related Products. Chapter in a book: The Sensory Evaluation of Dairy Products. Springer, New York, NY, 2008. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4_14

19. Huc, D., Roland, N., Grenier, D., Challos, S., Michon, C., Mariette, F. (2014). Influence of salt content on eye growth in semi-hard cheeses studied using magnetic resonance imaging and CO₂ production measurements. *International Dairy Journal*, 35(2), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.11.010>

20. Hickey, C.D., Fallico, V., Wilkinson, M. G., Sheehan, J. J. (2018). Redefining the effect of salt on thermophilic starter cell viability, culturability and metabolic activity in cheese. *Food Microbiology*, 69, 219–231. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.015>

21. Bisig, W., Guggisberg, D., Jakob, E., Turgay, M., Irmeler, S., Wechsler, D. et al. (2018). The effect of NaCl and metabolic profile of propionibacteria on eye formation in experimental Swiss-type cheese. *International Dairy Journal*, 89, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.09.001>

22. Huc, D., Challos, S., Monziols, M., Michon, C., Mariette, F. (2014). Spatial characterisation of eye-growing kinetics in semi-hard cheeses with propionic acid fermentation. *International Dairy Journal*, 39(2), 259–269. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.06.010>

23. Guggisberg, D., Fröhlich-Wyder, M. -T., Irmeler, S., Greco, M., Wechsler, D., Schuetz, P. (2013). Eye formation in semi-hard cheese: X-ray computed tomography as a non-invasive tool for assessing the influence of adjunct lactic acid bacteria. *Dairy Science & Technology*, 93(2), 135–149. <https://doi.org/10.1007/s13594-012-0105-2>

24. O'Sullivan, D. J., McSweeney, P. L. H., Cotter, P. D., Giblin, L., Sheehan, J. J. (2016). Compromised *Lactobacillus helveticus* starter activity in the presence of facultative heterofermentative *Lactobacillus casei* DPC6987 results in atypical eye formation in Swiss-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2625–2640. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10503>

25. Daly, D. F. M., McSweeney, P. L. H., Sheehan, J. J. (2009). Split defect and secondary fermentation in Swiss-type cheeses — A review. *Dairy Science & Technology*, 90(1), 3–26. <https://doi.org/10.1051/dst/2009036>

26. Guggisberg, D., Schuetz, P., Winkler, H., Amrein, R., Jakob, E., Fröhlich-Wyder, M.-T. et al. (2015). Mechanism and control of the eye formation in cheese. *International Dairy Journal*, 47, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.03.001>

27. Ostroumov, L.A., Nikolaeva, E.A. (2007). “Picture” in cheeses with high temperature of second heating. *Cheese and butter making*, 1, 17–18. (In Russian)

28. Ostroumov, L.A., Mayorov, A.A., Nikolaeva, E.A. (2009). Dynamics of formation of figure in cheeses. *Food processing: techniques and technology*, 3(14), 19a-23. (In Russian)

29. Dubovik, N.V. (2012). Changes in the weight and quality of the “Vityaz” cheese when ripening in the polymer film “Kriovac”. *Collection of Scientific Papers: Young Scientists — to Altai Agriculture*, 6, 149–150. (In Russian)

30. Osintsev, A.M., Ostroumov, L.A., Nikolaeva, E.A. (2008). Model of growth of figure in cheeses with a heat of the second heating: gas generation kinetics. *Storage and processing of farm products*, 10, 36–39. (In Russian)

31. Osintsev, A.M., Ostroumov, L.A., Nikolaeva, E.A. (2009). Model of development of figure in cheeses with a heat of the second heating. *Food processing: techniques and technology*, 2, 22a-26. (In Russian)

32. González, M., Budelli, E., Pérez, N. Lema, P. (2020). Estimation of eye formation in Swiss-type cheese using geometrical measurements. *Journal of Food Engineering*, 275, Article 109848. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109848>

33. Schuetz, P., Guggisberg, D., Fröhlich-Wyder, M.-T., Wechsler, D. (2016). Software comparison for the analysis of cheese eyes in X-ray computed tomography. *International Dairy Journal*, 63, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.08.001>

34. Kraggerud, H., Wold, J. P., Høy, M., Abrahamsen, R. K. (2009). X-ray images for the control of eye formation in cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 62(2), 147–153. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00478.x>

35. The Russians named their favorite type of cheese. Retrieved from <https://iz.ru/1069497/2020-10-05/rossiiane-nazvali-liubimyi-sort-syra> Accessed July 7, 2021. (In Russian)

36. Russians named their favorite cheeses. Retrieved from <https://ria.ru/20201005/syr-1578199543.html> Accessed July 7, 2021. (In Russian)

37. The most favorite cheese in Russia became known. Retrieved from <https://bober.ru/news/stal-izvesten-samyi-lyubimyy-syr-v-rossii> Accessed July 7, 2021. (In Russian)

38. Encyclopedia “Food Technologies”. Volume 4 “Cheese and Butter Technology”. Uglich: “Publishing House Uglich”, 2017. (In Russian)

39. Dunchenko, N.I., Mikhailova, K.V. (2018). Reasons of technological risks at the "Rossiiskii" cheese production. *Cheese and butter making*, 3, 38–40. (In Russian)

40. Dunchenko N. I., Mikhailova K. V., Popova A. V. (2015). Assessment of risks at the production of the cheese "Rossiiskii". *Cheese and butter making*, 6, 30–32. (In Russian)

41. Njoman, M. F., Nugroho, G., Chandra, S. D. P., Permana, Y., Suhadi, S., Mujiono, M. et al. (2017). The vulnerability of human sensory evaluation and the promising senses instrumentation. *British Food Journal*, 119(10), 2145–2160. <https://doi.org/10.1108/bfj-10-2016-0505>

42. González, M., Budelli, E., Pérez, N., Lema, P. (2020). Acoustic techniques to detect eye formation during ripening of Emmental type cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, Article 102270. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102270>

43. Gonzalez, M., Pérez, N., Budelli, E., Lema, P. (2019). *Acoustic monitoring of eye formation in Swiss type cheese*. International Congress on Ultrasonics, 38(1) <https://doi.org/10.1121/2.0001084>

44. Kertész, I., Felföldi, J. (2016). Comparison of sound velocity estimation and classification methods for ultrasonic testing of cheese. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 12(1), 51–62. <https://doi.org/10.1556/446.12.2016.3>

45. Eskelinen, J.J., Alavuotunki, A.P., Hægström, E., Alatosava, T. (2007). Preliminary study of ultrasonic structural quality control of swiss-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4071–4077. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0105>

46. Leemans, V., Destain, M.-F. (2009). Ultrasonic internal defect detection in cheese. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.042>

47. Cho, B.-K., Irudayaraj, J. M. K. (2003). A Noncontact Ultrasound Approach for Mechanical Property Determination of Cheeses. *Journal of Food Science*, 68(7), 2243–2247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05754.x>

48. Conde, T., Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Benedito, J. (2007). Non-destructive analysis of Manchego cheese texture using impact force–deformation and acoustic impulse–response techniques. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.027>

49. Benedito, J., Conde, T., Clemente, G., Mulet, A. (2006). Use of the Acoustic Impulse-Response Technique for the Nondestructive Assessment of Manchego Cheese Texture. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4490–4502. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72497-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72497-3)

50. Haeggstrom, E., Eskelinen, J., Haapalainen, J., Alavuotunki, A., Alatosava, T. (2006). *PIH-6 ultrasonic structural quality control of swiss-type cheese*. 2006 IEEE Ultrasonics Symposium. <https://doi.org/10.1109/ultsym.2006.342>

51. Granlund G. H., Knutsson H. (2013). *Signal Processing for Computer Vision*. Springer Science & Business Media, 2013.

52. Szeliski R. (2011) Introduction. Chapter in a book: *Computer Vision. Texts in Computer Science*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0_1

53. Caccamo, M., Melilli, C., Barbano, D.M., Portelli G., Marino, G., Licitra, G. (2004). Measurement of Gas Holes and Mechanical Openness in Cheese by Image Analysis. *Journal Dairy Science*, 87(3), 739–748. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73217-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73217-8)

54. Everard, C.D., O'Callaghan, D.J., Fagan, C.C., O'Donnell, C.P., Castillo, M., Payne, F.A. (2007). Computer vision and color measurement techniques for Inline monitoring of cheese curd syneresis. *Journal Dairy Science*, 90(7), 3162–3170. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-872>

55. Kotwaliwale, N., Singh, K., Kalne, A., Jh, S.N., Seth, N., Kar, A (2014). X-ray imaging methods for internal quality evaluation of agricultural produce. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0485-y>

56. Bakharev G. L., Maiorov A. A., Ostroumov L. A., Pribylovskiy S. G., Shiler G. G. Method for controlling the cheese ripening process. Patent RF, no.499530, 1976. (In Russian)

57. Schuetz, P., Guggisberg, D., Jerjen, I., Fröhlich-Wyder, M.T., Hofmann, J., Wechsler, D. et al. (2013). Quantitative comparison of the eye formation in cheese using radiography and computed tomography data. *International Dairy Journal*, 31(2), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.12.007>

58. Lee, K, Uegaki, K., Nishii, C., Nakamura, T., Kubota, A., Hirai, T., Yamada, K. (2012). Computed tomographic evaluation of gas hole formation and structural quality in Gouda-type cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65(2), 232–236. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00751.x>

59. Musse, M., Challos, S., Huc, D., Quellec, S., Mariette, F. (2014). MRI method for investigation of eye growth in semi-hard cheese. *Journal of Food Engineering*, 121, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.010>

60. Grenier, D., Laridon, Y., Le Ray, D., Challos, S., Lucas, T. (2016). Monitoring of single eye growth under known gas pressure: Magnetic resonance imaging measurements and insights into the mechanical behaviour of a semi-hard cheese. *Journal of Food Engineering*, 171, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.018>

61. Magakyan A. T., Simonyan A. G. Method for controlling the cheese ripening process. Patent RF, no. 606131, 1978. (In Russian)

62. Davidyants P. V., Martirosyan A. A., Simonyan A. G. A device for determining the consistency and pattern of cheese. Patent RF, no. 885875, 1981. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Лепилкина Ольга Валентиновна — доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела физической химии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская обл., Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-910-965-51-61, E-mail: lepilkina_vniims@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2375-3959 * автор для контактов	Olga. V. Lepilkina — doctor of technical sciences, leading scientific worker, head of the Department of Physical Chemistry, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-910-965-51-61 E-mail: lepilkina_vniims@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2375-3959 * corresponding author
Лепилкина Ольга Николаевна — инженер, отдел физической химии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская обл., Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-903-646-99-54 E-mail: olgalep1986@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5624-8801	Olga. N. Lepilkina — engineer, Department of Physical Chemistry, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-901-172-06-27 E-mail: olgalep1986@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5624-8801
Логинава Ирина Вячеславовна — кандидат технических наук, научный сотрудник, отдел физической химии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская обл., Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-903-646-99-54 E-mail: irinaloginovavniims@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9224-8246	Irina. V. Loginova — candidate of technical sciences, researcher, Department of Physical Chemistry, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-903-646-99-54 E-mail: irinaloginovavniims@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9224-8246
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