

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-416-423>

Поступила 28.06.2023

Поступила после рецензирования 26.09.2023

Принята в печать 28.09.2023

© Свириденко Г. М., Шишкина А. Н., Калабушкин В. В., 2023

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

Научная статья

Open access

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ СЫРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЦЦЫ

Свириденко Г. М., Шишкина А. Н.\*, Калабушкин В. В.

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

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

функциональные свойства, сыр, пицца, органолептические свойства, шкала оценки, корреляционный анализ

В статье представлены результаты исследования органолептических, физико-химических, структурно-механических (реологических) и биохимических показателей, а также функциональных свойств натуральных сыров различных видовых групп для возможности использования в качестве основного сырья с целью производства пиццы. Сыры выработывались в экспериментальном цехе ВНИИМС и приобретались в торговой сети. Органолептические показатели (вкус и запах, консистенция, внешний вид) и функциональные свойства (натираемость, плавимость, образование блистеров, выделение свободного жира, сгораемость, растяжимость) сыров различных групп оценивали по 100-балльной шкале оценки сыров для пиццы, разработанной во ВНИИМС. Натираемость определяли до выпечки путем измельчения охлажденного до  $4 \pm 2$  °C образца сыра на кухонном измельчителе пищевых продуктов. Выпечку сыров проводили при температуре  $200 \pm 5$  °C в течение 12 мин. Плавимость определяли по изменению диаметра сыра после высокотемпературной обработки, а растяжимость — с помощью вилочного теста. Установлено, что физико-химические, структурно-механические и биохимические показатели сыров, используемых в качестве сырья, влияют на органолептические показатели и функциональные свойства конечного продукта после выпечки. Статистически достоверно подтверждена взаимосвязь между содержанием жира, массовой долей белка и активной кислотностью сыров и такими функциональными свойствами, как плавимость, выделение свободного жира, растяжимость и натираемость. Наибольшее взаимодействие отмечено между натираемостью, массовой долей общего белка и консистенцией (коэффициент корреляции равен 0,74 и 0,76 соответственно). Однако ни один из исследованных видов сыра в полной мере не соответствует искомому функциональным свойствам. Для производства пиццы наиболее предпочтительно использовать сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы, а также незрелые полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта, и полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья опубликована в рамках темы исследования № FNEN-2019–0011 государственного задания Федерального исследовательского центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН.

Received 28.06.2023

Accepted in revised 26.09.2023

Accepted for publication 28.09.2023

© Sviridenko G. M., Shishkina A. N., Kalabushkin V. V., 2023

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

Original scientific article

Open access

## POSSIBILITY OF USING NATURAL CHEESES FOR PIZZA PRODUCTION

Galina M. Sviridenko, Anastasiya N. Shishkina\*, Vasiliy V. Kalabushkin

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

### KEY WORDS:

functional properties, cheese, pizza, sensory properties, rating scale, correlation analysis

### ABSTRACT

The paper presents the results of studying sensory, physico-chemical, structural-mechanical (rheological) and biochemical indicators as well as functional properties of natural cheeses of various type groups for a possibility of using as a main raw material to produce pizza. Cheeses were produced in the research-and-development shop of the All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking (VNIIMS) and purchased in the retail chain. Sensory indicators (taste and odor, consistency, appearance) and functional properties (shreddability, meltability, blistering, free oil release, browning, stretchability) of cheeses from various groups were assessed by 100-point scale for assessing cheeses for pizza developed in VNIIMS. Shreddability was determined before baking by grinding a cheese sample chilled to a temperature of  $4 \pm 2$  °C using a kitchen food grinder. Cheeses were baked at a temperature of  $200 \pm 5$  °C for 12 min. Meltability was determined by changes in the cheese diameter after high-temperature treatment and stretchability by the “fork test”. It has been found that physico-chemical, structural-mechanical and biochemical indicators of cheeses used as a raw material affected sensory characteristics and functional properties of the final product after baking. The correlation between the fat content, protein mass fraction and active acidity of cheeses and functional properties such as meltability, free oil release, stretchability and shreddability was confirmed with statistical significance. The highest correlation was noted between shreddability, mass fraction of total protein and consistency (correlation coefficients were 0.74 and 0.76, respectively). However, none of the studied cheese types corresponded to the full extent to the targeted functional properties. To produce pizza, it is preferable to use cheeses with cheddaring and thermal-mechanical processing of cheese mass as well as unripened semihard cheeses with low temperature of the second heating that are molded from a layer, and semihard cheeses with high temperature of the second heating.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FNEN-2019–0011 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Свириденко, Г. М., Шишкина, А. Н., Калабушкин, В. В. (2023). Возможность применения натуральных сыров для производства пиццы. *Пищевые системы*, 6(3), 416–423. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-416-423>

FOR CITATION: Sviridenko, G. M., Shishkina, A. N., Kalabushkin, V. V. (2023). Possibility of using natural cheeses for pizza production. *Food Systems*, 6(3), 416–423. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-416-423>

## 1. Введение

В последние годы в мире растет рынок продуктов в сегменте HoReCa, лидирующее положение в котором занимает пицца. Начинки пиццы сильно варьируются в зависимости от рецептуры, но обязательным ингредиентом остается сыр. В мировой практике насчитывается более 5000 видов сыров, и только около десятка видов используются при приготовлении пиццы [1,2]. Для производства пиццы традиционно применялись натуральные сыры, однако из-за их высокой стоимости в настоящее время чаще всего используют термизированные сыры, выработанные на основе натуральных сыров с добавлением эмульгирующих солей и прошедшие термомеханическую обработку при температуре  $72\pm 3^\circ\text{C}$  [3].

Особым требованием к сырам для пиццы является наличие специфических функциональных свойств, таких как натираемость (измельчаемость, нарезаемость), плавимость, сгораемость, количество и цвет блистеров, выделение свободного жира и растяжимость после выпечки.

Перед выпечкой пиццы проводят измельчение сыра. Способность к натиранию описывают как способность к аккуратному измельчению сыра на длинные тонкие полоски (стружку) одинакового размера без образования сырной крошки. Ученые установили, что сыры, выработанные из пастеризованного молока, измельчаются лучше, чем сыры, выработанные из сырого молока [4]. Јана с соавторами [5] выяснили, что частично обезжиренная Моцарелла и сыр с низким содержанием влаги натираются лучше традиционного сыра Моцарелла. Во время созревания и хранения сыров происходит размягчение белковой матрицы, что улучшает способность продукта к измельчению. Основной структурной характеристикой, связанной с измельчением сыра, является твердость. Чем тверже сыр, тем лучше качество измельчения [6,7]. Однако если сыр твердый и сухой, то наблюдается крошливость и колкость при натирании. Мягкий сыр обычно имеет плохие характеристики измельчения, поскольку он прилипает к лезвию измельчителя и образуются слипающиеся частицы, которые невозможно равномерно нанести на поверхность пиццы [7,8].

Большинство искомых функциональных свойств сыра, таких как плавимость, сгораемость, выделение свободного жира, количество и цвет блистеров, растяжимость, оценивают после выпечки. Плавимость следует рассматривать как свойство уже натертых частиц сыра превращаться при нагревании в сплошную однородную массу. В работах ряда авторов отмечено, что плавимость связана со свойствами теплопередачи, с реологическими характеристиками сыра, содержанием влаги и жира, а также со сроками хранения [9–11]. В исследованиях Dave с коллегами [12] приводятся данные о наиболее значимом влиянии на плавимость массовой доли жира в сыре. С 2016 года ряд ученых отмечает, что наибольшее влияние на плавимость сыров оказывает соотношение белка и жира [13,14]. Для повышения точности и согласованности определения плавимости сыров в исследованиях стали применять метод компьютерного зрения. Однако доказано, что результаты измерения плавимости классическими методами более воспроизводимы [14,15].

После выпечки пиццы наблюдается изменение цвета расплавленного сыра, которое относится к функциональному свойству — сгораемости. Требования к внешнему виду сыра для пиццы в разных сетях HoReCa могут отличаться. Например, в некоторых случаях необходим светлый или темно-коричневый цвет при выпекании. Изменение цвета сыра является результатом реакции Майяра (химическая реакция между аминокислотами и сахарами, которая происходит при нагревании) [14,16]. Ма с соавторами [17,18] установили, что степень сгораемости зависит от применяемой закваски при производстве сыра Моцарелла и определяется количеством несброженной галактозы. Сгораемость можно определить визуально с помощью колориметра и компьютерного зрения [19].

Во время выпечки пиццы при испарении влаги и в результате накопления воздуха между слоями расплавленного сыра на ее поверхности часто образуются блистеры, цвет которых влияет на оценку сгораемости. По мере появления блистера его верхняя часть становится тоньше, выделившийся жир стекает с поверхности блистера, испаряется влага и происходит потемнение блистера [14,17,18]. Ма с соавторами [20] установили, что у сыров Чеддер, Колби и Эдам не образуются блистеры во время выпечки пиццы из-за их малой эластичности. Достаточное количество выделившегося свободного жира предотвращает испарение влаги, поэтому на расплавленных сырах Грюйер и Проволоне наблюдаются блистеры светлого цвета, однородно распределенные по всей поверхности пиццы. Сыр Моцарелла обладает высокой эластичностью и влажностью, что способствует образованию крупных блистеров темного цвета [20]. В работе

Yun и соавторов [21] отмечается, что на размер и форму блистеров влияет содержание влаги в сыре.

На поверхности большинства готовых пицц визуально наблюдается выделение свободного жира в виде маслянистого слоя, что является значимым функциональным свойством при оценке пригодности сыров для пиццы [14]. В исследованиях зарубежных ученых сообщается, что выделение свободного жира зависит от массовой доли жира и от размера жировых глобул в сыре [22,23].

Наиболее важным функциональным свойством сыров для пиццы является растяжимость сырной нити после выпечки. Это свойство оценивается по длине сырной нити при растяжении, когда к ней приложено постоянное усилие, направленное либо вертикально вверх, либо горизонтально [8,16]. В работах ряда авторов установлено, что сыры с более высоким содержанием кальция требуют большей силы для растяжения, а полножирные сыры растягиваются лучше, чем обезжиренные [24,25].

В большинстве научных работ приводятся данные по изучению отдельных функциональных свойств преимущественно сыров с чеддеризацией сырной массы. Поэтому считаем научно обоснованным проведение исследований комплекса функциональных свойств различных групп натуральных сыров с целью установления их пригодности для приготовления пиццы, что послужит основанием для подбора сыра — сырья для получения пиццы с искомыми потребительскими характеристиками.

## 2. Объекты и методы

### 2.1. Объекты

Объектами исследований являлись натуральные сыры, выработанные в экспериментальном цехе ВНИИМС и приобретенные в торговой сети (Таблица 1).

Таблица 1. Объекты исследования  
Table 1. Research objects

№ образца	Количество исследованных образцов	Вид сыра	Степень зрелости
1	16	Твердые сыры с высокой температурой второго нагревания	Зрелый
2	18	Полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта	Незрелый
3	18		Зрелый
4	17	Полутвердые сыры пониженной жирности с пропионовокислыми микроорганизмами	Незрелый
5	17		Зрелый
6	16	Полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания и с повышенным уровнем молочнокислого процесса, формуемые насыпью	Незрелый
7	16		Зрелый
8	15	Полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания	Зрелый
9	14	Полутвердые сыры, созревающие при участии плесени <i>Penicillium roqueforti</i>	Зрелый
10	22	Полутвердые сыры, изготовленные с чеддеризацией сырной массы	Зрелый
11	17	Полутвердые низкожирные сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы	Без созревания
12	22	Мягкие сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы	Зрелый
13	16	Мягкие сыры, обогащенные пробиотическими микроорганизмами	Без созревания
14	18	Рассольные сыры с низкой температурой второго нагревания	Зрелый (с коротким сроком созревания)
15	19	Рассольные сыры без второго нагревания	Зрелый (с коротким сроком созревания)

## 2.2. Методы исследований

В сырах определяли массовую долю жира в сухом веществе кислотным методом и массовую долю влаги по ГОСТ Р 55063–2012<sup>1</sup>. Активную кислотность измеряли при помощи потенциометрического анализа по ГОСТ 32892–2014<sup>2</sup>.

Массовую долю азота определяли методом Кьельдаля по ГОСТ Р 54662–2011<sup>3</sup>. Степень протеолиза — по отношению массовой доли растворимого азота к массовой доле общего азота, выраженом в процентах.

Исследования структурно-механических (реологических) свойств проводили на реогониометре Вайссенберга модели R-19 фирмы Sangamo Weston Controls Limited (Великобритания), фиксируя изменения комплексного модуля сдвига ( $G^*$ ), модуля упругости ( $G'$ ), модуля потерь ( $G''$ ) и динамическую вязкость ( $\eta'$ ). Образцы сыра, заполняющего пространство между конической поверхностью и плоскостью, подвергали синусоидально измеряющейся сдвиговой деформации известной амплитуды и частоты. Исследования проводили в режиме периодического сдвигового деформирования с рабочими органами «конус-плоскость» диаметром 25 мм, с углом при вершине конуса  $0,034$  радиан, амплитудой угловых перемещений рабочих органов  $1,54 \cdot 10^{-3}$  рад, чем достигалась линейность данного режима. Измерения выполняли при частоте  $f = 3,16$  Гц. Термостатирование образца сыра при температуре  $18 \pm 3^\circ\text{C}$  осуществляли непосредственно в реогониометре. Обработка экспериментальных данных проводилась в автоматическом режиме с помощью системы сбора и обработки данных. Вычисляли отношение модуля потерь к модулю упругости ( $\tan \delta$ ).

Измельчение и исследование натиремости сыров проводили с помощью кухонного инструмента для измельчения пищевых продуктов. Перед натиранием сыры охлаждали до температуры  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ . Оценивали способность к измельчению, налипаемость исследованных образцов на измельчитель, однородность и липкость стружки, описанной в работе Свириденко с соавторами [26].

Плавление измеряли с помощью модифицированного метода, описанного Muthukumarappan с соавторами [27].  $80\text{--}90$  г образца сыра измельчали и помещали в середину фарфоровой тарелки, формируя окружность диаметром  $80 \pm 2$  мм. Тарелку с сыром помещали в лабораторный шкаф (сушильный шкаф с конвекцией HS61A, Chirana, Словакия) и выпекали образец при  $200 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение 12 мин. Образец охлаждали при комнатной температуре  $2\text{--}5$  мин и измеряли диаметр. Плавление определяли как разность диаметров сыра после и до выпечки.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 55063–2012 «Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». — М.: Стандартинформ, 2013. — 28 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 32892–2014 «Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности». — М.: Стандартинформ, 2015. — 10 с.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 54662–2011 «Сыры и сыры плавленые. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля». — М.: Стандартинформ, 2012. — 16 с.

Сгораемость, выделение свободного жира и образование блистеров исследовали визуально после высокотемпературной обработки. В работе [26] даны подходы к оценке данных показателей.

Растяжимость определяли вилочным тестом после выпекания [28,29]. Для этого  $100$  г измельченного сыра помещали на фарфоровую плоскую поверхность и отправляли выпекаться в сушильный шкаф (сушильный шкаф с конвекцией HS61A, Chirana, Словакия) при температуре  $200 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение 12 мин. По истечении времени выпекания сыр охлаждали при комнатной температуре  $1\text{--}3$  мин. Затем вилку погружали в расплавленный сыр на  $1\text{--}3$  мм и медленно, с постоянной скоростью поднимали вверх до разрыва всех нитей. Растяжимость определяли по средней длине сырных нитей, взятых из трех различных мест исследованного образца.

Органолептические и функциональные свойства оценивали с помощью шкалы оценки сыров для пиццы, разработанной во ВНИИМС. Максимальное количество баллов за вкус и запах — 30; за консистенцию — 15; за внешний вид — 5; за натираемость — 5; за плавимость — 10; за образование (количество и цвет) блистеров — 5; за выделение свободного жира — 5; за сгораемость — 10 и за растяжимость — 15 баллов [26].

Исследования проводили не менее чем в 3-кратной повторности. Математическую обработку результатов и построение графиков осуществляли с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010 и пакета Statistica 10.0. Для попарного сравнения выборок разного размера и оценки статистически значимых различий между образцами применяли HSD тест (критерий Тьюки). Определение линейной взаимосвязи функциональных свойств и исследованных показателей проводили с помощью корреляционного анализа. Уровень значимости принимали как  $p \leq 0,05$ . Оценку значимости коэффициентов корреляции осуществляли с помощью критерия Стьюдента.

## 3. Результаты и обсуждение

Результаты органолептической оценки вкуса и запаха, консистенции и внешнего вида образцов различных видовых групп сыров, исследуемых в качестве основного ингредиента при производстве пиццы, приведены в Таблице 2.

Результаты, представленные в Таблице 2, показывают, что все сыры по органолептическим показателям соответствуют характеристикам, указанным в нормативно-технической документации на конкретный вид сыра. В процессе созревания сыров, относящихся к одной группе, закономерно улучшаются органолептические показатели, что приводит к повышению балльной оценки. Можно предположить, что после выпечки выраженность вкуса сыров незначительно уменьшится.

Физико-химические показатели исследованных сыров представлены в Таблице 3.

Таблица 2. Средняя органолептическая оценка исследованных сыров различных видовых групп

Table 2. Average sensory evaluation scores of the studied cheeses of various type groups

№ образца	Вкус и запах	Оценка, балл	Консистенция	Оценка, балл
1	Выраженный сырный, с карамельно-фруктовыми нотами	29 ± 1	Плотная, слегка пластичная, молочный камень, ломкая	14 ± 1
2	Слабовыраженный сырный, слабый посторонний	25 ± 2	Плотная, резинистая	12 ± 1
3	Выраженный сырный, кисловатый	28 ± 1	Эластичная, однородная	14 ± 1
4	Слабовыраженный сырный, слабый кислый, слабый посторонний	28 ± 2	Эластичная, плотная, резинистая, однородная	13 ± 1
5	Выраженный сырный с легкой горчинкой и остротой, умеренно соленый	29 ± 1	Хорошая, слегка плотная	14 ± 1
6	Слабовыраженный сырный, кислый, слабый посторонний	27 ± 1	Эластично-пластичная, слегка мучнистая	13 ± 1
7	Выраженный сырный, умеренно кислый	28 ± 1	Умеренно эластичная, однородная	14 ± 1
8	Слабовыраженный сырный, слабо пряный, кисловатый, слабый посторонний	27 ± 3	Плотная, эластичная	13 ± 1
9	Слабовыраженный сырный, соленый, кисловатый, горький, слабовыраженный липолизный, легкий посторонний	26 ± 2	Крошливая, творожистая, пластичность только у корки	10 ± 2
10	Слабовыраженный сырный, слегка кислый, слабый сливочный	29 ± 1	Слегка несвязная, слабослоистая, пластичная, мучнистая	11 ± 2
11	Кисломолочный	28 ± 1	Хорошая слоистость, резинистая	13 ± 1
12	Кисломолочный, слабосоленый	29 ± 1	Нежная, пластичная, слегка упругая, слегка слоистая	14 ± 1
13	Кисломолочный, солоноватый	28 ± 1	Нежная, однородная	13 ± 1
14	Чистый, кисломолочный, соленый	29 ± 1	Однородная, умеренно плотная	14 ± 1
15	Слабовыраженный сырный, соленый	29 ± 1	Однородная, умеренно плотная	14 ± 1

Примечание: внешний вид всех образцов, характерный для сыров конкретного наименования, — 5 баллов.

Таблица 3. Средние физико-химические показатели исследованных сыров различных видовых групп

Table 3. Average physico-chemical parameters of the studied cheese of various type groups

№ образца	Количество исследованных сыров	Активная кислотность, ед. рН	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в сухом веществе, %
1	16	5,74±0,04 <sup>a</sup>	31,30±0,49 <sup>a</sup>	45,00±0,29
2	18	5,26±0,08 <sup>b</sup>	40,96±0,96 <sup>b</sup>	45,00±0,72
3	18	4,90±0,20 <sup>c</sup>	38,90±1,28 <sup>c</sup>	45,00±1,32
4	17	5,30±0,10 <sup>db</sup>	50,90±1,47 <sup>d</sup>	30,00±1,68
5	17	5,23±0,09 <sup>ebd</sup>	46,80±1,84 <sup>e</sup>	30,00±1,34
6	16	5,15±0,09 <sup>bfe</sup>	40,80±1,18 <sup>b</sup>	50,00±1,18
7	16	5,12±0,06 <sup>sf</sup>	39,00±1,12 <sup>cf</sup>	50,00±0,99
8	15	5,40±0,10 <sup>hd</sup>	38,00±1,55 <sup>cf</sup>	45,00±1,08
9	14	6,38±0,08 <sup>i</sup>	49,70±0,57 <sup>dg</sup>	50,00±0,66
10	22	5,43±0,10 <sup>h</sup>	43,20±1,41 <sup>h</sup>	48,00±1,27
11	17	5,10±0,08 <sup>efg</sup>	48,80±1,34 <sup>g</sup>	20,00±0,60
12	22	5,60±0,07 <sup>j</sup>	51,50±1,43 <sup>di</sup>	40,00±1,13
13	16	5,23±0,06 <sup>bdefgk</sup>	54,60±1,11 <sup>j</sup>	45,00±1,26
14	18	5,26±0,04 <sup>bdefkl</sup>	52,40±1,59 <sup>dik</sup>	45,00±1,54
15	19	5,30±0,04 <sup>bdehkl</sup>	53,60±1,73 <sup>jk</sup>	45,00±1,13

Примечание: значения с одинаковым индексом в одном столбце статистически значимо не отличаются ( $p > 0,05$ ).

Физико-химический состав исследованных натуральных сыров различается по влаге, по содержанию жира и по активной кислотности, при этом соответствует требованиям нормативно-технической документации на конкретный вид сыра. В зрелых полутвердых сырах, формируемых из пласта и насыпью, и в полутвердых сырах с пониженной жирностью отмечено снижение активной кислотности и массовой доли влаги относительно незрелых сыров.

В Таблице 4 представлены результаты исследований биохимических параметров сыров.

Данные, представленные в Таблице 4, показывают, что при созревании сыров идут процессы гидролиза белков и степень протеолиза возрастает. Установлено, что твердые сыры и полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания имеют наибольшую степень протеолиза, а незрелые полутвердые сыры — наименьшую. В сырах с чеддеризованной сырной массой наблюдаются высокие значения степени протеолиза, так как большая часть сыров имела значительные сроки созревания.

Таблица 5. Средние структурно-механические показатели исследованных сыров

Table 5. Average structural- mechanical parameters of the studied cheeses

№ образца	Количество исследованных сыров	G <sup>*</sup> , кПа	G', кПа	G'', кПа	η', кПа*с	tg δ
1	16	198,11±0,50 <sup>a</sup>	173,60±0,77 <sup>a</sup>	95,30±0,69 <sup>a</sup>	4,80±0,06 <sup>a</sup>	0,55±0,01 <sup>a</sup>
2	18	32,90±1,34 <sup>b</sup>	25,00±1,39 <sup>b</sup>	21,40±1,32 <sup>b</sup>	1,10±0,18 <sup>b</sup>	0,86±0,01 <sup>b</sup>
3	18	41,10±2,23 <sup>c</sup>	33,20±1,69 <sup>c</sup>	24,20±1,54 <sup>c</sup>	1,21±0,20 <sup>bc</sup>	0,73±0,05 <sup>c</sup>
4	17	46,00±0,93 <sup>d</sup>	38,70±1,58 <sup>d</sup>	24,90±1,73 <sup>cd</sup>	1,30±0,16 <sup>cd</sup>	0,64±0,04 <sup>d</sup>
5	17	37,50±2,07 <sup>e</sup>	31,50±1,10 <sup>e</sup>	20,50±1,23 <sup>e</sup>	1,00±0,07 <sup>be</sup>	0,65±0,05 <sup>de</sup>
6	16	44,50±1,38 <sup>f</sup>	31,80±1,24 <sup>e</sup>	31,20±1,00 <sup>f</sup>	1,60±0,06 <sup>f</sup>	0,98±0,03 <sup>f</sup>
7	16	63,80±1,95 <sup>g</sup>	47,80±1,86 <sup>f</sup>	42,30±1,48 <sup>g</sup>	2,10±0,07 <sup>g</sup>	0,89±0,04 <sup>bg</sup>
8	15	62,70±1,44 <sup>g</sup>	50,00±1,05 <sup>g</sup>	37,80±1,93 <sup>h</sup>	1,90±0,08 <sup>h</sup>	0,76±0,04 <sup>ch</sup>
9	14	71,20±1,42 <sup>h</sup>	53,90±1,53 <sup>h</sup>	46,60±1,40 <sup>i</sup>	2,40±0,15 <sup>i</sup>	0,86±0,03 <sup>bg</sup>
10	22	39,50±2,96 <sup>ce</sup>	28,40±1,50 <sup>i</sup>	19,70±0,53 <sup>e</sup>	1,00±0,12 <sup>be</sup>	0,69±0,03 <sup>dei</sup>
11	17	47,90±1,88 <sup>d</sup>	40,00±1,74 <sup>d</sup>	26,30±1,21 <sup>d</sup>	1,30±0,11 <sup>dj</sup>	0,66±0,02 <sup>deij</sup>
12	22	24,40±1,86 <sup>i</sup>	19,70±1,21 <sup>i</sup>	14,40±1,30 <sup>j</sup>	0,70±0,06 <sup>k</sup>	0,73±0,07 <sup>chik</sup>
13	16	42,60±1,56 <sup>cf</sup>	35,30±1,68 <sup>k</sup>	23,80±1,59 <sup>cd</sup>	1,20±0,08 <sup>bcdj</sup>	0,68±0,06 <sup>deijl</sup>
14	18	109,40±5,43 <sup>i</sup>	95,20±1,87 <sup>l</sup>	53,80±1,41 <sup>k</sup>	2,70±0,21 <sup>l</sup>	0,57±0,02 <sup>a</sup>
15	19	75,00±2,14 <sup>k</sup>	61,40±1,38 <sup>m</sup>	43,10±1,42 <sup>g</sup>	2,20±0,06 <sup>g</sup>	0,70±0,03 <sup>cijkl</sup>

Примечание: значения с одинаковым индексом в одном столбце статистически значимо не отличаются ( $p > 0,05$ ).

Таблица 4. Среднее содержание азота и степень протеолиза в исследованных сырах различных видовых групп

Table 4. Average nitrogen content and a degree of proteolysis in the studied cheeses of various type groups

№ образца	Количество исследованных сыров	Массовая доля общего белка, %	Массовая доля водорастворимого белка, %	Степень протеолиза, %
1	16	34,00±0,46 <sup>a</sup>	8,50±0,09 <sup>a</sup>	25,01±0,33 <sup>a</sup>
2	18	27,00±0,72 <sup>b</sup>	1,50±0,03 <sup>b</sup>	5,57±0,16 <sup>b</sup>
3	18	27,00±0,76 <sup>cb</sup>	4,50±0,07 <sup>c</sup>	16,69±0,50 <sup>c</sup>
4	17	32,01±0,59 <sup>d</sup>	2,60±0,05 <sup>d</sup>	8,14±0,24 <sup>d</sup>
5	17	33,20±0,86 <sup>e</sup>	7,20±0,52 <sup>e</sup>	21,67±0,51 <sup>e</sup>
6	16	24,50±0,38 <sup>f</sup>	1,30±0,06 <sup>f</sup>	5,32±0,32 <sup>b</sup>
7	16	27,50±0,79 <sup>gbc</sup>	4,30±0,04 <sup>g</sup>	15,66±0,38 <sup>f</sup>
8	15	25,30±0,09 <sup>h</sup>	6,70±0,08 <sup>h</sup>	26,46±0,35 <sup>g</sup>
9	14	19,60±0,12 <sup>i</sup>	2,30±0,06 <sup>i</sup>	11,75±0,28 <sup>h</sup>
10	22	34,80±0,48 <sup>j</sup>	7,30±0,04 <sup>e</sup>	20,99±0,33 <sup>i</sup>
11	17	26,60±0,07 <sup>bc</sup>	2,90±0,04 <sup>j</sup>	10,91±0,12 <sup>i</sup>
12	22	27,00±0,37 <sup>bcg</sup>	5,20±0,06 <sup>k</sup>	19,26±0,33 <sup>k</sup>
13	16	16,60±0,06 <sup>k</sup>	1,90±0,03 <sup>l</sup>	11,45±0,20 <sup>h</sup>
14	18	19,60±0,03 <sup>i</sup>	2,10±0,03 <sup>m</sup>	10,73±0,16 <sup>j</sup>
15	19	18,30±0,03 <sup>l</sup>	2,81±0,03 <sup>a</sup>	15,33±0,14 <sup>f</sup>

Примечание: значения с одинаковым индексом в одном столбце статистически значимо не отличаются ( $p > 0,05$ ).

Структурно-механические показатели сыров различных видовых групп представлены в Таблице 5.

Структурно-механические (реологические) показатели сыров различных видовых групп различаются, что объективно отражает характер их консистенции.

Данные органолептических, физико-химических, реологических и биохимических показателей, представленные в Таблицах 2–5, свидетельствуют о том, что образцы подобранных для исследования сыров соответствуют требованиям нормативно-технических документов на конкретные виды сыра.

Основными потребительскими характеристиками, определяющими целесообразность использования того или иного вида натурального сыра для производства пиццы, являются функциональные свойства.

Результаты комплексной оценки функциональных свойств исследованных натуральных сыров в сравнении с максимально желаемой оценкой (эталон) отражены на Рисунке 1.

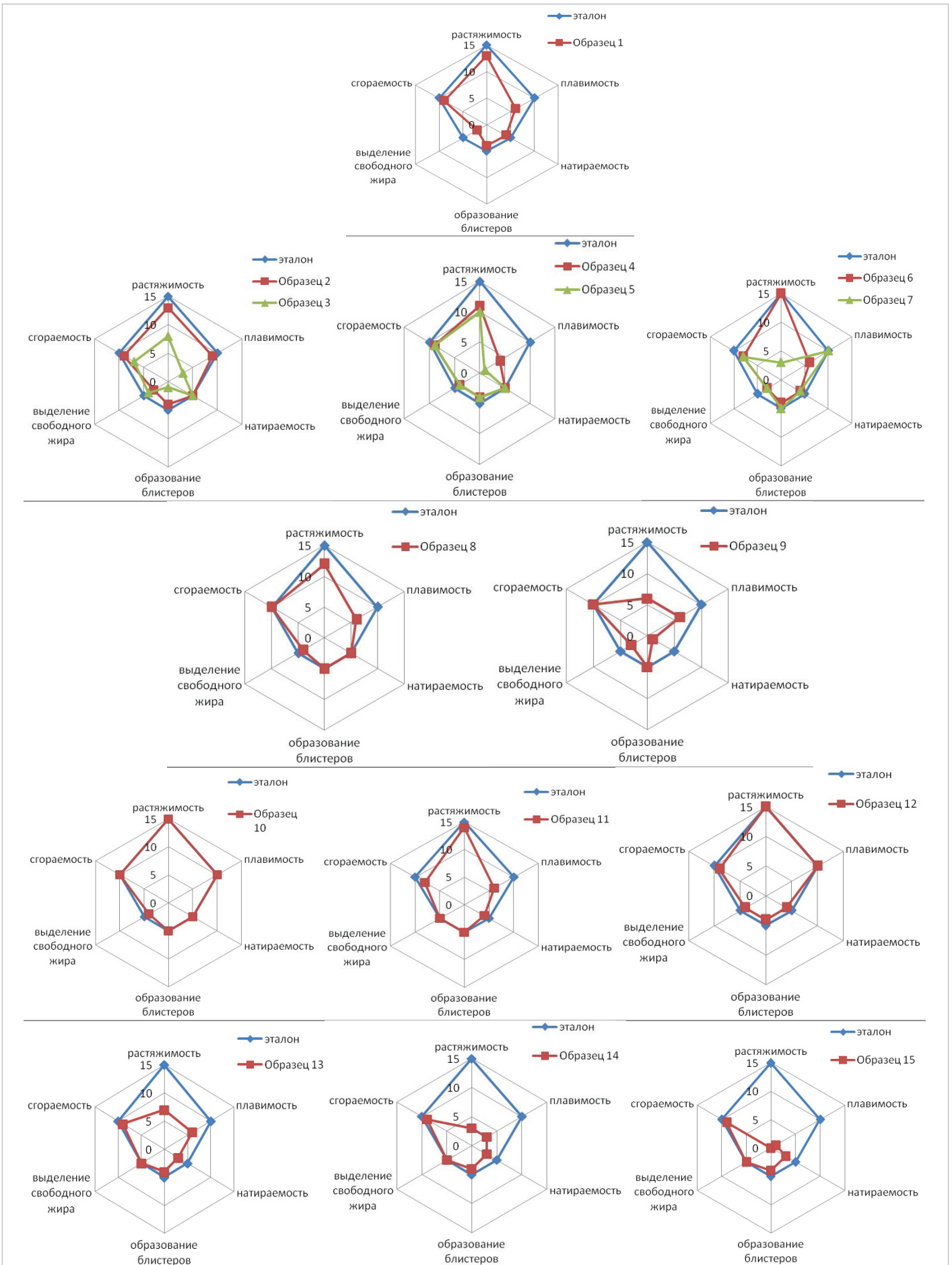


Рисунок 1. Профилограммы функциональных свойств исследованных сыров различных групп  
 Figure 1. Profilograms of the functional properties of the studied cheeses from various groups

Как видно из данных, представленных на Рисунке 1, твердые сыры после выпечки характеризуются чрезмерной плавимостью и сильным выделением жира, что приводит к снижению оценки по данным функциональным свойствам. Натиряемость, образование блистеров, сгораемость и растяжимость в твердых сырах близки к искомым.

В большинстве образцов полутвердых сыров, подвергающихся созреванию, проявляется ухудшение растяжимости и плавимости. Полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания обладают недостаточной плавимостью и растяжимостью.

Сыры, созревающие при участии плесени *Penicillium roqueforti*, а также мягкие и рассольные сыры плохо натираются, практически не образуют сырных нитей после выпечки, при этом сыры с плесенью обладают чрезмерной плавимостью, а мягкие и рассольные сыры не плавятся. Это приводит к низкой комплексной оценке функциональных свойств и говорит о непригодности данных групп натуральных сыров для приготовления пищи.

Установлено, что полножирные сыры с чеддеризацией сырной массы максимально соответствуют комплексу функциональных свойств. Однако уменьшение массовой доли жира в сырах с чеддеризацией, таких как полутвердый сыр Кальятта, приводит к некоторому снижению плавимости и усилению сгораемости.

Анализ результатов комплексной оценки исследованных натуральных сыров показывает, что увеличение массовой доли жира в сырах приводит к улучшению их плавимости, растяжимости, сгораемости и к активному выделению свободного жира. Снижение активной кислотности до 5,2 ед. рН и меньше вызывает появление темно-коричневого цвета у расплавленного сыра. Это, в свою очередь, способствует потере баллов за его сгораемость. В исследованиях Nala установлено ограничение для значения рН в диапазоне от 6,0 до 6,2 [30]. Массовая доля общего белка влияет на натиряемость сыров: чем ниже содержание общего азота, тем хуже натиряемость. В исследованных сырах с массовой долей общего белка более 27% наблюдается лучшая плавимость. С увеличением содержания общего белка наблюдается тенденция к улучшению растяжимости. Не выявлено влияния степени протеолиза, массовой доли влаги и реологических показателей исследованных натуральных сыров на комплекс функциональных свойств, однако ряд ученых сообщали о влиянии реологических характеристик и влаги сыров на их функциональные свойства [5,12,17,18,20]. Установлено, что прием чеддеризации, т. е. сбраживание лактозы в процессе выработки сыра, приводит к улучшению функциональных свойств.

Для выявления взаимосвязи между функциональными свойствами, физико-химическим составом и консистенцией исследованных сыров проведен корреляционный анализ. Результаты, отражающие среднюю и сильную тесноту связи между исследованными показателями и функциональными свойствами, представлены в Таблице 6.

В результате корреляционного анализа установлено, что на натиряемость сыров закономерно наибольшее влияние оказывает их консистенция. Массовая доля жира в исследованных сырах положительно на их плавимость и растяжимость после выпечки, что согласуется с результатами зарубежных исследований функциональных свойств чеддеризованных сыров для пиццы, и отрицательно — на их сгораемость. Массовая доля общего белка в сырах благоприятно влияет на их натиряемость и растяжимость. Взаимосвязь плавимости и массовой доли общего белка исследованных сыров предположительно носит нелинейный характер. Установлена тенденция улучшения сгораемости исследованных сыров при увеличении ак-

тивной кислотности. Вероятно, что влияние исследованных характеристик сыров на функциональные свойства могут носить и нелинейный характер. Представленные коэффициенты корреляции значимы, так как расчетные критерии Стьюдента больше критического критерия.

Таблица 6. Коэффициенты корреляции функциональных свойств, физико-химического состава и консистенции исследованных сыров

Table 6. Correlation coefficients of functional properties, physico-chemical composition and consistency of the studied cheeses

Функциональные свойства	Показатели качества			
	Массовая доля жира в сухом веществе	Массовая доля общего белка	Активная кислотность	Консистенция
Натиряемость	*	0,74	*	0,76
Плавимость	0,69	-0,50	*	*
Сгораемость	-0,52	*	0,55	*
Растяжимость	0,64	0,62	*	*

Примечание: \* — не выявлено статистически значимого влияния (расчетный критерий Стьюдента меньше табличного критерия Стьюдента).

В результате проведенных комплексных исследований органолептических, физико-химических, структурно-механических, биохимических показателей и функциональных свойств установлено, что для производства пиццы наиболее предпочтительно использовать сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы, незрелые полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формируемые из пласта, и полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания. Рекомендация по применению сыров с чеддеризацией, в частности сыра Моцарелла как основного ингредиента для пиццы согласуется с рекомендациями Ma X., Balaban M. O., Zhang L., Emanuelsson-Patterson E. A. C., James B. [20].

#### 4. Выводы

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что физико-химические, структурно-механические, биохимические показатели сыров влияют на комплексную оценку органолептических и функциональных свойств натуральных сыров, применяемых в качестве основного сырья для пиццы.

В результате проведенных исследований и корреляционного анализа установлено, что массовая доля жира в сухом веществе исследованных сыров влияет на их плавимость, а также на выделение свободного жира и на растяжимость после выпечки. Активная кислотность натуральных сыров оказывает воздействие на сгораемость. Массовая доля общего белка взаимосвязана с натиряемостью, плавимостью и растяжимостью. Не выявлено влияния массовой доли влаги, реологических показателей, степени протеолиза исследованных сыров на те или иные функциональные свойства.

Для производства пиццы наиболее предпочтительно использовать сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы, незрелые полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формируемые из пласта, полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания. Полутвердые сыры, созревающие при участии плесневых культур, а также мягкие и рассольные сыры не рекомендуются для приготовления пиццы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Рыбалова, Т. И. (2020). Правильный сыр — главный секрет успеха пиццы. *Сыростроение и маслоделие*, 2, 10–14.
- Давыдов, В., Давыдов, Е., Прасолов, Д. (2022). Пицца-бизнес. Часть 6. Сыры и топпинги. *Литрес*.
- Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V. V., Shishkina, A. N., Uskova, E. E. (2020). Research on the possibility of extending the shelf life of cheese raw material and heat-treated cheese by their freezing for further use in HoReCa. *Food Systems*, 3(4), 39–44. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-39-44>
- Olson, D. W., Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Tomasula, P. M., Molina-Corral F. J., Gardea, A. A. (2011). Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4292–4299. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3884>
- Jana, A. H., Tagalpallewar, G.P. (2017). Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2886-z>
- Barville, V., Morin, P., Pouliot, Y., Britten, M. (2014). Shreddability of pizza Mozzarella cheese predicted using physicochemical properties. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4097–4110. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8040>
- Gore, E., Mardon, J., Lebecque, A. (2016). Draining and salting as responsible key steps in the generation of the acid forming potential of cheese: Application to a soft blue-veined cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 6927–6936. <http://doi.org/10.3168/jds.2016-11094>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. (2017). Cheese as an Ingredient. Chapter in a book: *Fundamentals of Cheese Science*. Boston: Springer, 2017. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_18)
- Dharaiya, C. N., Jana, A. H., Aparnathi, K. D. (2019). Functionality of Mozzarella cheese analogues prepared using varying protein sources as influenced by refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 5243–5252. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03995-2>
- Salama, W. M. (2015). Influence of whey proteins on the characteristics of buffalo mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 10, 12–23. <https://doi.org/10.3923/jds.2015.12.23>
- Hans, M., Bhise, S., Minhas, K. S. (2020). Effect of storage on the physicochemical, color and microbiological properties of cheese prepared from stored pre-cheese. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2326–2330. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3ag.9558>

12. Dave, R. I., Pragati, Sh., Mc Mahon, D. J. (2003). Melt and rheological properties of mozzarella cheese as affected by starter culture and coagulating enzymes. *Le Lait*, 83, 61–77. <https://doi.org/10.1051/lait:2002050>
13. Lamichhane, P., Kelly, Al. L., Sheehan, J. J. (2018). Symposium review: Structure-function relationships in cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13386>
14. Gunasekaran, S. (2016). Cheese Quality Evaluation. Chapter in a book: Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Elsevier: Academic Press, 2016. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802232-0.00020-7>
15. Everard, C. D., O'Donnell, C. P., Fagan, C. C., Sheehan, E. M., Delahunty, C. M., O'Callaghan, D. J. (2005). Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, computer vision method and Olson and Price test. *International Journal of Food Properties*, 8, 267–275. <http://doi.org/10.1081/JFP-200060241>
16. Свириденко, Г. М., Калабушкин, В. В., Шишкина, А. Н. (2020). Анализ потребительских свойств сыров для HoReCa. *Сыростроение и маслоделие*, 4, 6–9.
17. Ma, X., James, B., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part I: Cheese made with different starter cultures. *Food Research International*, 54(1), 912–916. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.007>
18. Ma, X., James, B., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part II: Cheese with different salt and moisture contents. *Food Research International*, 54(1), 917–921. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.05.029>
19. Johnson, M. E., Olson, N. F. (1985). Nonenzymatic browning of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 68(12), 3143–3147. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81219-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81219-4)
20. Ma, X., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C., James, B. (2014). Quantification of pizza baking properties of different cheeses, and their correlation with cheese functionality. *Journal of Food Science*, 79(8), E1528–E1534. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12540>
21. Yun, J. J., Barbano, D. M., Bond, E. F., Kalab, M. (1995). Image analysis method as quality control and research tool for characterizing pizza blisters. *Scanning*, 95(17), Article V143.
22. Rudan, M. A., Barbano, D. M. (1998). A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2312–2319. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75812-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75812-6)
23. Свириденко, Г. М., Калабушкин, В. В., Алексеева, Е. В. (2019). К вопросу о функциональных свойствах плавящихся сыров для HoReCa. *Сыростроение и маслоделие*, 3, 33–36.
24. Ma, X., James, B., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2012). The stretchability of Mozzarella cheese evaluated by a temperature-controlled 3-prong hook test. *Journal of Dairy Science*, 95, 5561–5568. <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5486>
25. Joshi, N. S., Muthukumarappan, K., Dave, R. I. (2004). Effects of reduced-calcium, test temperature and storage on stretchability of part-skim Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59(1), 60–65.
26. Свириденко, Г. М., Калабушкин, В. В., Шишкина, А. Н. (2022). Шкала оценки сыров для пиццы. *Сыростроение и маслоделие*, 4, 28–32. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-4-28-32>
27. Muthukumarappan, K., Wang, Y. C., Gunasekaran, S. (1999). Short communication: modified schreiber test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1068–1071. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75328-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75328-2)
28. Fife, R. L., McMahon, D. J., Oberg, C. J. (2002). Test for measuring the stretchability of melted cheese. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3539–3545. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74444-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74444-5)
29. Mizuno, R., Lucey, J. A. (2005). Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat Pasta Filata cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3411–3425. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73025-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73025-3)
30. Ali, H. M., Ahmed, J. A. O., El Zubeir, I. E. M. (2023). The effect of pH on the rheological and physical properties of analogue pizza cheese. *Journal Food Science Technology*, 60(2), 692–700. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05654-3>

## REFERENCES

1. Rybalova, T. I. (2020). The right cheese is the key to pizza success. *Cheese Making and Butter Making*, 2, 10–14. (In Russian)
2. Davydov, V., Davydov, E., Prasolov, D. (2022). Pizza business. Part 6. Cheeses and toppings. Litres. (In Russian)
3. Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V. V., Shishkina, A. N., Uskova, E. E. (2020). Research on the possibility of extending the shelf life of cheese raw material and heat-treated cheese by their freezing for further use in HoReCa. *Food Systems*, 3(4), 39–44. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-39-44>
4. Olson, D. W., Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Tomasula, P. M., Molina-Corral F. J., Gardea, A. A. (2011). Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4292–4299. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3884>
5. Jana, A. H., Tagalpallewar, G. P. (2017). Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2886-z>
6. Banville, V., Morin, P., Pouliot, Y., Britten, M. (2014). Shreddability of pizza Mozzarella cheese predicted using physicochemical properties. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4097–4110. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8040>
7. Gore, E., Mardon, J., Lebecque, A. (2016). Draining and salting as responsible key steps in the generation of the acid forming potential of cheese: Application to a soft blue-veined cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 6927–6936. <http://doi.org/10.3168/jds.2016-11094>
8. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. (2017). Cheese as an Ingredient. Chapter in a book: Fundamentals of Cheese Science. Boston: Springer, 2017. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_18)
9. Dharaiya, C. N., Jana, A. H., Aparnathi, K. D. (2019). Functionality of Mozzarella cheese analogues prepared using varying protein sources as influenced by refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 5243–5252. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-05993-2>
10. Salama, W. M. (2015). Influence of whey proteins on the characteristics of buffalo mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 10, 12–23. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.12.23>
11. Hans, M., Bhise, S., Minhas, K. S. (2020). Effect of storage on the physicochemical, color and microbiological properties of cheese prepared from stored pre-cheese. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2326–2330. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3ag.9558>
12. Dave, R. I., Pragati, Sh., Mc Mahon, D. J. (2003). Melt and rheological properties of mozzarella cheese as affected by starter culture and coagulating enzymes. *Le Lait*, 83, 61–77. <https://doi.org/10.1051/lait:2002050>
13. Lamichhane, P., Kelly, Al. L., Sheehan, J. J. (2018). Symposium review: Structure-function relationships in cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13386>
14. Gunasekaran, S. (2016). Cheese Quality Evaluation. Chapter in a book: Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Elsevier: Academic Press, 2016. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802232-0.00020-7>
15. Everard, C. D., O'Donnell, C. P., Fagan, C. C., Sheehan, E. M., Delahunty, C. M., O'Callaghan, D. J. (2005). Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, computer vision method and Olson and Price test. *International Journal of Food Properties*, 8, 267–275. <http://dx.doi.org/10.1081/JFP-200060241>
16. Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V. V., Shishkina, A. N. (2020). Analysis of consumer properties of cheeses for HoReCa. *Cheese Making and Butter Making*, 4, 6–9. (In Russian)
17. Ma, X., James, B., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part I: Cheese made with different starter cultures. *Food Research International*, 54(1), 912–916. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.007>
18. Ma, X., James, B., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part II: Cheese with different salt and moisture contents. *Food Research International*, 54(1), 917–921. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.05.029>
19. Johnson, M. E., Olson, N. F. (1985). Nonenzymatic browning of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 68(12), 3143–3147. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81219-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81219-4)
20. Ma, X., Balaban, M. O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C., James, B. (2014). Quantification of pizza baking properties of different cheeses, and their correlation with cheese functionality. *Journal of Food Science*, 79(8), E1528–E1534. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12540>
21. Yun, J. J., Barbano, D. M., Bond, E. F., Kalab, M. (1995). Image analysis method as quality control and research tool for characterizing pizza blisters. *Scanning*, 95(17), Article V143.
22. Rudan, M. A., Barbano, D. M. (1998). A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2312–2319. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75812-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75812-6)
23. Sviridenko, G. M., Kalabushkin, V. V., Алексеева, Е. В. (2019). To the item about functional properties of processed cheese for the HoReCa. *Cheese Making and Butter Making*, 3, 33–36. (In Russian)
24. Ma, X., James, B., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E. A. C. (2012). The stretchability of Mozzarella cheese evaluated by a temperature-controlled 3-prong hook test. *Journal of Dairy Science*, 95, 5561–5568. <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5486>
25. Joshi, N. S., Muthukumarappan, K., Dave, R. I. (2004). Effects of reduced-calcium, test temperature and storage on stretchability of part-skim Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59(1), 60–65.
26. Свириденко, Г. М., Калабушкин, В. В., Шишкина, А. Н. (2022). Rating scale of pizza cheeses. *Cheese Making and Butter Making*, 4, 28–32. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-4-28-32>. (In Russian)
27. Muthukumarappan, K., Wang, Y. C., Gunasekaran, S. (1999). Short communication: modified schreiber test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1068–1071. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75328-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75328-2)
28. Fife, R. L., McMahon, D. J., Oberg, C. J. (2002). Test for measuring the stretchability of melted cheese. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3539–3545. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74444-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74444-5)
29. Mizuno, R., Lucey, J. A. (2005). Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat Pasta Filata cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3411–3425. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73025-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73025-3)
30. Ali, H. M., Ahmed, J. A. O., El Zubeir, I. E. M. (2023). The effect of pH on the rheological and physical properties of analogue pizza cheese. *Journal Food Science Technology*, 60(2), 692–700. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05654-3>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<b>Принадлежность к организации</b>	<b>Affiliation</b>
<p><b>Свириденко Галина Михайловна</b> — доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела микробиологии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-903-823-56-88 E-mail: g.sviridenko@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-9586-3786">https://orcid.org/0000-0002-9586-3786</a></p>	<p><b>Galina M. Sviridenko</b>, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of Research Department of Microbiology, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-903-823-56-88 E-mail: g.sviridenko@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-9586-3786">https://orcid.org/0000-0002-9586-3786</a></p>
<p><b>Шишкина Анастасия Николаевна</b> — аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-901-040-48-37 E-mail: a.shishkina@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3935-766X">https://orcid.org/0000-0002-3935-766X</a> * автор для контактов</p>	<p><b>Anastasiya N. Shishkina</b>, Graduate Student, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-901-040-48-37 E-mail: a.shishkina@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-3935-766X">https://orcid.org/0000-0002-3935-766X</a> * corresponding author</p>
<p><b>Калабушкин Василий Валерьевич</b> — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории плавленных сыров, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7-920-657-68-23 E-mail: v.kalabushkin@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0507-0572">https://orcid.org/0000-0002-0507-0572</a></p>	<p><b>Vasiliy V. Kalabushkin</b>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Processed Cheese Lab, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheese-making 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7-920-657-68-23 E-mail: v.kalabushkin@fncps.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0507-0572">https://orcid.org/0000-0002-0507-0572</a></p>
<b>Критерии авторства</b>	<b>Contribution</b>
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interest</b>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>