DOI: https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-286-293

Поступила 12.11.2021
Поступила после рецензирования 10.12.2021
Принята в печать 15.12. 2021
© Мягконосов Д. С., Смыков И. Т., Абрамов Д. В. Делицкая И. Н., Овчинникова Е. Г., 2021

https://www.fsjour.com/jour
Научная статья
Open access

ВЛИЯНИЕ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩИХ ФЕРМЕНТОВ ЖИВОТНОГО И МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА КАЧЕСТВО И СРОК ХРАНЕНИЯ МЯГКИХ СЫРОВ

Мягконосов Д. С.*, Смыков И. Т., Абрамов Д. В., Делицкая И. Н., Овчинникова Е. Г.

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
мягкие сыры, молокосвертывающие ферменты, протеолиз, горький вкус, реология, микроструктура

АННОТАЦИЯ

Было проведено сравнительное испытание молокосвертывающих ферментов (МФ) животного происхождения (Naturen® Extra), микробного происхождения (Marzyme®) и МФ на основе рекомбинантного химозина верблюда (Chy-max® M) при производстве мягкого сыра «Любительский». К концу срока хранения сыров (12 сут при температуре 3 ± 1 °С) были отмечены различия по степени протеолиза (СП) и величине комплексного модуля сдвига G*, которые составили для сыров, произведенных с использованием МФ марки: Naturen® — СП = 17,86 ± 0,24%; G* = 4164 ± 587 Па; Marzyme ® — СП = 17,98 ± 0,49%; G* = 4581 ± 786 Па; Chy-max® M — СП = 9,85 ± 0,63%; G* = 7949 ± 1157 Па. Сыры, произведенные с применением МФ Chy-max® M, обладали более плотной консистенцией, чем сыры, произведенные с использованием МФ Naturen или Marzyme, которые не имели существенных отличий в консистенции. В исследованных сырах степень выраженности горького вкуса была пропорциональна содержанию водорастворимых пептидов с массой 0,5–3 кДа. В сырах, произведенных с МФ Marzyme®, отмечалась более интенсивная горечь, чем в сырах, произведенных с МФ Naturen®. В сырах, произведенных с использованием Chy-max® M, не отмечалось горького вкуса. Были сделаны выводы, что при производстве мягких сыров рекомбинантный химозин верблюда может быть использован для увеличения срока хранения, а МФ микробного происхождения можно рекомендовать для замены более дорогостоящих МФ животного происхождения.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № 0585–2019–0012 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 12.11.2021
Accepted in revised 10.12.2021
Accepted for publication 15.12.2021
© Myagkonosov D. V., Smykov I. T., Abramov D. V., Delitskaya I. N., Ovchinnikova E. G., 2021

Available online at https://www.fsjour.com/jour
Original scientific article
Open access

INFLUENCE OF MILK-CLOTTING ENZYMES OF ANIMAL AND MICROBIAL ORIGIN ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF SOFT CHEESES

Dmitriy S. Myagkonosov*, Igor T. Smykov, Dmitriy V. Abramov, Irina N. Delitskaya, Elena G. Ovchinnikova

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

KEY WORDS:
soft cheese, milk-clotting enzymes, proteolysis, bitter taste, rheology, microstructure

ABSTRACT

A comparative test was carried out for milk-clotting enzymes (MCE) of animal origin (Naturen® Extra), microbial origin (Marzyme®) and MCE based on recombinant camel chymosin (Chy-max® M) in the production of soft cheese "Lyubitelskiy". By the end of the shelf life of the cheeses (12 days at a temperature of 3 ± 1 °C), differences were noted in the degree of proteolysis (DP) and the value of the complex modulus G*, which were the following ones for cheeses produced with MCE of the brands: Naturen® — DP = 17.86 ± 0.24%; G* = 4164 ± 587 Pa; Marzyme® — DP = 17.98 ± 0.49%; G* = 4581±786 Pa; Chy-max® M — DP = 9.85 ± 0.63%; G* = 7949 ± 1157 Pa. Cheeses made with Chy-max® M MCE had a denser texture than cheeses made with MCE of Naturen or Marzyme, which did not differ significantly in consistency. In the studied cheeses, the severity of the bitter taste was proportional to the content of water-soluble peptides with a mass of 0.5–3 kDa. Cheeses with Marzyme® MCE had a more intense bitterness than cheeses with Naturen® MCE. There was no bitter taste in cheeses produced with MCE of Chy-max® M. It was concluded that in the production of soft cheeses, recombinant camel chymosin can be used to increase the shelf life, and MCE of microbial origin can be recommended to replace more expensive MCE of animal origin.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. 0585–2019–0012 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

Мягкие сыры сочетают в себе свойства как высококалорийного продукта, так и продукта здорового питания, поэтому они широко представлены в ассортименте сыров в странах развитого сыроделия. Недостатком мягких сыров является их короткий срок хранения. В этих сырах с высокой

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: **Мягконосов, Д. С., Смыков, И. Т., Абрамов, Д. В., Делицкая, И. Н., Овчинникова, Е. Г.** (2021). Влияние молокосвертывающих ферментов животного и микробного происхождения на качество и срок хранения мягких сыров. *Пищевые системы*, 4(4), 286-293. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-286-293

FOR CITATION: **Myagkonosov, D. S., Smykov, I. T., Abramov, D. V., Delitskaya, I. N., Ovchinnikova, E. G.** (2021). Influence of milk-clotting enzymes of animal and microbial origin on the quality and shelf life of soft cheeses. *Food systems*, 4(4), 286-293. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-286-293

скоростью идет протеолиз, в результате которого они быстро перезревают, приобретая вязкую, липнущую к ножу консистенцию, а также порок вкуса — горечь.

Основным протеолитическим агентом в мягких сырах является молокосвертывающий фермент (МФ). Значительная часть МФ (до 30% от массы МФ, внесенной в молоко) удерживается в сырной массе [1]. Также в мягких сырах имеются условия, оптимальные для активности МФ: высокое содержание влаги, низкое содержание соли, кислотность около pH 5 [2]. Увеличить срок хранения сыров можно снизив скорость протеолитических процессов, что может быть достигнуто в т. ч. за счет использования МФ с низкой протеолитической активностью (ПА) [3,4,5].

Среди всех типов МФ, используемых в сыродельной промышленности, самым низким уровнем неспецифической ПА обладают рекомбинантные химозины [6]. Рекомбинантный химозин верблюда имеет низкий уровень неспецифической протеолитической активности. Полученные зарубежными исследователями результаты показывают отчетливое снижение уровня протеолиза и увеличение срока хранения сыров при использовании в производстве сыров рекомбинантных МФ на основе химозина верблюда [5,7,8].

В процессе проведенной работы было исследовано влияние типа использованного МФ на динамику протеолиза в мягких сырах и изучены связанные с этим изменения в структуре и вкусе сыров в процессе их хранения. Результаты работы представляют практический интерес в рамках совершенствования технологии мягких сыров и увеличения их срока хранения.

2. Материалы и методы

2.1. Материалы

В исследованиях использовали коровье молоко одного поставщика-производителя — ООО «АгриВолга» (Ярославская область, Угличский район, д. Бурмасово).

При производстве сыров использовали молочнокислую закваску на основе бактериальных концентратов БК-Углич-№ 4 и БК-Углич-№ 5А (ФГБНУ «Экспериментальная биофабрика», Россия), состоящую из набора культур *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, с предварительной активизацией культуры на стерилизованном молоке. Для свертывания молока использовали МФ марок:

- Marzyme® MT 2200 на основе кислой протеазы, выделенной от *Rhizomucor miehei*. Номинальная МСА 2200 IMCU/г (Danisco SAS, Франция);
- Naturen® Extra 220 NB, представляющий собой натуральный сычужный фермент, выделенный из желудков телят с номинальным содержанием химозина не менее 95%, пепсина — не более 5%. Номинальная МСА 220 IMCU/см^3 (Chr Hansen A/S, Дания);
- Chy-max® M 1000 на основе рекомбинантного химозина верблюда. Номинальная МСА 1000 IMCU/см^3 (Chr Hansen A/S, Дания).

2.2. Методы

2.2.1. Методы исследования свойств молокосвертывающих ферментов

Определение общей протеолитической активности проводилось по ГОСТ 34430–2018[1], применительно к слабокислым протеазам (при pH 5,3).

2.2.2. Методы исследования свойств сыров

Активную кислотность сыра определяли в суспензии сыра, для приготовления которой 10 г сыра растирали в ступке с 10 см^3 деионизированной воды. Измерения активной кислотности проводили на pH-метре pH-150МИ («Измерительная техника», Россия).

Определение массовой доли влаги проводили методом высушивания при температуре 102 ± 2 °C по российскому государственному стандарту ГОСТ 3626–73[2].

Определение массовой доли жира в сырах — кислотным методом по российскому государственному стандарту ГОСТ Р 55063–2012[3].

Степень протеолиза в сырах выражали в процентах абсолютного содержания растворимого азота от абсолютного содержания общего азота.

Определение массовой доли общего и растворимого азота проводили методом Кьельдаля по российскому государственному стандарту ГОСТ Р 54662–2011[4].

Экстракцию водорастворимого азота — по методу [9] в модификации [10]: 20 г натертого сыра смешивали с 40 см^3 деионизированной воды, гомогенизировали на высокоскоростном гомогенизаторе FSH-2A (Jiangsu Jinyi Instrument Technology Company Limited, Китай) в течение 1 мин. Гомогенизированную смесь выдерживали при 40 °C в течение 1 ч при непрерывном перемешивании 100 мин$^{-1}$ на орбитальном шейкере SK-O180-E (DLAB Scientific Co., Ltd, Китай). Образцы охлаждали до температуры 4 °C и центрифугировали при 3000 g в течение 30 мин. Верхний жировой слой удаляли, а надосадок фильтровали на фильтрах из ацетата целлюлозы с размером пор 0,45 мкм (Владипор, Россия).

Определение молекулярно-массового распределения растворимых белковых веществ осуществляли в водных экстрактах из сыров методом гель-фильтрации высокого разрешения с использованием колонки Superose 12 10/300 GL (GE Healthcare, Швеция). Элюент — водный раствор 0,05 M Na_2HPO_4 + 0,15 M NaCl, скорость подачи элюента — 0,5 мл/мин; длина волны детектора — 280 нм. Калибровку колонки проводили по времени выхода белковых веществ с известной молекулярной массой: IgG (180 кДа), альдолаза (158 кДа), BSA (69 кДа), овоальбумин (43 кДа), β-Lg (36,0 кДа), α-La (14,4 кДа), цитохром C (12,3 кДа), триптофан (0,204 кДа). Калибровочный график был построен на основе логарифмической регрессионной модели [11].

2.2.3. Процесс производства и хранения сыров

Производили мягкий сыр типа «Любительский» с содержанием жира в сухом веществе 50%. Технологический регламент производства и хранения мягкого сыра типа «Любительский» приведен в нашей статье, опубликованной в предыдущем номере журнала «Пищевые системы» [12].

2.2.4. Методы исследования микроструктуры сыров

Микроструктуру сыров исследовали методом световой микроскопии в проходящем свете, на микросрезах сыров толщиной 100 ± 10 мкм. Коррекцию фотографий производили с помощью программного пакета Digital Photo Professional software v.4.5 (Canon Inc.).

[1] ГОСТ 34430–2018 «Ферментные препараты для пищевой промышленности. Метод определения протеолитической активности». Москва: Стандартинформ, 2018. — 12 с.

[2] ГОСТ 3626–73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества». Москва: Стандартинформ, 2009. — 11 с.

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

[4] ГОСТ Р 54662–2011 «Сыры и сыры плавленые. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля». Москва: Стандартинформ, 2012. — 16 с.

2.2.5. Методы реологических исследований

Реологические показатели сыров исследовали с применением реогониометра Вайссенберга модели R-19 (Sangamo Weston Controls Limited, Великобритания). Режим испытаний: периодическое сдвиговое деформирование с заданной частотой и амплитудой колебаний. В качестве рабочих органов использовали сочетание «конус-плоскость» диаметром 25 мм. Угол при вершине конуса — 2 °. Линейность периодического режима деформирования обеспечивалась при амплитуде угловых перемещений рабочих органов $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ рад при частоте 3,16 Гц.

2.2.6. Методы статистического анализа

Математическая обработка данных проводилась с применением программных пакетов Microsoft Excel и Statsoft Statistica (v.5.5). Оценку влияния категориального фактора «тип МФ» на переменные отклика проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) методом множественных сравнений Шеффе [13].

Эксперименты проводили с трехкратной повторностью.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Состав и качество сыров, изготовленных с МФ разного типа

Изготовленные сыры были заложены на хранение. В процессе хранения, через 5, 10 и 12 сут, сыры извлекали из упаковки, отбирали пробы, упаковывали под вакуумом (давление $(0{,}96 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-5}$ Па; продолжительность вакуумирования — 17 с) в пакеты из полимерной пленки Амивак СН-В («Атлантис-Пак», Россия). Упакованные сыры хранили при температуре 3 ± 1 °С. Оценивали физико-химические и органолептические показатели (консистенция и вкус) сыров. На момент начала хранения отсутствовали отличия по составу и органолептическими показателями между образцами свежих сыров, изготовленных с использованием разных типов МФ [12]. Свежие сыры характеризовались грубой, ломкой структурой со свободно отделяющейся на срезе сывороткой. В процессе хранения сформировались отличия в консистенции и во вкусе между вариантами сыров, произведенных с разными типами МФ. Через 12 сут хранения, варианты сыров, изготовленные с МФ Naturen, приобретали мажущуюся, липнущую к ножу при разрезании консистенцию, что означало завершение срока годности. Сыры, произведенные с МФ Marzyme, характеризовались несколько более плотной консистенцией и обладали способностью к нарезанию. Сыры, изготовленные с МФ Chy-max® M, обладали к 12 сут хранения в меру пластичной консистенцией и имели возможность для дальнейшего хранения. Структура (внешний вид на срезе) сыров, произведенных с использованием МФ разного типа, в конце срока хранения приведена на Рисунке 1.

Физико-химические показатели сыров в конце срока хранения приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Показатели сыров в конце срока хранения (12 сут)

Показатель состава сыров	Значение показателя для сыров, изготовленных с МФ марок		
	Marzyme MT 2200	Naturen Extra 220	Chy-max M 1000
Кислотность, ед. pH	4,97 ± 0,04 [a]	4,93 ± 0,03 [a]	4,98 ± 0,02 [a]
М.д. сухого вещества, %	44,58 ± 0,58 [a]	44,17 ± 0,45 [a]	44,97 ± 0,64 [a]
М.д. жира, %	23,47 ± 0,25 [a]	23,47 ± 0,44 [a]	22,73 ± 0,24 [a]
М.д. общего белка,%	16,14 ± 0,16 [a]	15,93 ± 0,20 [a]	16,25 ± 0,06 [a]
М.д. растворимого белка, %	2,91 ± 0,11 [a]	2,85 ± 0,06 [a]	1,60 ± 0,10 [b]
Степень протеолиза, %	17,98 ± 0,49 [a]	17,86 ± 0,24 [a]	9,85 ± 0,63 [b]
Комплексный модуль сдвига G^*, Па	4581 ± 786 [a]	4164 ± 587 [a]	7949 ± 1157 [b]

Примечание:
Данные приведены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n = 3).
Данные внутри одной строки с одинаковыми надстрочными символами не имеют статистически достоверных отличий ($p < 0{,}05$, множественное сравнение с помощью теста Шеффе).

3.2. Обсуждение полученных результатов

3.2.1. Физико-химические показатели сыров

Содержание в сыре влаги, жира, белка и уровень pH оказывают определяющее влияние на консистенцию сыров [14]. При анализе полученных данных (Таблица 1) при помощи

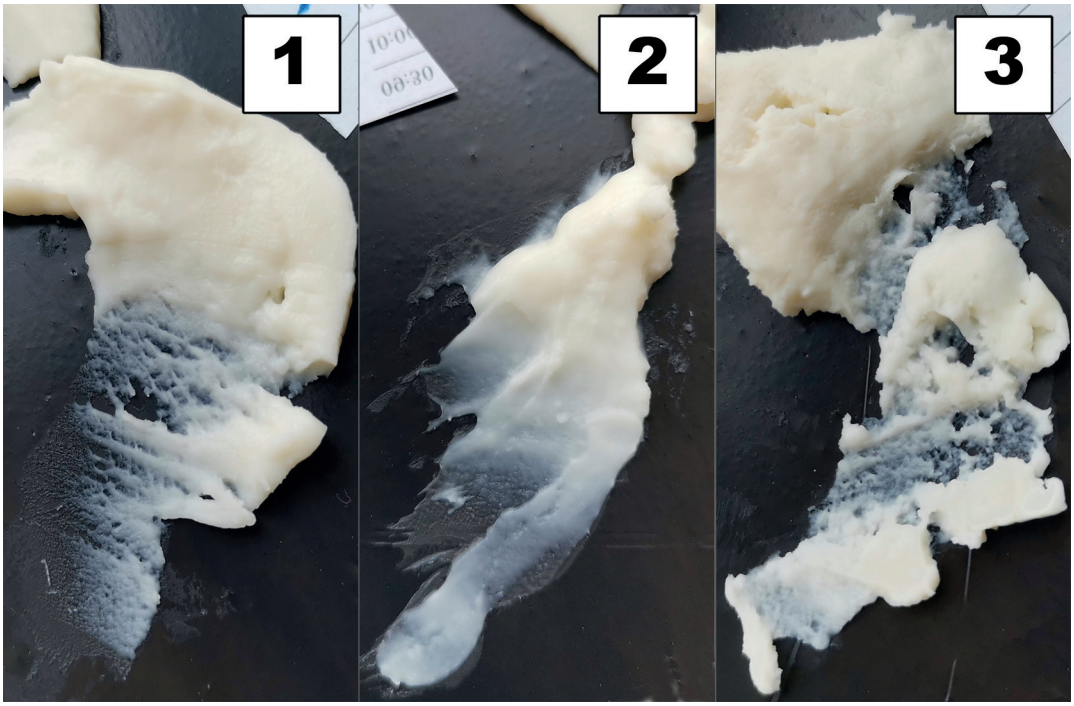

Рисунок 1. Структура образцов мягкого сыра «Любительский», изготовленных с МФ марок: 1 — Marzyme; 2 — Naturen Extra; 3 — Chy-max M

метода множественных сравнений Шеффе было установлено, что отсутствовало статистически значимое влияние ($p < 0,05$) типа МФ, использованного при производстве сыров, на содержание сухого вещества (влаги), жира, белка и на уровень pH в сырах в конце срока хранения. Следовательно, различия в консистенции сыров, изготовленных с использованием разных типов МФ, нельзя объяснить отличием их физико-химических показателей.

3.2.2. Степень протеолиза

Анализ приведенных в Таблице 1 данных с помощью метода множественных сравнений Шеффе показывает, что имеется статистически значимое ($p < 0,05$) влияние типа МФ, использованного при производстве сыров, на степень протеолиза в сырах в конце срока хранения. В частности, степень протеолиза в сырах, произведенных с химозином верблюда (МФ Chy-max M), ниже, чем в сырах, произведенных с использованием МФ микробного происхождения (Marzyme), и, чем в сырах, изготовленных с телячьим сычужным ферментом (Naturen).

Это объясняется низким уровнем неспецифической протеолитической активности (ПА) у МФ Chy-max M. Установлено, что уровень неспецифической ПА у препарата Chy-max M 1000 в ~7 раз ниже, чем у препарата Naturen Extra 220, и в ~50 раз ниже, чем у препарата Marzyme MT 2200 [12]. При этом отсутствуют статистически достоверные отличия по степени протеолиза в конце срока хранения между сырами, произведенными с использованием МФ Marzyme и сырами, изготовленными с применением МФ Naturen ($p < 0,05$, по критерию Шеффе). Это довольно неожиданно, учитывая тот факт, что МФ Marzyme имеет в ~7 раз больший уровень неспецифической ПА, чем МФ Naturen [12]. Полученный результат можно объяснить различиями в количестве МФ разного типа, переходящих из молока в сырную массу. Количество МФ, перешедшего в состав сырной массы, оказывает влияние на степень расщепления казеина, а через это — на структуру и вкус сыра [15]. МФ на основе химозинов (телячий сычужный фермент, рекомбинантные химозины теленка и верблюда) лучше удерживаются в сырной массе. Установлено, что 30% и более от массы химозинов, внесенной в молоко, переходит в сыр [1,6,16]. Протеаза *R. miehei* слабо удерживается молочным сгустком. Менее 3% от количества МФ микробного происхождения переходит в сыр [1,17]. Таким образом, высокая активность протеазы *R. miehei* нивелируется ее низким количеством в сырной массе, а высокое количество химозина, перешедшего в сырную массу, компенсирует низкую протеолитическую активность химозина. Результатом этого является установленное в рамках данного эксперимента отсутствие статистически достоверных отличий ($p < 0,05$, по критерию Шеффе) по степени протеолиза между сырами, произведенными с использованием телячьего сычужного фермента (МФ Naturen) и сырами, произведенными с использованием протеазы *R. miehei* (МФ Marzyme).

Другой причиной, объясняющей различия по степени протеолиза между вариантами сыров, изготовленными с разными типами МФ, является разная протеолитическая специфичность данных МФ. Сыры, произведенные с МФ микробного происхождения Marzyme и сычужным ферментом Naturen, которые характеризовались одинаковой степенью протеолиза (Таблица 1), имели отличия в качественном составе водорастворимых продуктов протеолиза. Графики молекулярно-массового распределения водорастворимых белковых веществ, выделенных из сыров, которые были изготовлены с использованием разных типов МФ приведены на Рисунке 2.

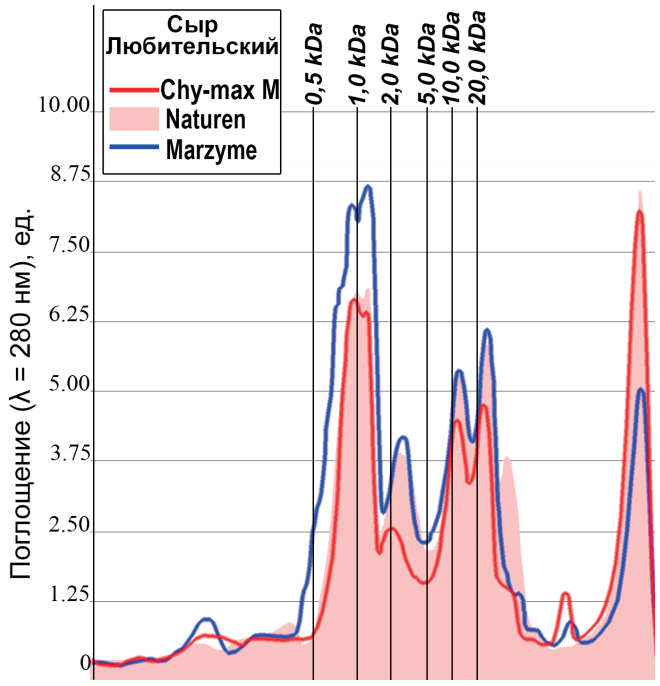

Рисунок 2. Молекулярно-массовое распределение водорастворимых белковых веществ в образцах сыра «Любительский», произведенных с использованием разных типов МФ, в конце срока хранения

Среди водорастворимых продуктов протеолиза в сырах, произведенных с МФ Marzyme и Naturen, содержится примерно равное количество пептидов массой от 5 до 20 кДа, но Marzyme образует большее количество пептидов массой < 5 кДа, чем Naturen, а Naturen образует большее количество пептидов массой > 20 кДа, чем Marzyme.

Протеаза *R. miehei* способна расщеплять большее количество пептидных связей, в сравнении с химозином [18], и образовывать кроме крупных водорастворимых пептидов также малые пептиды и свободные аминокислоты. Свободные аминокислоты и пептиды с малой молекулярной массой обладают вкусом. Наличие гидрофобных аминокислот в составе пептидов служит причиной формирования их горького вкуса [19]. Пептиды с молекулярной массой свыше 6 кДа, даже содержащие в своем составе гидрофобные аминокислоты, не обладают горьким вкусом [20]. Избыточное накопление в сырах гидрофобных пептидов с молекулярной массой менее 6 кДа является причиной возникновения горького вкуса продукта. Наиболее выраженный горький вкус придают пептиды с молекулярной массой в диапазоне 0,5–3 кДа [21,22]. Гидрофобные пептиды образуются, в частности, при гидролизе бета-казеина. Подобные горькие пептиды были обнаружены в сырах, произведенных с использованием химозина теленка, но отсутствовали в сырах, изготовленных с использованием химозина верблюда [8].

В исследованных сырах степень выраженности горького вкуса была пропорциональна содержанию водорастворимых пептидов с массой 0,5–3 кДа. В сырах с МФ Marzyme отмечалась более интенсивная горечь («умеренно выраженный горький вкус»), чем в сырах с МФ Naturen («легкая горчинка»). В сырах, произведенных с МФ Chy-max M, не отмечалось горького вкуса.

Однако оценка протеолиза по количеству водорастворимых продуктов не отражает степень протеолитического действия фермента на белковую матрицу сыра [23].

Молокосвертывающие ферменты расщепляют казеины в основном на крупные фрагменты, часть из которых не являются водорастворимыми. Это подтверждается при иссле-

довании протеолиза сырной массы методом электрофореза, позволяющего выявить наличие в т. ч. нерастворимых продуктов протеолиза [24,25,26].

Протеолиз, осуществляемый МФ, приводит к разрывам связей белковой матрицы сыра и ослаблению ее прочности, но не к появлению большого количества водорастворимых пептидов. При высокой интенсивности протеолиза в сырах из-за разрыва связей в белковой матрице, образующей силовой каркас сыра, происходит потеря связности сырной массы, что внешне проявляется в пластификации консистенции (излишне пластичная, вязкая, мажущаяся консистенция). Связь между протеолизом и структурой сырной массы подтверждается результатами исследований микроструктуры сыров, произведенных с использованием МФ разного типа [1,27,28].

3.2.3. Микроструктура

Фотоснимки, отображающие типичный вид микроструктуры сыров, произведенных с применением МФ разного типа, в начале и конце срока хранения, представлены на Рисунке 3.

Свежие сыры, произведенные с применением МФ разного типа, не имели отличий в микроструктуре. Свежие сыры обладали неоднородной структурой, состоящей из отдельных зерен, разделенных отчетливыми границами, с наличием пустот, которые заполнены влагой или пузырьками воздуха. На Рисунке 3.1 для примера приведен микропрепарат, типичный для свежего сыра «Любительский». В течение срока хранения сыра под действием протеолиза происходит гидратация белков сырной массы. Влага, содержащаяся в граничном слое между зернами, поглощается белковой

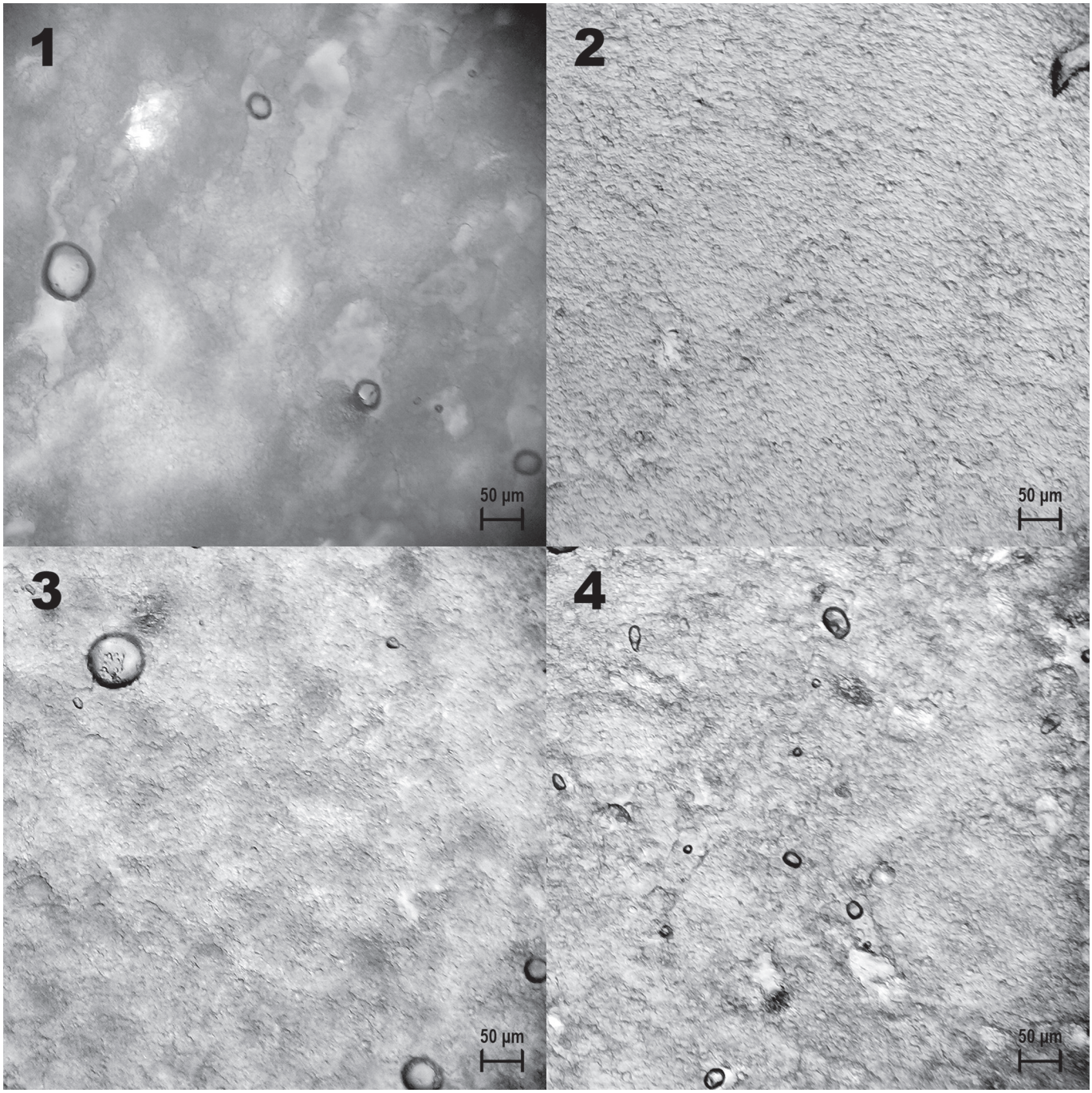

Рисунок 3. Микроструктура образцов сыра «Любительский», произведенных с использованием разных типов МФ: 1 — типичный вид для свежих сыров; типичный вид для сыров в конце срока хранения, произведенных с МФ марки: 2 — Marzyme®; 3 — Naturen® Extra; 4 — Chy-max® M

матрицей, В результате чего исчезают границы между зернами, формируется однородная структура сыра. Чем выше степень протеолиза в сыре, тем больше изменяется структура сыра с момента начала его созревания и хранения. Сыры с низкой степенью протеолиза характеризуются неоднородной структурой с наличием выраженных границ между сырными зернами. Сыры с высокой степенью протеолиза характеризуются более однородной, мелкодисперсной структурой, что связано с исчезновением крупных зерен в результате их гидратации [1,7,29].

В исследованных образцах сыров в конце срока хранения отмечается зависимость микроструктуры от степени протеолиза. Сыры, произведенные с использованием МФ Chy-max M, которые имели наименьшую степень протеолиза (Таблица 1), обладали наиболее неоднородной структурой, имеющей сходство с микроструктурой свежих сыров (Рисунок 3.4). В имевших более высокую степень протеолиза сырах, изготовленных с применением МФ Marzyme и Naturen, присутствовала более мелкодисперсная структура (Рисунки 3.2 и 3.3).

При равной степени протеолиза, сыры, произведенные с использованием МФ Naturen и МФ Marzyme (Таблица 1), имели отличия в микроструктуре. Образцы сыров, изготовленные с применением МФ Naturen, имели однородную структуру, что свидетельствует о высокой степени гидратации белков сырной массы, в сравнении с образцами сыров, произведенных с применением МФ Marzyme, которые имели менее однородную структуру со следами границ между зернами, что говорит о меньшей степени гидратации белков (Рисунки 3.2 и 3.3). Это можно объяснить спецификой расщепления белков телячьим химозином (главным компонентом МФ Naturen), который расщепляет казеины, в т. ч. с образованием нерастворимых продуктов протеолиза. Такой характер протеолиза не приводит к увеличению показателя «степень протеолиза», но сказывается на структуре сырной массы. Различия в микроструктуре привели к различиям в консистенции сыров (см. Рисунок 1).

3.2.4. Реологические показатели

Анализ данных, приведенных в Таблице 1, с помощью метода множественных сравнений Шеффе, показывает, что имеется статистически значимое ($p < 0,05$) влияние типа МФ, использованного при производстве сыров, на величину комплексного модуля сдвига G*. Показатель G* отражает суммарную реакцию сырной массы на приложение деформации и наиболее тесно коррелирует с органолептической оценкой консистенции. Сыры, имеющие твердую, упругую консистенцию, характеризуются высоким уровнем G*, в то время для сыров с мягкой, пластичной консистенцией характерны низкие значения G* [30,31].

Отмеченные различия по величине G* между исследованными вариантами сыров подтверждают различия в консистенции данных вариантов сыров, установленные органолептической оценкой. Сыры, произведенные с использованием МФ Chy-max M, характеризовались статистически достоверно более высоким уровнем G*, чем сыры, изготовленные с применением МФ Marzyme и Naturen, которые не имели статистически достоверных отличий по величине G* ($p < 0,05$, по критерию Шеффе). Консистенция сыров, произведенных с применением МФ Marzyme, характеризовалась как «мажущаяся, пластичная», с МФ Naturen — «нежная, мажущаяся, вязкая, липнущая к ножу при разрезании», с МФ Chy-max M — «в меру плотная, неоднородная, слегка мучнистая».

4. Заключение

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) МФ разного типа (животного, микробного происхождения или рекомбинантные) обладают разным уровнем протеолитической активности и отличаются по специфике протеолитического действия, что приводит к получению разной степени протеолиза и отличающегося качественного состава продуктов протеолиза в конце срока хранения в сырах, изготовленных с разными типами МФ.
2) Чем выше уровень неспецифической ПА у МФ, применяемого в производстве сыров, тем выше степень протеолиза в сыре. Вследствие протеолиза, производимого МФ, происходит разрушение связей в белковой матрице, образующей силовой каркас сыра, в результате чего консистенция сыров становится менее упругой и более пластичной. Среди продуктов протеолиза, образуемых МФ на основе микробных протеаз, присутствуют продукты свободные аминокислоты и пептиды с малым молекулярным весом (<5 кДа), которые придают вкус сыру, в т. ч. и горький привкус. Химозин верблюда, обладающий уровнем неспецифической ПА в ~7 раз меньшим, чем у телячьего сычужного фермента, и в ~50 раз меньшим, чем у протеазы *R. miehei*, производит в сырах наиболее низкий уровень протеолиза среди исследованных МФ.
3) Использование при производстве мягких сыров МФ на основе рекомбинантного химозина верблюда позволяет увеличить срок хранения сыров за счет длительного сохранения кондиционной консистенции и вкуса без образования порока горечи. МФ микробного происхождения на основе протеазы *R. miehei*, в сравнении с телячьим сычужным ферментом, производит такой же протеолиз и обеспечивает равную продолжительность срока хранения сыров. При производстве мягких сыров МФ микробного происхождения могут служить экономически обоснованной заменой дорогостоящему сычужному ферменту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Soodam, K., Ong, L., Powell, I. B., Kentish, S. E., Gras, S. L. (2015). Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat cheddar cheese during ripening. *Dairy Science and Technology*, 95(5), 665–686. https://doi.org/10.1007/s13594–015–0250–5
2. Johnson, M., Law, B.A. (2010). The origins, development and basic operations of cheesemaking technology. Chapter in a book: Technology of cheesemaking. (ed. Law B. A., Tamime A. Y.), 2nd Ed. Chichester: Blackwell Publishing Ltd. 2010.
3. Alinovi, M., Cordioli, M., Francolino, S., Locci, F., Ghiglietti, R., Monti, L. et al. (2018). Effect of fermentation-produced camel chymosin on quality of crescenza cheese. *International Dairy Journal*, 84, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.04.001
4. McCarthy, C.M., Wilkinson, M.G., Guinee, T.P. (2017). Effect of coagulant type and level on the properties of half-salt, half-fat Cheddar cheese made with or without adjunct starter: improving texture and functionality. *International Dairy Journal*, 75, 30–40. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.07.006
5. Soltani, M., Sahingil, D., Gokce, Y., Hayaloglu, A. A. (2019). Effect of blends of camel chymosin and microbial rennet (rhizomucor miehei) on chemical composition, proteolysis and residual coagulant activity in Iranian Ultrafiltered White cheese. *Journal of Food Science and Technology,* 56(2), 589–598 https://doi.org/10.1007/s13197–018–3513–3
6. Harboe, M., Broe, M. L. Qvist, K.B. (2010). The Production, action and application of rennet and coagulants. Chapter in a book: Technology of cheesemaking. (ed. Law B. A., Tamime A. Y.), 2nd Ed. Chichester: Blackwell Publishing Ltd., 2010.
7. Moynihan, A.C., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A., McSweeney, P.L.H. (2014). Effect of camel chymosin on the tex-

ture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 85–96. https://dx.doi.org/10.3168/jds.2013–7081
8. Bansal, N., Drake, M.A., Piraino, P., Broe, M.L., Harboe, M., Fox, P.F. et al. (2009). Suitability of recombinant camel (Camelus dromedarius) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 19(9), 510–517. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.010
9. Kuchroo, C.N., Fox, P.F. (1982). Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37, 331–335.
10. Hayaloglu, A.A. (2007). Comparisons of different single-strain starter cultures for their effects on ripening and grading of Beyaz cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 930–938. https://doi.org/10.1111/j.1365–2621.2006.01312.x
11. Visser, S., Slangen, C.J., Robben, A.J.P.M. (1992). Determination of molecular mass distributions of whey protein hydrolysates by high-pergomance size-exclusion chromatography. *Journal of Chromatography A*, 599(1–2), 205–209. https://doi.org/10.1016/0021–9673(92)85474–8
12. Мягконосов, Д.С., Смыков, И.Т., Абрамов, Д. В., Делицкая, И.Н., Краюшкина, В. Н. (2021). Влияние различных молокосвертывающих ферментов на процесс изготовления мягких сыров. *Пищевые системы*, 4(3), 204–212. https://doi.org/10/21323/2618–9771–2021–4–3–204–212
13. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. (1998). Статистический анализ данных на компьютере. — М.: ИНФРА-М, 1998
14. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Cheese: Enzymatic Coagulation of Milk. Chapter in a book: Fundamentals of Cheese Science, 2nd Ed. New York: Springer, 2017.
15. Børsting, M.W., Qvist, K.B., Ardö, Y. (2014). Influence of pH on retention of camel chymosin in curd. *International Dairy Journal*, 38(2), 133–135. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.001
16. Wilkinson, M.G., Kilcawley, K.N. (2005). Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 15(6–9), 817–830. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.021
17. Moschopoulou, E. (2017). Microbial milk coagulants. Chapter in a book: Microbial enzyme technology in food applications (ed. Ray R. C, Rosell C. M.). Boca Raton: CRC Press, 2017.
18. Jaros, D., Rohm, H. (2017). Rennets: Applied Aspects. Chapter in a book: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. (Ed. by McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D. and David W. Everett), 4th Ed. — Vol. 1. Elsevier: Academic Press, 2017.
19. Lemieux, L., Simard, R.E. (1991). Bitter flavour in dairy products. I. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture. *Lait*, 71(6), 599–636.
20. Lemieux, L., Simard, R.E. (1992). Bitter flavour in dairy products. II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition. *Lait*, 72(4), 335–385.
21. Lee, K.-P. D., Warthesen, J.J. (1996). Preparative Methods of Isolating Bitter Peptides from Cheddar Cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(4), 1058–1063. https://doi.org/10.1021/jf950521j
22. Lee, K. D, Lo, C. G, Warthesen, J. J. (1996). Removal of bitterness from the bitter peptides extracted from cheddar cheese with peptidases from Lactococcus lactis sp. cremoris SK11. *Journal of Dairy Science*, 79(9), 1521–1528. https://doi.org/10.3168/jds.S0022–0302(96)76512–8
23. Madadlou, A., Khosroshahi, A., Mousavi, M.E. (2005). Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88(9), 3052–3062. https://doi.org/10.3168/jds.S0022–0302(05)72986–6
24. Sheehan, J. J., O'Sullivan, K., Guinee, T. P. (2004). Effect of coagulant type and storage temperature on the functionality of reduced-fat mozzarella cheese. *Lait*, 84(6), 551–566. https://doi.org/10.1051/lait:2004031
25. Yasar, K., Guzeler, N. (2011). Effects of coagulant type on the physicochemical and organoleptic properties of Kashar cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 372–379. https://doi.org/10.1111/j.1471–0307.2011.00679.x
26. García, V., Rovira, S., Teruel, R., Boutoial, K., Rodríguez, J., Roa, I. et al. (2012). Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese. *Dairy Science and Technology*, 92(6), 691–707. https://doi.org/10.1007/s13594–012–0086–1
27. Soltani M., Boran O. S., Hayaloglu A. A. (2016). Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (Rhizomucor miehei) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *LWT — Food Science and Technology*, 68, 724–728. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.028
28. Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, S.M., Rezaei, K., Safari, M. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry*, 112(3), 539–544. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.003
29. Jacob, M., Jaros, D., Rohm, H. (2010). The effect of coagulant type on yield and sensory properties of semihard cheese from laboratory-, pilot- and commercial-scale productions. *International Journal of Dairy Technology*, 63(3), 370–380. https://doi.org/10.1111/j.1471–0307.2010.00598.x
30. Gunasekaran, S., Ak, M.M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods — selected applications. *Trends in Food science and Technology*, 11(3), 115–127. https://doi.org/10.1016/S0924–2244(00)00058–3
31. Piska I., Štětina J. (2004). Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 551–555. https://doi.org/10.1016/S0260–8774(03)00217–6

REFERENSES

1. Soodam, K., Ong, L., Powell, I. B., Kentish, S. E., Gras, S. L. (2015). Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat cheddar cheese during ripening. *Dairy Science and Technology*, 95(5), 665–686. https://doi.org/10.1007/s13594–015–0250–5
2. Johnson, M., Law, B.A. (2010). The origins, development and basic operations of cheesemaking technology. Chapter in a book: Technology of cheesemaking. (ed. Law B. A., Tamime A. Y.), 2nd Ed. Chichester: Blackwell Publishing Ltd. 2010.
3. Alinovi, M., Cordioli, M., Francolino, S., Locci, F., Ghiglietti, R., Monti, L. et al. (2018). Effect of fermentation-produced camel chymosin on quality of crescenza cheese. *International Dairy Journal*, 84, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.04.001
4. McCarthy, C.M., Wilkinson, M.G., Guinee, T.P. (2017). Effect of coagulant type and level on the properties of half-salt, half-fat Cheddar cheese made with or without adjunct starter: improving texture and functionality. *International Dairy Journal*, 75, 30–40. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.07.006
5. Soltani, M., Sahingil, D., Gokce, Y., Hayaloglu, A. A. (2019). Effect of blends of camel chymosin and microbial rennet (rhizomucor miehei) on chemical composition, proteolysis and residual coagulant activity in Iranian Ultrafiltered White cheese. *Journal of Food Science and Technology,* 56(2), 589–598 https://doi.org/10.1007/s13197–018–3513–3
6. Harboe, M., Broe, M. L. Qvist, K.B. (2010). The Production, action and application of rennet and coagulants. Chapter in a book: Technology of cheesemaking. (ed. Law B. A., Tamime A. Y.), 2nd Ed. Chichester: Blackwell Publishing Ltd., 2010.
7. Moynihan, A.C., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A., McSweeney, P.L.H. (2014). Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 85–96. https://dx.doi.org/10.3168/jds.2013–7081
8. Bansal, N., Drake, M.A., Piraino, P., Broe, M.L., Harboe, M., Fox, P.F. et al. (2009). Suitability of recombinant camel (Camelus dromedarius) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 19(9), 510–517. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.010
9. Kuchroo, C.N., Fox, P.F. (1982). Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37, 331–335.
10. Hayaloglu, A.A. (2007). Comparisons of different single-strain starter cultures for their effects on ripening and grading of Beyaz cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 930–938. https://doi.org/10.1111/j.1365–2621.2006.01312.x
11. Visser, S., Slangen, C.J., Robben, A.J.P.M. (1992). Determination of molecular mass distributions of whey protein hydrolysates by high-pergomance size-exclusion chromatography. *Journal of Chromatography A*, 599(1–2), 205–209. https://doi.org/10.1016/0021–9673(92)85474–8
12. Myagkonosov, D.S., Smykov, I.T., Abramov, D.V., Delitskaya, I.N., Krayushkina, V. N. (2021). Influence of different milk-clotting enzymes on the process of producing soft cheeses. *Food systems,* 3(4), 204–212. https://doi.org/10/21323/2618–9771–2021–4–3–204–212 (In Russian)
13. Tyurin, Yu., N., Makarov, A.A. (1998). Statistical analysis of data on a computer. (Ed. by Figurnov V. E.). Moscow: INFRA-M, 1998. (In Russian)
14. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Cheese: Enzymatic Coagulation of Milk. Chapter in a book: Fundamentals of Cheese Science, 2nd Ed. New York: Springer, 2017.
15. Børsting, M.W., Qvist, K.B., Ardö, Y. (2014). Influence of pH on retention of camel chymosin in curd. *International Dairy Journal*, 38(2), 133–135. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.01.001
16. Wilkinson, M.G., Kilcawley, K.N. (2005). Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 15(6–9), 817–830. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.021
17. Moschopoulou, E. (2017). Microbial milk coagulants. Chapter in a book: Microbial enzyme technology in food applications (ed. Ray R. C, Rosell C. M.). Boca Raton: CRC Press, 2017.
18. Jaros, D., Rohm, H. (2017). Rennets: Applied Aspects. Chapter in a book: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. (Ed. by McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D. and David W. Everett), 4th Ed. — Vol. 1. Elsevier: Academic Press, 2017.
19. Lemieux, L., Simard, R.E. (1991). Bitter flavour in dairy products. I. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture. *Lait*, 71(6), 599–636.
20. Lemieux, L., Simard, R.E. (1992). Bitter flavour in dairy products. II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition. *Lait*, 72(4), 335–385.
21. Lee, K.-P. D., Warthesen, J.J. (1996). Preparative Methods of Isolating Bitter Peptides from Cheddar Cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(4), 1058–1063. https://doi.org/10.1021/jf950521j

22. Lee, K. D, Lo, C. G, Warthesen, J. J. (1996). Removal of bitterness from the bitter peptides extracted from cheddar cheese with peptidases from Lactococcus lactis sp. cremoris SK11. *Journal of Dairy Science*, 79(9), 1521–1528. https://doi.org/10.3168/jds.S0022–0302(96)76512–8
23. Madadlou, A., Khosroshahi, A., Mousavi, M.E. (2005). Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88(9), 3052–3062. https://doi.org/10.3168/jds.S0022–0302(05)72986–6
24. Sheehan, J. J., O'Sullivan, K., Guinee, T. P. (2004). Effect of coagulant type and storage temperature on the functionality of reduced-fat mozzarella cheese. *Lait*, 84(6), 551–566. https://doi.org/10.1051/lait:2004031
25. Yasar, K., Guzeler, N. (2011). Effects of coagulant type on the physicochemical and organoleptic properties of Kashar cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 372–379. https://doi.org/10.1111/j.1471–0307.2011.00679.x
26. García, V., Rovira, S., Teruel, R., Boutoial, K., Rodríguez, J., Roa, I. et al. (2012). Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese. *Dairy Science and Technology*, 92(6), 691–707. https://doi.org/10.1007/s13594–012–0086–1
27. Soltani M., Boran O. S., Hayaloglu A. A. (2016). Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (Rhizomucor miehei) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese. *LWT — Food Science and Technology*, 68, 724–728. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.028
28. Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, S.M., Rezaei, K., Safari, M. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry*, 112(3), 539–544. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.003
29. Jacob, M., Jaros, D., Rohm, H. (2010). The effect of coagulant type on yield and sensory properties of semihard cheese from laboratory-, pilot- and commercial-scale productions. *International Journal of Dairy Technology*, 63(3), 370–380. https://doi.org/10.1111/j.1471–0307.2010.00598.x
30. Gunasekaran, S., Ak, M.M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods — selected applications. *Trends in Food science and Technology*, 11(3), 115–127. https://doi.org/10.1016/S0924–2244(00)00058–3
31. Piska I., Štětina J. (2004). Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 551–555. https://doi.org/10.1016/S0260–8774(03)00217–6

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	**Affiliation**
Мягконосов Дмитрий Сергеевич — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом прикладной биохимии и экзимологии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7–915–973–63–13 E-mail: mds-mail@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0003–4443–7573 * автор для контактов	**Dmitry S. Myagkonosov**, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Head of Research Department in Applied Biochemistry and Enzymology, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7–915–973–63–13 E-mail: mds-mail@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0003–4443–7573 * corresponding author
Смыков Игорь Тимофеевич — доктор технических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7–48532–9–81–21 E-mail: i_smykov@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0002–5663–3662	**Igor T. Smykov**, Doctor of Technical Sciences, Chief Research Scientist, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7–48532–9–81–21 E-mail: i_smykov@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0002–5663–3662
Абрамов Дмитрий Васильевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления биохимических исследований по сыроделию и маслоделию, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: +7–910–970–42–97 E-mail: uglich.dva@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0001–8326–1932	**Dmitry V. Abramov**, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of Biochemical Research in Cheesemaking and Buttermaking, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.:+ 7–910–970–42–97 E-mail: uglich.dva@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0001–8326–1932
Делицкая Ирина Николаевна — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, отдел сыроделия, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Tel.: +7–48532–98–1–28 E-mail: irina_delickaya@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0003–3587–4050	**Irina N. Delitskaya**, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Cheesemaking, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 19, Krasnoarmeysky Boulevard, Uglich, 152613, Yaroslavl Region, Russia Tel.: +7–48532–98–1–28 E-mail: irina_delickaya@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000–0003–3587–4050
Овчинникова Елена Григорьевна — научный сотрудник, отдел биохимии, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия 152613, Ярославская область, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19 Tel.: + 7–48532–98–1–94 E-mail: elenna.ov@mail.ru https://orcid.org/0000–0003–4891–4330	**Elena G. Ovchinnikova**, Researcher, Department of Biochemistry, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking 152613, Yaroslavl Region, Uglich, Krasnoarmeysky Boulevard, 19. Tel.: + 7–48532–98–1–94 E-mail: elenna.ov@mail.ru https://orcid.org/0000–0003–4891–4330

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