

Исследование влияния ретентата микрофльтрации на функциональные свойства вытяжных сыров

Юлия Владимировна Тилилицына¹, магистр, инженер, технолог-разработчик

E-mail: atyunina.y@new-terra.ru

Олег Викторович Дымар, д-р техн. наук, профессор, технический директор², директор по развитию³

E-mail: dymarov@tut.by

¹ООО «Узловский молочный комбинат», г. Узловая, Россия

²Представительство АО «МЕГА», г. Минск, Республика Беларусь

³ЗХМ Sp. z o.o., г. Радзымин, Республика Польша

В статье представлены результаты исследования влияния ретентата микрофльтрации на функциональные свойства вытяжных сыров. Предложены рецептуры смесей с варьированием доли казеина (шаг – 20 % от общего белка). Показано, что обогащение сырья казеином ведет к изменению физико-химических показателей смеси, росту выхода сыра Кальятта и изменению его характеристик – сдвигается значение pH в щелочную среду, при этом снижаются реологические показатели. Изучены функциональные свойства сыра Моцарелла, произведенного из экспериментальных полуфабрикатов, после запекания на пицце. Установлено, что функциональные свойства находятся на высоком уровне. Результаты подтверждают положительный эффект использования МФ-ретентата для оптимизации технологии вытяжных сыров.

Ключевые слова: вытяжные сыры, сыр для пиццы, мембранные технологии, микрофльтрация, мицеллярный казеин, коррекция белкового состава

Для цитирования: Тилилицына, Ю. В. Исследование влияния ретентата микрофльтрации на функциональные свойства вытяжных сыров / Ю. В. Тилилицына, О. В. Дымар // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 2. С. 82–90. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-2-56>

Введение

Рост использования вытяжных сыров в различных сферах пищевой промышленности (HoReCa, B2B, а также при приготовлении домашних блюд) обусловлен их универсальностью и наличием определенных функциональных свойств. К основным функциональным свойствам, которыми должны обладать вытяжные сыры, относят: твердость сыра, длинная растягиваемая сырная нить, низкое блистерообразование, равномерное расплавление и расположение светлых блистеров, отсутствие свободного жира после выпечки [1–3].

Сыр Кальятта является промежуточным звеном при производстве сыров типа Pasta Filata, и именно от качества полученного сыра Кальятта будут зависеть функциональные свойства вытяжного сыра. Для его изготовления используют следующее сырье и материалы: молоко обезжиренное, закваска термофильная прямого внесения, фермент молокосвертывающий микробиального происхождения, раствор кальция хлористого.

Традиционная технология производства сыра Кальятта состоит из следующих последовательно осуществляемых операций¹ [4]:

- нормализация смеси – регулирование массовых долей белка, жира и сухих веществ до заданных рецептурных значений;
- пастеризация смеси – температура пастеризации 74–76 °С с выдержкой 20 с;
- охлаждение смеси до оптимальной температуры развития микрофлоры закваски, внесение закваски;
- внесение молосвертывающего фермента [5];
- образование сгустка – процесс коагуляции белка в смеси (из жидкого состояния (золя) в гель);
- обработка сгустка и постановка зерна – с целью создания условий для протекания микробиологических и ферментативных процессов, их ускорения и более полного удаления не связанной с белками влаги (сыворожки);
- формование и прессование – соединение сырных зерен в монолит, которому придают определенную форму, выделение части сыворожки;

¹Карпеня, М. М. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие / М. М. Карпеня, В. И. Шляхтунов, В. Н. Подрез. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 410 с.

- созревание сыра – процесс выдержки сыра, при котором протекают биохимические процессы.

Технология производства сыра Моцарелла состоит из следующих последовательно осуществляемых операций [6, 7]:

- составление рецептуры (расчет для нормализации по массовым долям жира и белка);
- измельчение полуфабриката сыра Кальятта;
- смешивание с ингредиентами в соответствии с рецептурой;
- непосредственный нагрев острым паром или путем подачи пара в рубашку;
- упаковка, охлаждение и маркировка.

Известна зависимость комплекса функциональных свойств вытяжного сыра от количества и состояния молочного белка, а именно казеина и его отношения к сывороточным белкам и жиру в составе сыра, она напрямую влияет на функциональные свойства конечного продукта [8].

В настоящее время в сыроделии существует несколько способов повышения массовой доли казеина в составе сыра: изменение белкового состава нормализованной смеси на начальных этапах производства с использованием мембранных технологий или сухих молочно-белковых концентратов (например, мицеллярного казеина, концентрата молочного белка); добавление сухих компонентов (например, сычужного казеина) непосредственно в сам котел-плавитель [9].

В данной работе для коррекции белковых фракций в сторону увеличения массовой доли казеина в составе сыра использовался мицеллярный казеин, полученный путем фракционирования белков обезжиренного молока с использованием мембранной технологии – микрофльтрации. При обработке обезжиренного молока методом микрофльтрации казеин остается в ретентате, в то время как лактоза, растворимый кальций и сывороточные белки проходят через мембрану в поток пермеата [10, 11].

На более ранних этапах исследований установлена рациональная последовательность технологических операций производства концентрата для нормализации смеси по соотношению фракций белка: сепарирование цельного молока, пастеризация обезжиренного молока, диафльтрация, микрофльтрация, нормализация смеси и дальнейшее производство сыра Кальятта [12].

Цель исследования – определить оптимальное отношение фракций молочных белков для дальнейшей выработки сыра типа Паста Филата с необходимыми функциональными свойствами.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ физико-химических и реологических показателей сырья: обезжиренное молоко, ретентат, полученный методом ультрафльтрации (далее УФ-ретентат), ретентат, полученный методом микрофльтрации (далее МФ-ретентат).
2. Составить рецептуры смесей с разным соотношением казеина к сывороточным белкам для производства полуфабриката сыра «Кальятта». Исследовать реологические и физико-химические показатели экспериментальных нормализованных смесей, сгустка и готового полуфабриката – сыра Кальятта, подсырной сыворотки.
3. Произвести выработку сыра Моцарелла. Исследовать реологические и физико-химические показатели сыра. Провести оценку функциональных свойств сыра.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в экспериментальных и производственных помещениях ООО «Узловский молочный комбинат» (г. Узловая).

Объекты исследования: обезжиренное молоко, УФ-ретентат, МФ-ретентат, экспериментальные нормализованные смеси, сычужно-ферментный сгусток, полуфабрикат – сыр Кальятта, подсырная сыворотка, экспериментальные образцы сыра Моцарелла.

Перечень экспериментальных смесей:

- Образец № 1 (Контроль);
- Образец № 2 (замена казеином 20 % от общей массы белка);
- Образец № 4 (замена казеином 40 % от общей массы белка);
- Образец № 6 (замена казеином 60 % от общей массы белка);
- Образец № 8 (замена казеином 80 % от общей массы белка);
- Образец № 10 (замена казеином 100 % от общей массы белка).

Нумерация образцов коррелирует с процентным содержанием казеина в составе (степенью его введения в рецептуру).

При составлении нормализованной смеси № 1 использовали УФ-ретентат и обезжиренное молоко.

Определение основных физико-химических показателей проводили в соответствии с действующей нормативной документацией (табл. 1).

Определение твердости сгустка определяли на Анализаторе текстуры Brookfield СТЗ. Режим используется Normal – один цикл сжатия. Тип зонда – проволока, предназначенная для определения твердости сыра. Задаются такие показатели, как trigger – нагрузка в граммах, рабочий режим 100,0 грамм; deformation – общее расстояние, на которое переместится зонд в направлении вниз, рабочее значение 10 мм; speed – скорость, с которой будет перемещаться зонд на заданное расстояние, диапазон 0,01–10,0 мм/с.

Определение вязкости проводили на приборе вибровискозиметр SV-10. Вибровискозиметр предназначен для измерения динамической вязкости в различных средах. Синусоидаль-

ный вибровискозиметр использует метод камертонной вибрации, частота вибрации 30 Гц.

Определение функциональных свойств сыра проводили после запекания на пицце. Диаметр теста для пиццы составлял 30 см, количество томатного соуса 30–35 г, количество натертого сыра 120–130 г. Для запекания использовалась подовая печь, запекание при 320–350 °С в течение 3 мин. После запекания сыр остывал при комнатной температуре в течение 3 мин. Проводилась оценка по следующим показателям: длина, толщина, структура и количество сырных нитей; тянучесть сыра, блистерообразование, расплавление оценивали по опубликованной шкале оценки сыров для пиццы, разработанной Г. М. Свириденко [13].

Результаты и их обсуждение

Сравнение физико-химического состава обезжиренного молока, УФ-ретентата, МФ-ретентата.

Перед разработкой рецептур и режимов производства полуфабриката и готового сыра необходимо оценить исходные различия в составе используемых видов сырья. В связи с этим исследованы физико-химические показатели обезжиренного молока, УФ-ретентата и МФ-ретентата. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 1. Методы определения физико-химических показателей

Наименование показателя	Нормативный документ
Массовая доля общего белка	ГОСТ 34454-2018, ГОСТ 30648.2-99
Массовая доля сывороточного белка	ГОСТ Р 54756-2011
Массовая доля казеина	ГОСТ Р 54756-2011
Соотношение казеина и сывороточного белка	ГОСТ 30648.2-99, ГОСТ 34454-2018, ГОСТ Р 54756-2011
Массовая доля влаги и сухого вещества	ГОСТ Р 54668-2011
Массовая доля лактозы	ГОСТ 29248-91
Массовая доля золы	ГОСТ 15113.8-77
Активная кислотность	ГОСТ 32892-2014

Таблица 2. Физико-химический состав обезжиренного молока, УФ- и МФ-ретентатов

Наименование компонента	Массовая доля белка, %			Массовая доля лактозы, %	Массовая доля кальция, %	Массовая доля золы, %	Вязкость, мПа·с
	ОБ	СБ	К				
Обезжиренное молоко	3,55	0,78	2,77	4,2	0,182	1,20	2,18
Отношение казеина к сывороточным белкам	100,0	22,0	78,0				
УФ-ретентат	9,63	1,52	8,11	3,5	0,345	0,77	7,67
Отношение казеина к сывороточным белкам	100,0	15,8	84,2				
МФ-ретентат	8,36	0,63	7,73	0,9	0,278	0,90	3,17
Отношение казеина к сывороточным белкам	100,0	7,6	92,4				

Примечание: ОБ – общий белок, СБ – сывороточный белок, К – казеин.

При сравнении физико-химических показателей состава обезжиренного молока, УФ-ретентата, МФ-ретентата можно сделать вывод: соотношение казеина к сывороточным белкам в исследуемых образцах по порядку увеличивалось в сторону казеина и составило: в обезжиренном молоке 78,0:22,0 %; в УФ-ретентате 84,2:15,8 %; в МФ-ретентате 92,4:7,6 %. Массовая доля лактозы в МФ-ретентате значительно ниже по сравнению с другими образцами, это связано с технологией производства мицеллярного казеина, а именно с включением в технологию производства процесса диафильтрации [4]. Массовая доля кальция и золы в МФ-ретентате ниже в сравнении с другими образцами, это связано с переходом солей кальция при разделении в пермеат, а также с применением диафильтрации.

Влияние доли МФ-ретентата и казеина в нормализованных смесях на их физико-химические показатели. На данном этапе экспериментов были составлены рецептуры смесей с разным соотношением казеина к сывороточным белкам и проведено исследование их физико-химических показателей. Нормализация составленных смесей проводилась по массовой доле белка в диапазоне значений 8,25–8,5 %. Физико-химические показатели нормализованных смесей с различной долей казеина представлены в таблице 3.

По результатам исследования физико-химических показателей экспериментальных нормализованных смесей с увеличением массовой доли казеина в составе смеси наблюдается уменьшение массовой доли золы, лактозы, кальция, увеличение вязкости и смещение значения pH в нейтральную среду.

Предполагаем, что данные закономерности связаны с нормализацией смесей микрофильтрационным ретентатом, полученным путем диафильтрации, т. к. процесс диафильтрации позволяет повысить степень удаления низкомолекулярных веществ в пермеат.

С увеличением массовой доли казеина вязкость нормализованных смесей повышается, поскольку усиливаются адгезионные взаимодействия между поверхностями белковых молекул.

Производство и исследование состава полуфабриката сыра Кальятта и подсырной сыворотки.

На данном этапе экспериментов проводились выработка полуфабриката – Кальятты, исследование реологических и физико-химических показателей готового полуфабриката и побочного продукта в виде подсырной сыворотки. Основные результаты по реологическим показателям сгустка приведены в таблице 4. После проведения анализа получены результаты

Таблица 3. Физико-химические показатели нормализованных смесей с различной долей казеина

Наименование компонента	Массовая доля белка			Соотношение казеин:сывороточные белки, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля кальция, %	pH	Вязкость, мПа·с
	ОБ	СБ	К						
Образец № 1	8,48	1,33	7,15	84,30:15,7	0,95	4,0	0,5562	6,68	4,12
Образец № 2	8,38	1,46	6,92	82,50:17,42	1,10	3,8	0,3530	6,70	3,90
Образец № 4	8,40	1,36	7,04	83,80:16,19	0,97	3,3	0,4360	6,80	3,99
Образец № 6	8,28	1,09	7,19	86,83:13,16	0,86	2,1	0,3870	7,01	4,38
Образец № 8	8,34	0,92	7,42	88,96:11,03	0,81	1,3	0,3420	7,18	5,23
Образец № 10	8,36	0,63	7,73	92,40:7,60	0,79	1,2	0,27860	7,30	6,18

Примечание: ОБ – общий белок, СБ – сывороточный белок, К – казеин.

Таблица 4. Реологические показатели сгустка сыра Кальятта при различных соотношениях казеин:сывороточные белки

Наименование компонента	Final load, г
Образец № 1	459,50
Образец № 2	435,25
Образец № 4	394,30
Образец № 6	341,75
Образец № 8	337,00
Образец № 10	318,75



Источник изображения: freerik.com

по шкале final load – это значение нагрузки при целевой деформации, измеряемое в граммах.

С увеличением массовой доли казеина наблюдалось уменьшение значения финальной пиковой нагрузки. Это связано с тем, что массовая доля кальция уменьшается, а именно он необходим для образования плотного сычужного сгустка. Соответственно, необходимо восполнять содержание кальция в нормализованной смеси после пастеризации.

С увеличением массовой доли казеина в нормализованных смесях в готовом полуфабрикате отмечался рост содержания общего белка при незначительном изменении массовой доли жира и влаги в пределах технологических допусков (табл. 5). Это приводит к более эффективному использованию белковой части сырья и формированию сырной массы с повышенной влагоудерживающей способностью. Вместе с тем при отсутствии корректировки содержания кальция возможно чрезмерное уплотнение структуры, что подтверждается повышением твердости и снижением пластичности отдельных образцов.

Данные таблиц 6 и 7 свидетельствуют, что при соотношении казеина и сывороточных бел-

Таблица 5. Физико-химический состав экспериментальных образцов сыра Кальятта

Наименование компонента	Массовая доля белка, %	Массовая доля влаги, %	pH
Образец № 2	36,36	58,74	5,33
Образец № 4	36,00	59,73	5,32
Образец № 6	36,10	60,94	5,69
Образец № 8	36,90	60,99	5,64
Образец № 10	37,10	60,91	5,83

Таблица 7. Физико-химический состав подсырной сыворотки, полученной при производстве сыра Кальятта

Наименование компонента	Массовая доля белка, %			Массовая доля лактозы, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля кальция, %	pH
	ОБ	СБ	К				
Образец № 1	1,53	1	0,53	4,0	0,72	0,153	6,56
Образец № 2	1,86	1,37	0,49	4,4	0,43	0,421	6,17
Образец № 4	1,6	1,5	0,1	3,8	0,33	0,428	6,20
Образец № 6	1,3	1,2	0,1	2,5	0,24	0,380	6,22
Образец № 8	1,2	1	0,2	1,5	0,28	0,330	6,36
Образец № 10	0,9	0,7	0,2	1,4	0,20	0,234	6,71

Примечание: ОБ – общий белок, СБ – сывороточный белок, К – казеин.



ков 82,5:17,42 наблюдается наименьший выход Кальятты в сравнении с контрольной и экспериментальными смесями, он составляет 18,9 %. Это объясняется меньшей массовой долей казеина, который участвует в образовании сгустка и увеличении выхода готового продукта.

При повышении массовой доли казеина в сыре Кальятта наблюдалось:

- увеличение выхода готового продукта, даже при сниженном содержании кальция в составе нормализованных смесей;

Таблица 6. Выход сыра Кальятта и подсырной сыворотки из нормализованных смесей с различной долей казеина

Наименование компонента	Выход, %	
	Кальятта	Сыворотка
Образец № 1	19,6	80,4
Образец № 2	18,9	81,1
Образец № 4	19,8	80,2
Образец № 6	20,1	79,9
Образец № 8	20,1	79,9
Образец № 10	20,6	79,4

- замедление снижения значения рН, что связано с уменьшением массовой доли лактозы в составе экспериментальных смесей и медленным развитием закваски;
- снижение массовой доли общего белка в сыворотке, т. к. казеин участвует в образовании сгустка, а сывороточных белков изначально меньше в составе смесей;
- снижение массовой доли лактозы и золы в сыворотке.

Производство и исследование состава сыра

Моцарелла. На данном этапе экспериментов проводилось производство сыра Моцарелла в котле-плавителе шнекового типа и исследование физико-химических и функциональных свойств сыра.

Сыр Кальятта использовался на восьмые сутки созревания. Расчет рецептуры проводился на массовую долю белка 19,5 % и массовую жира 22,0 %.

Полученные результаты (табл. 8) показывают, что при использовании Кальятты с повышенной долей казеина удается обеспечить требуемые значения массовой доли жира, белка и влаги в сыре Моцарелла, соответствующие нормативным требованиям к вытяжным сырам и сырам для пиццы. При этом образцы, характеризующиеся соотношением казеин:сывороточные белки, близким к диапазону

89–92:11–8, имеют наиболее стабильные по влажности и кислотности показатели, что создает предпосылки для формирования оптимальной структуры при термомеханической обработке и вытяжении.

При оценке показателей реологических свойств экспериментальных сыров (табл. 9) наблюдалась зависимость: чем больше процент казеина в составе сыра, тем выше значение пиковой нагрузки. Значение пиковой нагрузки сопоставимо с плотностью сыра, соответственно, чем выше значение пиковой нагрузки, тем плотнее сыр.

Функциональные свойства сыра оценивали в пицце по шкале оценки сыров для пиццы, разработанной Г. М. Свириденко [11]. Методика изготовления пиццы описана в разделе Объекты и методы исследования. Результаты представлены в таблице 10.

Образец № 1: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; мелкие многочисленные блистеры расположены неравномерно по поверхности, и блистеры соединены в крупные скопления, цвет блистеров – от светлокоричневого до коричневого; длина сырной нити 25 см; сыр расплавился равномерно, без стягивания к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Таблица 8. Физико-химический состав экспериментальных образцов сыра Моцарелла

Наименование компонента	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля влаги, %	рН
Образец № 1	19,0	21,7	56,5	5,55
Образец № 2	19,6	22,6	55,0	5,47
Образец № 4	19,4	22,3	55,5	5,37
Образец № 6	19,8	22,2	55,2	5,80
Образец № 8	19,4	22,5	55,3	5,74
Образец № 10	19,4	22,8	55,0	5,84

Таблица 9. Реологические показатели готового сыра Моцарелла

Наименование компонента	Final load, г
Образец № 1	302,2
Образец № 2	247,0
Образец № 4	336,2
Образец № 6	340,2
Образец № 8	401,7
Образец № 10	488,0



Образец № 2: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; одиночные крупные блистеры размером более 30 мм, цвет блистеров светлокориичневый; длина сырной нити 29 см, нить из двух волокон; сыр расплавился равномерно, без стягивания к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Образец № 3: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; мелкие многочисленные блистеры расположены неравномерно по поверхности и соединены в крупные скопления, цвет блистеров светлокориичневый; длина сырной нити 29 см, нить из двух волокон; сыр расплавился равномерно, без стягивания к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Таблица 10. Оценка технологических и функциональных свойств сыра Моцарелла в изделиях (пицца)

Наименование компонента	Внешний вид сыра на пицце	Растяжение
Образец № 1		
Образец № 2		
Образец № 4		
Образец № 6		
Образец № 8		
Образец № 10		

Образец № 6: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; длина сырной нити менее 30 см, нить из множественных волокон; сыр расплавился равномерно, стянулся от краев к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Образец № 8: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; отсутствие блистеров; длина сырной нити более 40 см, нить из 2–3 волокон; сыр расплавился равномерно, без стягивания к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Образец № 10: выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая; мелкие многочисленные блистеры, расположенные равномерно по всей поверхности расплавленного сыра, цвет блистеров светлокориичневый; длина сырной нити более 40 см, нить из 2–3 волокон; сыр расплавился равномерно, без стягивания к центру. Вкус сыра сливочный, посторонних привкусов нет.

Оценка функциональных свойств сыра Моцарелла в пицце (табл. 11) показала, что образцы, полученные из полуфабриката с целевым соотношением казеин: сывороточные белки, характеризуются равномерным расплавлением, высокой растяжимостью сыр-

Таблица 11. Оценка функциональных свойств сыра Моцарелла, балл

Наименование компонента	Вкус и запах	Растяжение	Расплавление	Выделение жира	Блистерообразование
Образец № 1	30	11	30	5	4
Образец № 2	30	13	30	5	2
Образец № 4	30	14	30	5	4
Образец № 6	30	15	25	5	5
Образец № 8	30	15	30	5	5
Образец № 10	30	15	30	5	5

ных нитей, отсутствием выделения свободного жира и контролируемым блистерообразованием на поверхности. При более низкой доле казеина наблюдаются недостаточная связность сырной корки и сокращение длины сырных нитей, тогда как при чрезмерном увеличении доли казеина и недостаточной коррекции минерального состава возможно образование слишком плотной, хуже плавящейся структуры.

Полученные данные подтверждают, что коррекция белкового состава сырья с использованием МФ-ретентата является эффективным инструментом целенаправленного управления функциональными свойствами вытяжных сыров типа Моцарелла.

Выводы

Проведены исследования компонентов, выступающих в качестве сырья – обезжиренного молока, УФ-ретентата, МФ-ретентата. В МФ-ретентате наблюдалось самое низкое значение лактозы и золы по массовым долям. Использование его в производстве вытяжных сыров может повлечь уменьшение степени блистерообразования и увеличение тянучести. В обезжиренном молоке содержится больше всего лактозы, 4,2 %. В УФ-ретентате наблюдалось самое высокое значение кальция.

Физико-химические показатели экспериментальных нормализованных смесей изменялись с увеличением массовой доли казеина, в первую очередь это связано с технологией производства МФ-ретентата, а именно с включением в технологию производства процесса диафильтрации. Наблюдалось уменьшение массовых долей лактозы, золы, кальция, повышение вязкости и значения pH.

При производстве полуфабриката сыра Кальятта использовалась сычужно-кислотная коагуляция молочных белков, без восполнения массовой доли кальция. Предполагалось, что с увеличением массовой доли казеина будет происходить уменьшение плотности сгустков в связи с уменьшением массовой доли кальция. Данные по исследованию реологических показателей сгустка подтвердили наше предположение. Наблюдались потери казеина в сыворотку, что уменьшает выход полуфабриката. Необходимо подобрать состав рецептуры для восполнения баланса кальция в системе смесей равнозначно первоначальному значению с целью уменьшения потерь казеина в сыворотку и поднятия выхода, провести повторные эксперименты.

Из сыра Кальятта был произведен сыр Моцарелла. При оценке реологических свойств сыра при помощи анализатора текстуры Brookfield CT3 наблюдалась зависимость: чем выше массовая доля казеина, тем плотнее сыр. Данный показатель важен при нарезании или натирании сыра на терке. Изменение вкуса и запаха в экспериментальных образцах не наблюдалось. Вкус и запах чистый, молочный, без посторонних привкусов. При оценке функциональных свойств экспериментальных сыров наблюдалось увеличение длины и количества сырных нитей, уменьшение процесса блистерообразования при увеличении массовой доли казеина. Во всех образцах отмечено полное отсутствие свободного жира.

Экспериментально доказан положительный эффект использования МФ-ретентата в производстве вытяжных сыров. ■

Поступила в редакцию: 12.05.2025

Принята в печать: 07.04.2026

Effect of Microfiltration Retentate on the Functional Profile of Pasta Filata Cheese

Yulia V. Tililitsyna¹, Oleg V. Dymar^{2,3}

¹ООО Узловский Молоchny Kombinat Dairy Plant, Uzlovaya, Russia

²АО МЕГА, Minsk, Belarus

³ZXM Sp. z o.o., Radzymin, Poland

The functional properties of stretched-curd (pasta filata) cheese largely depend on the composition of the microfiltration retentate. This article introduces experimental formulations with casein levels varying at 20% total protein. As the mass fraction of casein grew, the physicochemical profile and yield of Cagliatta cheese increased while the pH became more alkaline. However, the rheological properties deteriorated. Experimental mozzarella cheese demonstrated good qualities in pizza-baking tests. Microfiltration retentate optimized pasta filata production technology and showed good potential for application in similar stretched-curd cheese varieties.

Keywords: stretched-curd cheeses, pizza cheese, membrane technologies, microfiltration, micellar casein, correction of protein composition

Список литературы:

1. **Homwongpanich, K.** Extrinsic attributes that drive consumer purchase of block Mozzarella / K. Homwongpanich [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2024. Vol. 108(2). P. 1380–1391. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25618>
2. **Pilcher, S. W.** Survey of Mozzarella cheese quality at restaurant end use / S. W. Pilcher, P. S. Kindstedt // *Journal of Dairy Science*. 2024. Vol. 73(6). P. 1644–1647. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78835-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78835-2)
3. **Ah, J.** Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application / J. Ah, G. P. Tagalpallearar // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54(12). P. 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2886-z>
4. **Neocleous, M.** Impact of low concentration factor microfiltration on the composition and aging of Cheddar cheese / M. Neocleous, D. M. Barbano, M. A. Rudan // *Journal of dairy science*. 2002. Vol. 85(10). P. 2425–2437. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74325-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74325-7)
5. **McMahon, D. J.** Pasta-Filata cheeses / D. J. McMahon, C. J. Oberg // *Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology*. Ed. by P. L. H. McSweeney [et al.]. – Elsevier Ltd, 2017. – P. 1041–1068
6. **МакСуини, П. Л. Г.** Сыр. Научные основы и технологии. Том 2 / П. Л. Г. МакСуини Пол Л. Г. Т. 4. – СПб.: Профессия, 2019. – 572 с.
7. **Kindstedt, P. S.** Technology, Biochemistry and Functionality of Pasta Filata / P. S. Kindstedt, A. J. Hiller, J. J. Mayes // *Technology of Cheesemaking*. Ed. by B. A. Law, A. Y. Tamime. – Blackwell Publishing Ltd, 2010. <https://doi.org/10.1002/9781444323740.ch9>
8. **Тилилицына, Ю. В.** Функциональные свойства вытяжных сыров и методы их коррекции / Ю. В. Тилилицына, О. В. Дымар // *Сыроделие и маслоделие*. 2025. № 1. С. 43–50. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-1-17>; <https://elibrary.ru/lhedwv>
9. **Kumar, P.** Perspective of membrane technology in dairy industry: A review / P. Kumar [et al.] // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2013. Vol. 26(9). P. 1347–1358. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13082>
10. **Nelson, B. K.** A microfiltration process to maximize removal of serum proteins from skim milk before cheese making / B. K. Nelson, D. M. Barbano // *Journal of dairy science*. 2005. Vol. 88(5). P. 1891–1900. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72865-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72865-4)
11. **Gésan-Guiziou, G.** Microfiltration: Applications and potentialities in the dairy industry G. Gésan-Guiziou // *New Food*. 2013. Vol. 16(1). P. 60–63.
12. **Тилилицына, Ю. В.** Обоснование технологических параметров мембранной фильтрации при производстве вытяжных сыров / Ю. В. Тилилицына, О. В. Дымар // *Сыроделие и маслоделие*. 2025. № 3. С. 36–44. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-3-33>; <https://elibrary.ru/iezrtd>
13. **Свириденко, Г. М.** Шкала оценки сыров для пиццы / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин, А. Н. Шишкина // *Сыроделие и маслоделие*. 2022. № 4. С. 28–32. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-4-28-32>; <https://elibrary.ru/fyupyp>

