

*Е.В. Ефимова, к.т.н., доцент, Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент, Е.М. Дмитрук,  
С.И. Вырина, М.А. Ерошевич  
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СЫВОРОТОК, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ КОЗЬЕГО И ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА**

*E. Efimova, E. Bespalova, E. Dmitruk, S. Virina, M. Eroshevich  
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

## **DETERMINATION OF THE FEATURES OF MECHANICAL AND HEAT PROCESSING OF WHEY OBTAINED IN THE MANUFACTURING OF PROTEIN PRODUCTS FROM GOAT AND SHEEP MILK**

*e-mail: overie@mail.ru, bespalova-kat@mail.ru, elenadm210187@gmail.com, svetalantana@mail.ru,  
erosh.masha.20000@gmail.com*

*В статье представлены результаты исследований особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока.*

*The article presents the results of research on the features of mechanical and thermal processing of whey obtained during the production of protein products from goat and sheep milk.*

**Ключевые слова:** сыворотка козья, сыворотка овечья, белковые продукты, механическая и тепловая обработки, денатурация белка

**Keywords:** goat whey, sheep whey, protein products, mechanical and heat treatment, protein denaturation

**Введение.** Предварительными неотъемлемыми этапами в технологии переработки всех видов молочного сырья, в том числе сыворотки, являются механическая и тепловая обработка. Механическая обработка (сепарирование) является основным и первичным способом подготовки сыворотки к дальнейшей переработке. Суть процесса заключается в разделении компонентов молочной сыворотки, основанном на разном поведении ее частиц в поле центробежных сил: частицы, имеющие разную плотность, форму и размеры, осаждаются с разной скоростью [1, 2]. Сыворотку сепарируют с целью отделения молочного жира (подсырных сливок) и казеиновой пыли. Следует отметить, что из сыворотки жир извлекается труднее, чем из молока, что обусловлено высокой дисперсностью жировых шариков и наличием казеиновой пыли. При подборе оптимальной температуры сепарирования сыворотки необходимо учитывать, что ее повышение приводит к дроблению жировых шариков и вспениваю обезжиренной и жирной частей. В то же время при понижении температуры обработки до 40°C сепарирование протекает медленно с потерями жировой фракции в барабане сепаратора и между тарелками, что снижает эффективность обезжиривания [3].

Источниками микрофлоры в сыворотке могут быть заквасочные микроорганизмы, используемые при производстве основного продукта (сыра и творога), а также возможно обсеменение посторонней микрофлорой при сборе и хранении молочной сыворотки [4]. При пастеризации подсырной сыворотки инактивируются остаточная микрофлора и следы сычужного фермента, присутствие которого в ряде случаев при дальнейшей переработке молочной сыворотки нежелательно [5].

При температурной обработке глубоким изменениям подвергаются сывороточные белки. Денатурация сывороточных белков зависит от температуры и

продолжительности ее воздействия на сыворотку. При пастеризации до 65°C денатурация некоторых фракций сывороточных представляет собой обратимый процесс, при температуре 70°C и выше – становится необратимой, а при 100°C процесс полной денатурации завершен [3]. Денатурация большинства сывороточных белков молока начинается при сравнительно низких температурах нагревания – в интервале 62–78°C. Денатурация белка ведет к повышению вязкости, оказывая негативное воздействие на вкус и внешний вид продуктов [6].

Сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, отличается от сыворотки, полученной из коровьего молока, как по органолептическим, так и по физико-химическим показателям. Это связано с отличием козьего и овечьего молока по своим показателям (в том числе по строению и составу белка и жира) от коровьего [7]. В этой связи исследования особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, позволят получить знания для формирования технологических подходов ее переработки.

**Целью работы.** Определение особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» и лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов отраслевой лаборатории биохимии, микробиологии и технологических процессов переработки молока с использованием стандартных методов исследования.

**Результаты и их обсуждение.** Для исследований использовалась сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего молока (КФХ «ДАК», РУП «Институт мясо-молочной промышленности») и сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока (ОАО «Лошницкий комбикормовый завод», ООО «ГрандМилк», РУП «Институт мясо-молочной промышленности»). Исследовалась сыворотка, полученная при изготовлении творога, полутвердого сыра и мягкого термокислотного сыра.

В ходе выполнения НИР исследованы параметры сепарирования указанных образцов сыворотки. Образцы сепарированы при следующих температурных режимах: 40°C, 50°C, 60°C. Исходные сыворотки и полученные в ходе сепарирования фракции (жировая и обезжиренная) исследованы по физико-химическим показателям. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования

Наименование образца	Массовая доля, %			
	жира	белка	сухих веществ	лактозы
1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	1,1	1,61	8,30	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	29,5	–	–	–

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	30,5	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 60°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	30,0	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,50	7,20	5,05
Обезжиренная сыворотка после сепарирования 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,40	7,40	5,35
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 60°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,27	7,40	5,39
Сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	1,5	0,70	7,50	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	30,0	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	31,5	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	< 0,1	0,65	7,30	5,91
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	< 0,1	0,59	7,10	5,75
Сыворотка, полученная при изготовлении творога из овечьего молока	2,3	1,30	9,40	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	29,5	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	31,0	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	< 0,1	1,30	8,00	5,60
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	0,1	1,25	7,90	5,56
Примечание : «-» – исследования не проводились.				

Источник: собственная разработка.

Анализ исходных сывороток (таблица 1), полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, показывает, что сыворотка, полученная при изготовлении творога, характеризуется наибольшим содержанием сухих веществ – 9,4 %, жира – 2,3 %. Наибольшее содержание белка выявлено в сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 1,61 %.

Установлено, что наиболее эффективным температурным режимом сепарирования сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока является температура 50°C. При этом температурном режиме отделено наибольшее содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 30,5 %; после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра –

31,5 %; после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога – 31,0 %.

Определено, что при понижении температуры сепарирования до 40°C процесс протекает более медленно по сравнению с обработкой при температуре 50°C, а также отмечается снижение массовой доли жира в выделяемой жировой фракции. Так в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока, при температуре сепарирования 40°C содержание жира составляет 30,0 %, т.е. отмечается снижение массовой доли жира на 4,8 % по сравнению с жировой фракцией, полученной при температуре сепарирования 50°C; м. д. жира в жировой фракции при сепарировании сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока, снижается на 3,3 % (до м. д. жира 29,5 %) и при сепарировании сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока на 4,8 % (до м. д. жира 29,5 %).

При температуре сепарирования 60°C процесс сопровождается вспениванием жировой и обезжиренной фракций и денатурацией сывороточных белков. Грязевое пространство сепаратора быстро загрязняется, увеличивается количество белковых отложений на барабане сепаратора (потери белка в сыворотке составляют 26 % от его исходного содержания), что приводит к ухудшению выделения жира.

Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования

Наименование образца	Массовая доля, %			
	жира	белка	сухих веществ	лактозы
1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	0,5	0,84	6,50	-
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	5,0	-	-	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	6,0	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	< 0,1	0,79	6,20	4,72
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	< 0,1	0,86	6,10	4,62
Сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	0,3	0,59	6,60	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	5,5	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	< 0,1	0,60	6,30	5,11
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	< 0,1	0,58	6,20	4,98

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении творога из козьего молока	0,6	0,94	6,70	-
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, при изготовлении творога из козьего молока	9,0	-	-	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, при изготовлении творога из козьего молока	9,5	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из козьего молока	< 0,1	0,84	6,30	4,62
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из козьего молока	< 0,1	0,79	6,20	4,72
Примечание : «-» – исследования не проводились.				

Источник: собственная разработка.

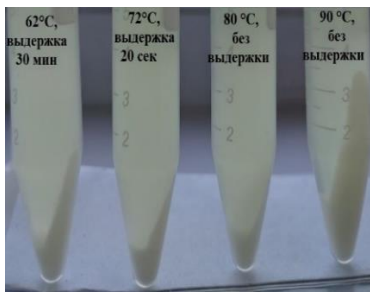
Результат анализа исходных сывороток (таблица 2), полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, показывает, что сыворотка, полученная при изготовлении творога, характеризуется наибольшим содержанием сухих веществ – 6,7 %, жира – 0,6 %, белка – 0,94 %.

Определено, что наиболее эффективным температурным режимом сепарирования сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока является температура 50°C. При этом температурном режиме выделено наибольшее содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 6,0 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра – 5,5 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога – 9,5 %.

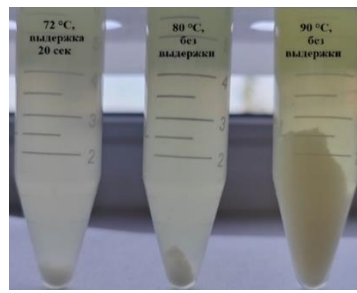
Установлено, что при температуре 40°C сепарирование протекает медленнее по сравнению с температурным режимом сепарирования 50°C. При этом температурном режиме содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра меньше на 16,7 %, чем при температуре сепарирования 40°C и составляет 5,0 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра меньше на 9,1 % (массовая доля жира 5,0 %); в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога меньше на 5,3 % (массовая доля жира 9,0 %).

Полученные результаты свидетельствует о том, что при исследуемых температурных режимах сепарирование протекает эффективно, массовая доля жира в обезжиренной фракции составила 0,1 %. Температура сепарирования 50°C является оптимальной для сепарирования сыворотки: при этом режиме сепарирования жир извлекается в большем количестве во всех образцах. Наибольшее содержание жира в жировых фракциях выделено из сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока (жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра – 31,5 %).

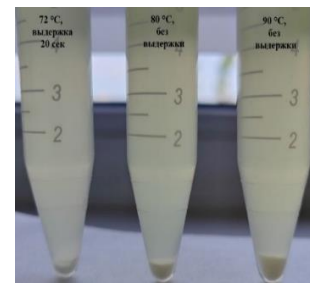
Проведены исследования по определению влияния температурных режимов пастеризации сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего, козьего молока, на денатурацию белков. Денатурация белка образцов обезжиренной сыворотки исследована путем центрифугирования сыворотки, подвергнутой тепловой обработке при различных режимах: температура 62°C с выдержкой 30 мин; 72°C с выдержкой 15–20 с, 80°C без выдержки; 90°C без выдержки. Результаты исследований представлены на рисунках 1, 2.



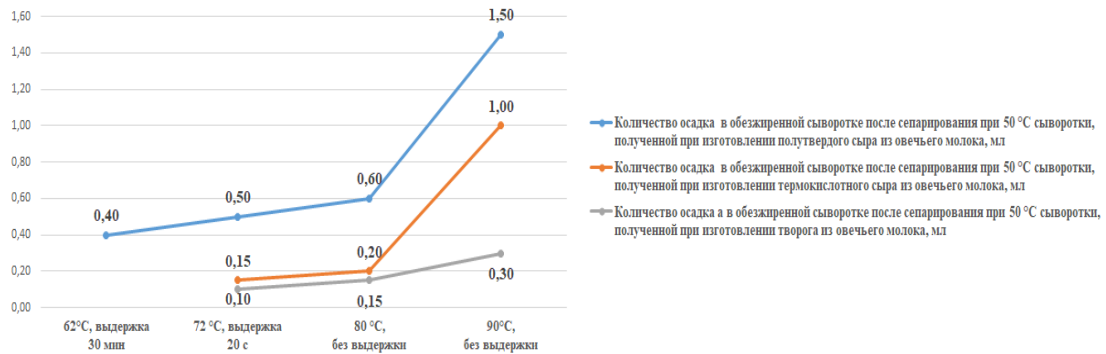
а – сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра



б – сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра



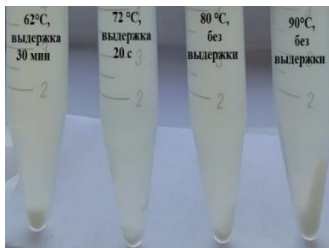
в – сыворотка, полученная при изготовлении творога



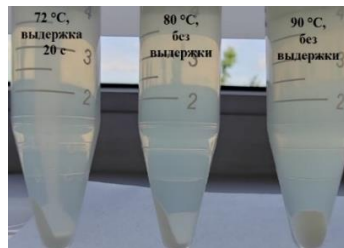
г – количество осадка после центрифугирования обезжиренной овечьей сыворотки, пастеризованной при различных режимах

Рисунок 1 – Денатурация белка в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, пастеризация которой проведена при различных режимах тепловой обработки

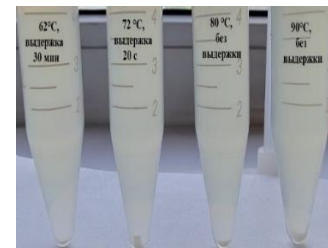
Источник данных: собственная разработка.



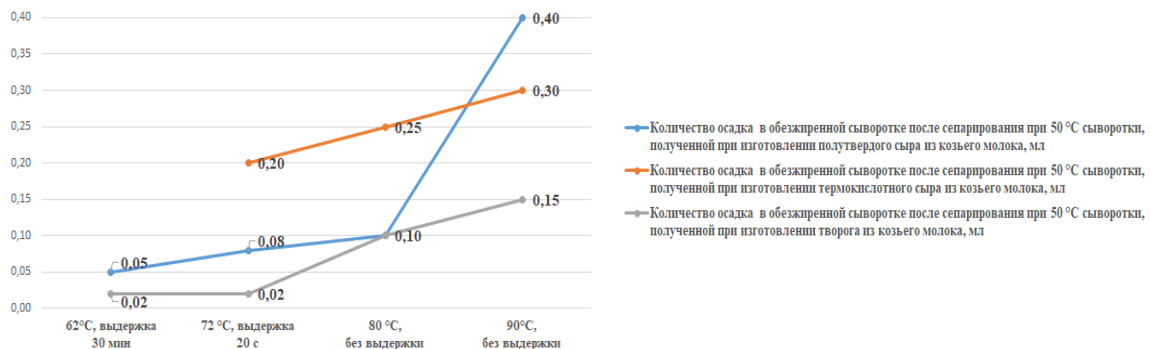
а – сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра



б – сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра



в – сыворотка, полученная при изготовлении творога



г – количество осадка после центрифугирования обезжиренной козьей сыворотки, пастеризованной при различных режимах.

Рисунок 2 – Денатурация белка в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, пастеризация которой проведена при различных режимах тепловой обработки

Источник данных: собственная разработка

Проведенный анализ результатов исследований (рисунок 1, 2) показывает, что при повышении режимов пастеризации денатурация белка увеличивается, о чем свидетельствует увеличение количества осадка, полученного в результате центрифугирования обезжиренной пастеризованной сыворотки. Так в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока, содержание осадка увеличивается от 0,4 мл при температуре пастеризации 62°C с выдержкой 30 мин до 1,5 мл при температуре пастеризации 90°C, без выдержки; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока – от 0,15 до 1,0 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении творога из овечьего молока – от 0,1 до 0,3 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока от 0,05 до 0,4 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока – от 0,2 до 0,3 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении творога из козьего молока – от 0,02 до 0,15 мл.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено, что температура сепарирования 50°C является оптимальной для сепарирования козьей и овечьей сывороток: при этом режиме сепарирования жир извлекается в большем количестве во всех образцах. Исследования влияния температурных режимов пастеризации сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего и козьего молока, на денатурацию белков, показали, что при повышении температурных режимов пастеризации увеличивается денатурация сывороточных белков во всех исследуемых образцах.

### Список использованных источников

1. Прошутинская, Ю. С. Технология продуктов из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки / Ю. С. Прошутинская // Молодежь и наука. – 2019. – № 3. – С. 34–38.
1. Proshutinskaya, YU. S. Tekhnologiya produktov iz obezhirennogo moloka, pakhty i molochnoy syvorotki [Technology of products from skim milk, buttermilk and whey] / YU. S. Proshutinskaya // Molodezh' i nauka. – 2019. – № 3. – S. 34–38.
2. Алиев, Р. Д. Сепарирование как стадия подготовки сыворотки / Р. Д. Алиев // Переработка молока. – 2013. – № 8. – С. 62–63.
2. Aliev, R.D. Separirovanie kak stadiya podgotovki syvorotki [Separation as a stage of whey preparation] / R.D. Aliev // Pererabotka moloka. – 2013. – № 8. – S. 62–63.
3. Костенко, А. В. Сепарирование молока бактофугами / А. В. Костенко, Е. А. Степанова, А. С. Пухарев // Наука, образование, инновации: пути развития: материалы Восьмой всероссийской науч.-практ. конф., г. Петропавловск-Камчатский, 23–25 мая 2017 г. / Камчатский государственный технический университет. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – С.86–88.
3. Kostenko, A. V. Separirovaniye moloka baktofugami [Milk separation using bactofuges] / A. V. Kostenko, Ye. A. Stepanova, A. S. Pukharev // Nauka, obrazovaniye, innovatsii: puti razvitiya: materialy Vos'moy vserossiyskoy nauch.-prakt. konf., g. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 23–25 maya 2017 g. / Kamchatskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. – Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2017. – S.86–88.
4. Асенгали, Ж. Качественные показатели и состав молочной сыворотки / Ж. Асенгали, А. Н. Нургазезова // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов, г. Краснодар, 9–23 апреля 2018 г. / ФГБНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2018. – С 225–228.
4. Asengali, ZH. Kachestvennyye pokazateli i sostav molochnoy syvorotki [Qualitative indicators and composition of whey] / ZH. Asengali, A. N. Nurgazezova // Nauchnoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii: sb. materialov I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i aspirantov, g. Krasnodar, 9–23 aprelya 2018 g. / FGBNU VNIITTI. – Krasnodar, 2018. – S 225–228.

5. Переработка молочной сыворотки // Dairy Processing Handbook. – URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki/> (дата обращения: 10.07.2023).

6. Рязанцева, К. А. Улучшение структурных свойств кисломолочного продукта внесением модифицированных сывороточных белков / К. А. Рязанцева, Н. Е. Шерстнева, Н. А. Жижин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 2. – С. 52–66.

7. Короткова, А. А. Агропищевые технологии в производстве и переработке козьего молока / А. А. Короткова, М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, В. Н. Храмова // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 17–18 июня 2021 г. / Волгоградский гос. техн. ун-т ; под общ. ред. И. Ф. Горлова. – Волгоград, 2021. – С. 170–174.

5. Pererabotka molochnoy syvorotki [Processing of whey] // Dairy Processing Handbook. – URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki/> (data obrashcheniya: 10.07.2023).

6. Ryazantseva, K. A. Uluchsheniye strukturnykh svoystv kislomolochnogo produkta vnoseniyem modifitsirovannykh syvorotochnykh belkov [Improving the structural properties of fermented milk products by adding modified whey proteins] / K. A. Ryazantseva, N. Ye. Sherstneva, N. A. Zhizhin // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2022. – № 2. – S. 52–66.

7. Korotkova, A. A. Agropishchevyye tekhnologii v proizvodstve i pererabotke koz'yego moloka [Agro-food technologies in the production and processing of goat milk] / A. A. Korotkova, M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Khramova // Innovatsionnoye razvitiye agrarno-pishchevykh tekhnologiy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Volgograd, 17–18 iyunya 2021 g. / Volgogradskiy gos. tekhn. un-t ; pod obshch. red. I. F. Gorlova. – Volgograd, 2021. – S. 170–174.