

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОЗИВА

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

RESEARCH OF THE FEATURES OF ULTRAFILTRATION PROCESSING OF COLOSTUM

e-mail: elenadm210187@gmail.com, overie@mail.ru, bespalova-kat@mail.ru, svetalandana@mail.ru

В статье представлены результаты исследований особенностей процесса сепарирования и ультрафильтрационной обработки молозива. Установлены рекомендуемые температурные режимы сепарирования для максимального сохранения основных компонентов в жировой и обезжиренной частях. Определены изменения физико-химических показателей и основных компонентов в процессе ультрафильтрационной обработки.

Ключевые слова: молозиво коровье; козье, овечье, сепарирование; ультрафильтрация; иммуноглобулины; сухие вещества; жир; белок; казеин.

The article presents the results of studies of the features of the process of separation and ultrafiltration processing of colostrum. Recommended separation temperature conditions have been established to maximize the preservation of the main components in the fatty and fat-free parts. Changes in physicochemical parameters and main components during ultrafiltration treatment were determined.

Keywords: cow; goat; sheep colostrum; separation; ultrafiltration; immunoglobulins; dry matter; fat; protein; casein.

Введение. Перспективной технологией переработки молозива является его ультрафильтрация с целью концентрирования молочных белков, в том числе казеина и сывороточных белков, в частности иммуноглобулинов. Кроме того, применение мембранных технологий позволит фракционировать и концентрировать составные части молозива при максимальном сохранении и повышении их биологической ценности.

В основе технологии мембранных установок лежит разделение сырья на фракции через полупроницаемую перегородку. При мембранном разделении молочного сырья под воздействием разности давления происходит перенос веществ через мембрану, при этом на ее поверхности задерживаются частицы, с размером превышающим размер пор мембраны, остальная среда проходит через поры мембраны. При ультрафильтрации в качестве конечных продуктов выступают концентрат (ретентат), в котором накапливаются в основном белок, включающий казеиновые фракции и сывороточные белки, и фильтрат (пермеат), в который переходят лактоза и минеральные соли.

Весьма актуальными являются исследования по изучению сохранности иммуноглобулинов в процессе ультрафильтрационной обработки, так как в настоящее время в Республике Беларусь таких исследований не проводилось.

Цель исследований – исследование влияния ультрафильтрационной обработки молозива на его физико-химические показатели и сохранность основных компонентов.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись: молозиво коровье, овечьё и козье.

Определение физико-химических показателей, фракционного состава осуществляли в производственно-испытательной лаборатории и лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов РУП «Институт мясо-молочной промышленности», при этом использовались стандартные методы [1].

Результаты и их обсуждение. На предварительном этапе для предотвращения снижения скорости протекания процесса ультрафильтрации и его эффективности ввиду высокого содержания сухих веществ, жира и белка в молозиве, целесообразно проведение сепарирования исходного сырья. Поскольку при проведении сепарирования основное влияние на ход процесса оказывает температура поступаемого сырья, исследуемые образцы молозива были подвергнуты сепарированию при температурах: 30 °С, 40 °С и 50 °С.

Исследованы физико-химические показатели и содержание иммуноглобулинов исходного молозива и полученных в ходе сепарирования фракций (жировая и обезжиренная). Результаты представлены в таблице 1 и рисунке 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели исследуемых образцов до и после проведения сепарирования

Образец	Время получения молозива после отела, ч	Температура сепарирования, °С	Массовая доля, %			Содержание иммуноглобулинов, мг/мл
			сухих веществ	белка	жира	
1	2	3	4	5	6	7
Молозиво сырое коровье	1-48	без сепарирования	18,9	8,27	7,2	40,094
Жировая фракция после сепарирования молозива коровьего	1-48	30	70,2	2,82	65,6	45,931
		40	67,9	3,75	62,8	47,023
		50	58	5,24	51,5	46,015
Обезжиренная фракция после сепарирования молозива коровьего	1-48	30	13,2	8,41	0,1	38,644
		40	14,2	8,78	0,1	43,912
		50	14,2	9,09	0,2	41,429
Молозиво сырое коровье	72-120	без сепарирования	13,6	4,18	5,2	менее 20,000
Жировая фракция после сепарирования молозива коровьего	72-120	30	57,4	4,05	52,7	40,729
		40	70,2	2,95	66,7	49,024
		50	68,7	2,29	65,5	47,113
Обезжиренная фракция после сепарирования молозива коровьего	72-120	30	10,5	4,90	0,1	менее 20,000
		40	10,2	4,46	0,1	менее 20,000
		50	10,0	4,49	0,1	40,514

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что при исследуемых температурных режимах сепарирование протекает эффективно, массовая доля жира обезжиренной фракции составила 0,1–0,2% (таблица 1). Однако следует отметить, что сепарирование молозива при температуре 50°С сопровождалось вспениванием жировой и обезжиренной фракций, что может отрицательно сказываться на их дальнейшей переработке и ходе самого процесса.

При снижении температуры процесса до 30°С сепарирование протекает медленно с большими потерями жировой фракции в барабане сепаратора и между тарелками, что затрудняет протекание и эффективность процесса сепарирования. А

с увеличением температуры более 40°C снижается вязкость молозива, что способствует более эффективному сепарированию.

При сепарировании при температуре 40°C коровьего молозива, полученного через 1–48 часов после отела, отмечается наиболее высокое содержание иммуноглобулинов в жировой и обезжиренной фракциях – 47,023 мг/мл и 43,912 мг/мл, соответственно. Аналогичная тенденция отмечается при сепарировании при температуре 40°C коровьего молозива, полученного через 72–120 часов после отела, отмечается наибольшее содержание иммуноглобулинов в жировой фракции 49,024 мг/мл (таблица 1).

Также проведены аналогичные исследования по определению оптимальных режимов сепарирования козьего и овечьего молозива. Установлено, что для максимального сохранения иммуноглобулинов в обезжиренной и жировой фракциях сепарирование молозива целесообразно проводить при температуре 40°C – для коровьего и козьего молозива, при температуре (40–50)°C – для овечьего молозива вне зависимости от срока получения молозива.

Для установления особенностей баромембранных методов обработки и их влияния на состав и свойства молозива проведена ультрафильтрационная обработка молозива коровьего, овечьего и козьего с целью концентрирования основных компонентов.

В лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» проведена ультрафильтрация обезжиренного молозива коровьего. Внешний вид концентрата (ретентата) и фильтрата (пермеата) обезжиренного коровьего молозива аналогичен внешнему виду концентрата и фильтрата обезжиренного молока – фильтрат прозрачный, желтого цвета и концентрат насыщенно белого цвета с кремовым оттенком.

Образцы исходного молозива коровьего обезжиренного, а также концентрата и фильтрата, полученных в ходе проведения ультрафильтрации, исследованы в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» по таким показателям как массовая доля жира (для концентрата), белка, казеина, сывороточных белков, минеральный состав, содержание иммуноглобулинов. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Интервал отбора экспериментальных образцов концентрата и фильтрата составлял 10 минут от начала процесса ультрафильтрации: №1 – через 10 мин., №2 – через 20 мин., №3 – через 30 мин., №4 – через 40 мин., №5 – через 50 мин., №6 – через 60 мин., №7 – через 70 мин. В процессе проведения ультрафильтрации в вышеперечисленных точках отбора экспериментальных образцов концентрата и фильтрата фиксировалась массовая доля сухих веществ, титруемой и активной кислотности, а также изменение электропроводности в ходе процесса.

Таблица 2 – Физико-химические показатели молозива коровьего обезжиренного и продуктов его ультрафильтрационной обработки

Образец	Массовая доля, %				
	сухих веществ	жира	белка	казеина	сывороточных белков
1	2	3	4	5	6
Молозиво коровье обезжиренное	12,5	0,1	6,77	5,28	1,35
Концентрат					
№1	12,8	0,1	7,07	5,65	1,37
№2	14,0				—*

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
№3	15,2	0,2	8,31	5,98	2,24
№4	16,6		-*		
№5	18,0	0,2	9,41	6,32	2,88
№6	19,4		-*		
№7	21,1	0,2	11,96	7,53	3,98
Фильтрат					
№1	4,8	-*	0,26	0,18	менее 0,30
№2	5,0		-*		
№3	5,0		0,27	0,18	менее 0,30
№4	5,1		-*		
№5	5,3		0,31	0,24	менее 0,30
№6	6,2		-*		
№7	7,0		0,30	0,23	менее 0,30

Примечание: «-*» – исследования не проводились

Источник данных: собственная разработка.

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что при проведении ультрафильтрации коровьего молозива обезжиренного можно получить концентрат с массовой долей сухих веществ 21,1% и белка 11,96%. Следует отметить рост сывороточных белков от 1,35% до 3,98%, то есть фактор концентрирования по сывороточному белку составил 2,95. Фактор концентрирования по сухим веществам – 1,69, по общему белку – 1,77.

Исследования содержания иммуноглобулинов молозива обезжиренного и продуктов его ультрафильтрационной обработки показали, что содержание иммуноглобулинов в исходном обезжиренном молозиве коровьем – менее 20 мг/мл, через 10 мин от начала процесса ультрафильтрации – 20,548 мг/мл, через 30 мин – 27,006 мг/мл, через 50 мин. – 49,082 мг/мл, по завершению процесса ультрафильтрации через 70 мин. содержание иммуноглобулинов составляет 48,133 мг/мл. Содержание иммуноглобулинов в фильтрате молозива коровьего обезжиренного на протяжении всего процесса ультрафильтрации – менее 20 мг/мл. Таким образом проведение ультрафильтрации позволяет получить концентрат с содержанием иммуноглобулинов 48,133 мг/мл, фактор концентрирования по иммуноглобулинам составляет 2,4 (рисунок 1).

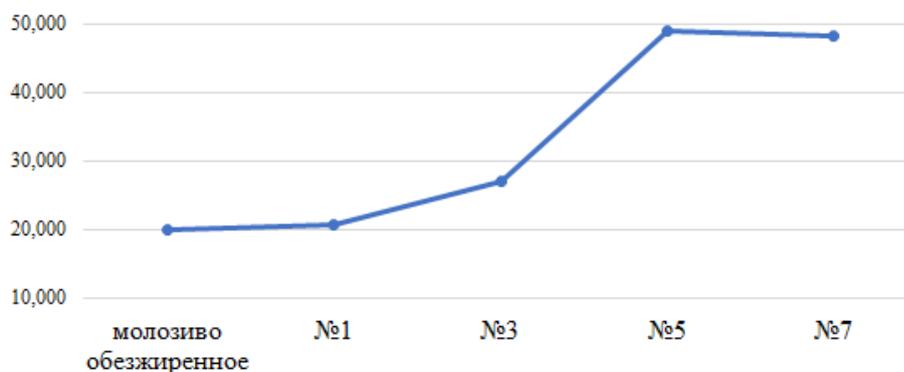


Рисунок 1 – Содержание иммуноглобулинов молозива коровьего обезжиренного и его концентрата в ходе проведения ультрафильтрационной обработки

Источник данных: собственная разработка.

В процессе ультрафильтрационной обработки молозива коровьего обезжиренного отмечается рост титруемой кислотности от 24°Т (для обезжиренного молозива коровьего) до 42°Т (для концентрата молозива коровьего обезжиренного, полученного через 70 мин. от начала процесса ультрафильтрационной обработки).

Исследован минеральный состав молозива коровьего обезжиренного, а также минеральный состав концентрата и фильтрата, полученных в ходе проведения ультрафильтрации. Результаты представлены на рисунке 2.

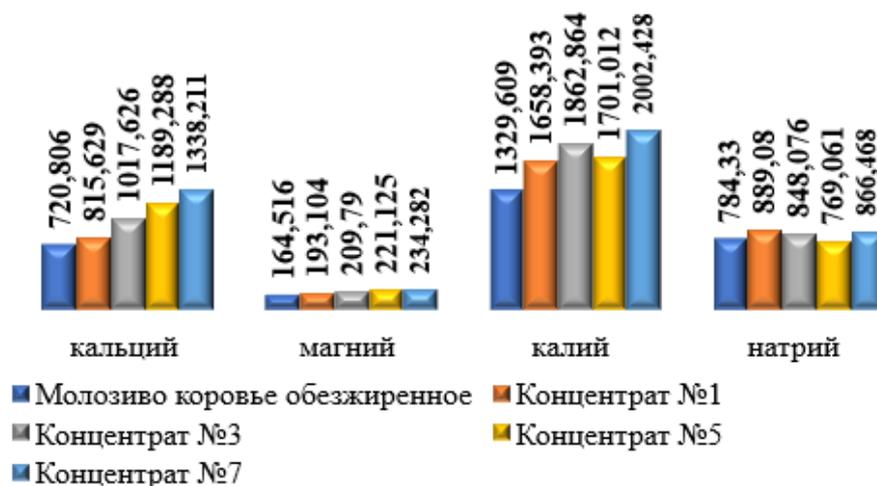


Рисунок 2 – Минеральный состав молозива коровьего обезжиренного и продуктов его ультрафильтрационной обработки (концентрата), мг/кг

Источник данных: собственная разработка.

Исследования минерального состава продуктов ультрафильтрационной обработки молозива коровьего обезжиренного (рисунок 2) показали, что процесс ультрафильтрации позволяет получить концентрат с содержанием кальция 1338,211 мг/кг (фактор концентрирования – 1,64), магния – 234,282 мг/кг (фактор концентрирования – 1,42), калия – 2002,428 мг/кг (фактор концентрирования – 1,51), натрия – 866,468 мг/кг (фактор концентрирования – 1,1).

Для установления особенностей баромембранной обработки молозива козьего и овечьего в ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» проведена ультрафильтрация данных видов молозива на мембране ПЭС-20, температура процесса составляла 22–25°С, давление фильтрации 2 Атм. Для предотвращения снижения скорости процесса ультрафильтрации молозиво предварительно было подвергнуто сепарированию: козье молозиво при температуре 40°С, овечье – 50°С.

Образцы исходного молозива козьего и овечьего обезжиренного, а также продукты ультрафильтрации (концентрат и фильтрат) исследованы в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» по физико-химическим показателям. Результаты исследований представлены в таблице 3.

В результате анализа полученных результатов исследований (таблица 3) установлено, что ультрафильтрация козьего и овечьего молозива обезжиренного позволяет получить концентраты с массовой долей сухих веществ 17,5% и 27%, белка 9,56% и 11,95% соответственно. При этом при ультрафильтрации козьего обезжиренного молозива массовая доля сывороточных белков концентрата возрастает от 0,78% до 2,49%, фактор концентрирования по сывороточным белкам составляет 3,2, при ультрафильтрации овечьего молозива обезжиренного массовая

доля сывороточных белков увеличивается от 1,28% до 3,30%, фактор концентрирования сывороточных белков овечьего молозива – 2,58.

Таблица 3 – Физико-химические показатели молозива козьего и овечьего обезжиренного и продуктов их ультрафильтрационной обработки (концентрата)

Образец	Массовая доля, %				
	сухих веществ	жира	белка	казеина	сывороточных белков
1	2	3	4	5	6
Молозиво козье обезжиренное	12,0	0,1	5,23	4,24	0,78
Концентрат козьего молозива обезжиренного	17,5	0,1	9,56	6,91	2,49
Молозиво овечье обезжиренное	18,4	0,2	6,45	4,89	1,28
Концентрат овечьего молозива обезжиренного	27,0	0,2	11,95	8,57	3,30

Источник данных: собственная разработка.

Следует отметить увеличение титруемой кислотности от 24°Т (исходное молозиво козье обезжиренное) до 46°Т (концентрат козьего молозива) – при ультрафильтрации козьего молозива обезжиренного, и от 28°Т (исходное молозиво овечье обезжиренное) до 54°Т (концентрат молозива овечьего) – при ультрафильтрации овечьего молозива обезжиренного.

Минеральный состав молозива козьего и овечьего обезжиренного и продуктов их ультрафильтрационной обработки представлен на рисунке 3.

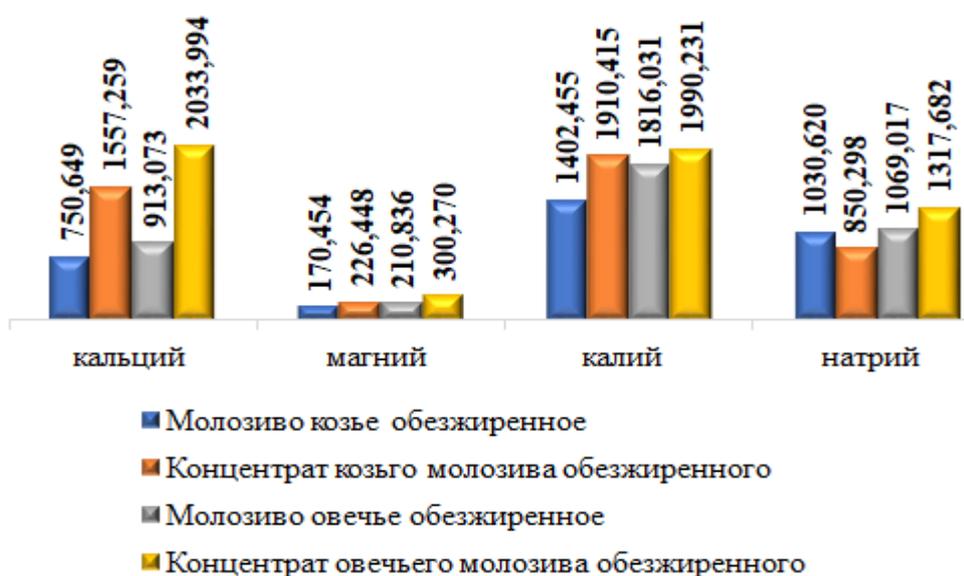


Рисунок 3 – Минеральный состав молозива козьего и овечьего обезжиренного и продуктов их ультрафильтрационной обработки (концентратов), мг/кг

Источник данных: собственная разработка.

Исследования минерального состава молозива козьего обезжиренного и продуктов его ультрафильтрационной обработки (рисунок 3) показали, что ультрафильтрация позволяет увеличить содержание кальция от 750,649 мг/кг в обезжиренном козьем молозиве до 1557,259 мг/кг в концентрате козьего молозива,

фактор концентрирования по кальцию при этом составил 2,07. При ультрафильтрации обезжиренного овечьего молозива содержание кальция увеличивается от 913,073 мг/кг (для обезжиренного молозива овечьего) до 2033,994 мг/кг (для концентрата молозива обезжиренного овечьего), фактор концентрирования по кальцию составил 2,23.

Закключение. Таким образом, результаты исследований показали, что мембранная обработка (ультрафильтрация) молозива коровьего, козьего и овечьего позволяет получить концентрат с высокой массовой долей основных компонентов (сухих веществ, белка, иммуноглобулинов). Так при ультрафильтрации коровьего молозива массовая доля белка увеличивается в 1,77 раза и составляет 11,96%, в том числе отмечается увеличение сывороточных белков в 2,95 раза (м.д. сывороточных белков концентрата молозива коровьего составляет 3,98%). При ультрафильтрации козьего молозива отмечается увеличение массовой доли белка в 1,83 раза и составляет 9,56%, в том числе сывороточных белков 3,2 раза (м.д. сывороточных белков концентрата козьего молозива составляет 2,49%). Ультрафильтрация овечьего молозива позволяет получить концентрат с высоким содержанием белка – 11,95%, что в 1,85 раза выше по сравнению с молозивом овечьим без проведения ультрафильтрации (м.д. белка молозива овечьего – 6,45%), в том числе с высоким содержанием сывороточных белков в концентрате – 3,30%.

Также ультрафильтрация позволяет получить концентрат молозива с высоким содержанием иммуноглобулинов (содержание иммуноглобулинов в концентрате коровьего молозива – 48,133 мг/мл, что в 2,4 раза выше по сравнению с обезжиренным коровьим молозивом (содержание иммуноглобулинов – менее 20 мг/мл), содержание иммуноглобулинов в концентрате козьего молозива – 58,294 мг/мл, что в 2,91 раза выше по сравнению с козьим молозивом до проведения ультрафильтрации (содержание иммуноглобулинов – менее 20 мг/мл), содержание иммуноглобулинов концентрата овечьего молозива – 137,911 мг/мл, что в 1,66 раза выше по сравнению с обезжиренным овечьим молозивом (содержание иммуноглобулинов – 83,018 мг/мл).

Список использованных источников

1. Меркулова, Н. Г. Производственный контроль в молочной промышленности: практ. рук. / Н. Г. Меркулова, М. Ю. Меркулов, И. Ю. Меркулов. – СПб.: Профессия. 2010. – 653 с.
2. Остроумова Т. Л. Концентрирование компонентов молока ультрафильтрацией // Молочная промышленность. 2007. – № 3. – С. 64-65.
3. Лозовская, Д. С. Механическая обработка молозива / Д. С. Лозовская, О. В. Дымар // Молочная промышленность: научно-технич. и производств. журнал. – 2022. – № 9. – С. 62-64.
1. Merkulova, N. G. Production control in the dairy industry: practical work. hands [Industrial control in the dairy industry]: practical manual. / N. G. Merkulova, M. Yu. Merkulov, I. Yu. Merkulov. – SPb.: Profession. 2010. – 653 p.
2. Ostroumova T.L. Concentration of milk components by ultrafiltration [Concentration of milk components by ultrafiltration] // Dairy industry. 2007. – № 3. – P. 64-65.
3. Lozovskaya, D. S. Mechanical processing of colostrum [Mechanical processing] / D. S. Lozovskaya, O. V. Dymar // Dairy industry: scientific and technical. and production magazine. – 2022. – No. 9. – P. 62-64.