

УДК 637.1

DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-14-23

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ  
АГРАРНО-ПИЩЕВЫХ ИННОВАЦИЙ МОЛОЧНОГО ДЕЛА  
НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ**

*Лактобионовая кислота*

**TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH THE AGRI-FOOD INNOVATION  
DAIRY CASE FOR EXAMPLE, A UNIVERSAL  
AGRICULTURAL RAW MATERIALS**

*Lactobionic acid*

*Храмцов А.Г.*, доктор технических наук, профессор, академик РАН

*Khramtsov A.G.*, doctor of technical sciences, professor, academician of RAS

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

North-Caucasus federal university, Stavropol

*Продолжение статей, напечатанных в № 2-4 за 2018 г.*

*Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241.*

В статье сформированы информационные материалы по синтезу из аномеров лактозы лактобионовой кислоты, как товарного продукта молочного дела. К сожалению, пока зарубежного. Приведена краткая информация о направлениях использования этого оригинального продукта: в медицине, пищевой промышленности, в т.ч. молочном деле, технических целях. В системе HyperChem приведены конформационные структуры и физико-химические свойства лактобионовой кислоты, как химического соединения. Когнитивно обоснована возможность синтеза лактобионата из лактозы молочного сырья путем окисления. Научно-технически выбрано оптимальное лактозосодержащее сырье для синтеза кислоты – ультрафильтрат подсырной сыворотки. Разработан способ молекулярно-ситовой очистки ультрафильтрата на уровне «ноу-хау». Конвергентно обоснован и осуществлен процесс получения товарной лактобионовой кислоты стадийным способом. Полученные образцы продукции испытаны в опытно-промышленных условиях в технологии кисломолочных продуктов с позитивным результатом, достигнуто полное импортозамещение.

The article generated information materials for the synthesis of the anomers of lactose lactobionic acid as a commercial product of the dairy business. Unfortunately, while foreign. Brief information about the directions of use of this original product is given: in medicine; food industry, including dairy business; technical purposes. In the system shown HyperChem conformational structure and physic-chemical properties lactobionic acid as chemical compound. The possibility of lactobionate synthesis from lactose of dairy raw materials by oxidation is cognitively proved. Scientifically and technically, the optimal lactose – containing raw material for the synthesis of acid-ultrafiltrate of cheese whey was chosen. A method of molecular sieve purification of ultrafiltrate at the level of «know-how» was developed. Cognitively justified and carried out the process of obtaining commercial lactobionic acid stepwise. The obtained product samples are tested in pilot

industrial conditions in the technology of dairy products with a positive result, full import substitution is achieved.

**Ключевые слова:** технологический прорыв, молочная подсырная сыворотка, ультрафильтраты, молекулярно-ситовая фильтрация, лактобионат, лактобионовая кислота.

**Key words:** technological breakthrough, milk cheese whey, ultrafiltrates, molecular sieve filtration, lactobionate, lactobionic acid.

**Введение.** В соответствии с обоснованной КОНЦЕПЦИЕЙ [2, 11] рассмотрим конкретику Технологического Прорыва в молочной отрасли пищевой индустрии АПК в логистике синтеза производных одного из основных компонентов молочной сыворотки (70% в сухом веществе), как универсального сельскохозяйственного сырья животного происхождения, – аномеров ЛАКТОЗЫ.

Используя методологию когнитивного подхода [1] к обеспечению Продовольственной Безопасности (Независимости) [7] Российской Федерации и ее регионов, представляется целесообразным в рамках возможного Технологического Прорыва [12-14] рассмотреть тематику синтеза производных лактозы на примере **лактобионовой кислоты** (далее ЛБК).

**Лактобионовая кислота** ( $C_{12}H_{22}O_{12}$ ) является продуктом окисления лактозы. По химической классификации относится к классу альдоновых кислот (олигосахариды). На рисунке 1 представлены структурная формула, конформация в системе HyperChem и распределение электронной плотности в молекуле лактобионовой кислоты.

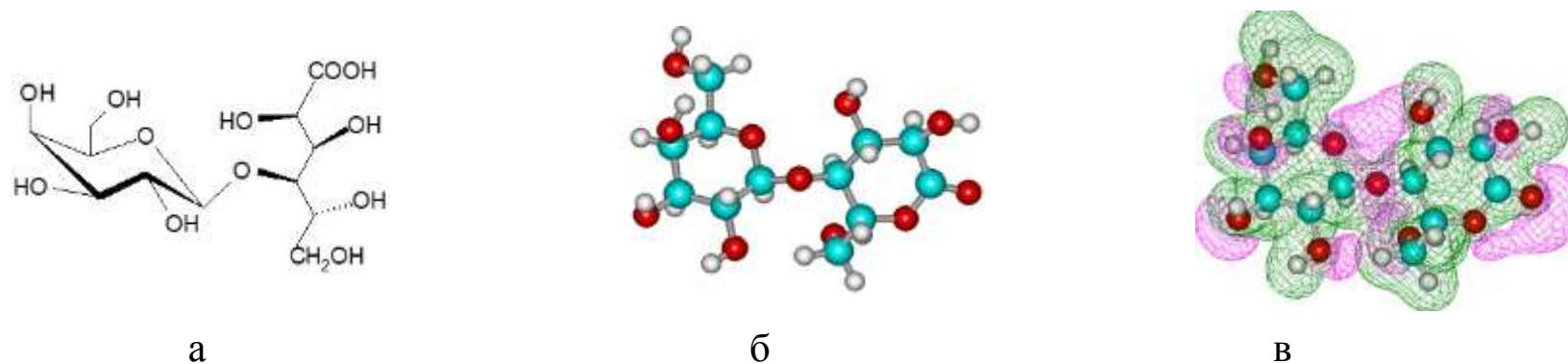


Рисунок 1 – Структурная (а), оптимизированная HyperChem (б), проекционная с распределением электронной плотности (в) молекула лактобионовой кислоты

Согласно номенклатуре IUPAC, лактобионовая кислота – это 4-О-β-D-галактопиранозил-D-глюконовая кислота, регистрационный номер CAS 96-82-2.

Основные физико-химические показатели ЛБК, по данным Лурье Ю.Ю. [6], приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели лактобионовой кислоты

Показатель	Значение
Относительная молекулярная масса, г/моль	358,29
Температура плавления, °С	113-118
Температура кипения, °С	864,7
Удельный угол вращения (10 % водный раствор), $[\alpha]_D^{20}$ , град	+ 22,8°
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1790
ИК-спектр	1070(22,13); 1118(25,36); 1228(32,53); 1416(32,53); 1744(28,23); 2895(34,43); 2926(34,39); 3400(22,18)
Константа диссоциации (р <sub>к<sub>а</sub></sub> )	3,8
Величина рН 10%-ного водного раствора	1,0-3,0

Товарная форма (физико-химическое состояние) лактобионовой кислоты – кристаллическое вещество белого или бледно-желтого цвета, хорошо растворимое в воде. Как большинство органических соединений лактобионовая кислота по своим показателям ( $pK_a = 3,80$ ) относится к слабым электролитам.

Учитывая уникальные свойства лактобионовой кислоты, она нашла широкое применение в медицине: является основным компонентом растворов для консервации трансплантируемых органов [17], ингибитором транс-сиалидазной активности *Trypanosomacruzi*, вызывающим болезнь Шагаса, которой заражены приблизительно 18 миллионов человек в Латинской Америке [16].

В области фармацевтики она используется как носитель для антибиотиков, таких как эритромицин, обеспечивая устойчивость (стабильность) и приятный вкус готовых лекарственных форм. Лактобионовая кислота может использоваться как в рецептурах лекарств для перорального применения, так и для лекарств внутривенной химиотерапии, в качестве носителя ионов металлов, таких как железо и кальций, при лечении болезней, связанных с их недостатком [21].

Возможности применения лактобионовой кислоты в пищевой промышленности, в т.ч. молочном деле, в настоящее время активно исследуются. Они включают в себя такие направления, как сокращение времени сквашивания и созревания при производстве сыров и йогурта [23], поддержание стабильных гелевых структур, устранение горечи и улучшение аромата, улучшение вкусовых характеристик заквасок, а также сохранение запаха свежести и защита от окисления частично гидрогенизованных растительных жиров [19]. Обнаружено уменьшение потерь воды при заморозке и разморозке, а также в процессе приготовления мясных продуктов, содержащих в своем составе лактобионовую кислоту, по сравнению с аналогичными продуктами без добавления этой кислоты [24]. Благодаря своим комплексообразующим свойствам лактобионовая кислота может быть использована как антиокислитель. Другим интересным применением лактобионовой кислоты, хотя и недостаточно изученным, может быть использование ее в качестве пищевого регулятора кислотности.

Считается, что лактобионовая кислота обладает пребиотическим потенциалом, так как не адсорбируется в процессе пищеварения в желудочно-кишечном тракте человека. Так, штаммы *Lb. rhamnosus* VTT E-97800, VTT E-97948 и *Lb. paracasei* VTT E-97949 усваивали лактобионовую кислоту при концентрациях 1-2% в анаэробных условиях аналогично или даже лучше, чем лактитол [20].

Соединения лактобионовой кислоты находят применение в различных областях. Например, лактобионат калия нашел промышленное применение в качестве компонента моющих средств, обладающего способностью к биологическому разложению [18]. Кроме того, средства, содержащие в своем составе N-алкиламиды лактобионовой кислоты, показывают хорошие антикоррозийные свойства. Поэтому их можно использовать в композициях, применяемых для защиты изделий от коррозии при металлообработке [22].

В целом приведенная краткая информация позволяет совершенно четко считать производство товарной лактобионовой кислоты необходимым.

Получение лактобионовой кислоты возможно несколькими способами. Одним из них является окисление лактозы.

Существуют различные способы окисления лактозы до лактобионовой кислоты [19]:

- ферментативное окисление;
- окисление галогенами;
- гомогенное окисление в щелочной среде;
- гетерогенное каталитическое окисление;
- электрохимическое окисление.

В настоящее время активно исследуются два основных способа химического окисления лактозы до лактобионовой кислоты: электрохимическое и каталитическое окисление. В промышленных масштабах лактобионовая кислота и ее соли в жидком или сухом виде производятся в Германии [18]. Компанией BIOLAC разработана опытная установка, в которой реализован одностадийный процесс конверсии лактозы в лактобионовую кислоту.

Нашим творческим коллективом разработана технология лактобионовой кислоты из лактозы вторичного (лактозосодержащего) сырья на принципах безотходной технологии [3], которая кратко излагается ниже.

**Материалы и методы.** В качестве объектов для исследований использованы:

- вторичное молочное (лактозосодержащее) сырье – ультрафильтрат подсырной сыворотки;
- лактоза пищевая;
- лактобионовая кислота;
- закваски молочнокислых микроорганизмов.

При проведении экспериментальных исследований и определении состава и свойств объектов исследований применялись стандартные методы определения физико-химических и микробиологических показателей.

При исследовании влияния лактобионовой кислоты на антагонистическую активность молочнокислых микроорганизмов использовался метод лунок [19].

Для идентификации лактобионовой кислоты применялись следующие физико-химические методы: 1. Определение удельного угла вращения плоскости поляризации лактобионовой кислоты; 2. При спектроскопическом анализе ИК-спектры поглощения; 3. Хроматографический анализ полученного образца лактобионовой кислоты проводился на хроматографе «Цвет-100» по методике проф. Серова А.В. [10]

Результаты многофакторного эксперимента обрабатывали на компьютере с использованием программы «Построение модели по униформ-ротатбельному плану».

Моделирование основных технологических процессов проводили с использованием графико-аналитического метода оптимизации, включающего построение и сравнительный анализ поверхностей отклика выходных параметров и изолиний их сечений.

**Результаты и обсуждение.** С целью разработки Технологической Платформы наилучших доступных технологий [4] лактобионовой кислоты осуществлено несколько логистически связанных этапов.

#### **Этап I. Выбор сырья для получения лактобионовой кислоты**

При производстве лактобионовой кислоты доброкачественность (ЧИСТОТА – отношение лактозы к сухим веществам) лактозосодержащего сырья должна быть не менее  $98\pm 1\%$ . В противном случае возникает вероятность образования побочных продуктов в процессе получения целевого продукта, что необходимо учитывать при выборе сырьевого источника.

Для синтеза ЛБК идеальным источником является лактоза (товарный молочный сахар пищевой категории качества), производство которой запланировано на базе молочного комбината «Ставропольский» [5]. Существенным недостатком процесса является высокая стоимость лактозы. В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность использования других сырьевых источников лактозы [9, 15].

Для получения лактобионовой кислоты представляется возможным отдать предпочтение подсырной сыворотке в качестве лактозосодержащего сырья, доброкачественность которой составляет  $78,5\pm 0,1\%$ .

Но даже при использовании несоленой подсырной сыворотки в качестве исходного сырья в производстве лактобионовой кислоты обязательно следует повысить ее доброкачественность путем удаления из сыворотки балластных веществ (неуглеводных компонентов) – жира, белка, минеральных солей (зола). С целью подготовки подсырной сыворотки для синтеза ЛБК разработан способ подготовки для проведения электрохимического окисления лактозы. Результаты поэтапного удаления балластных веществ из подсырной несоленой сыворотки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение состава подсырной сыворотки в процессе баромембранной обработки и электродиализного обессоливания

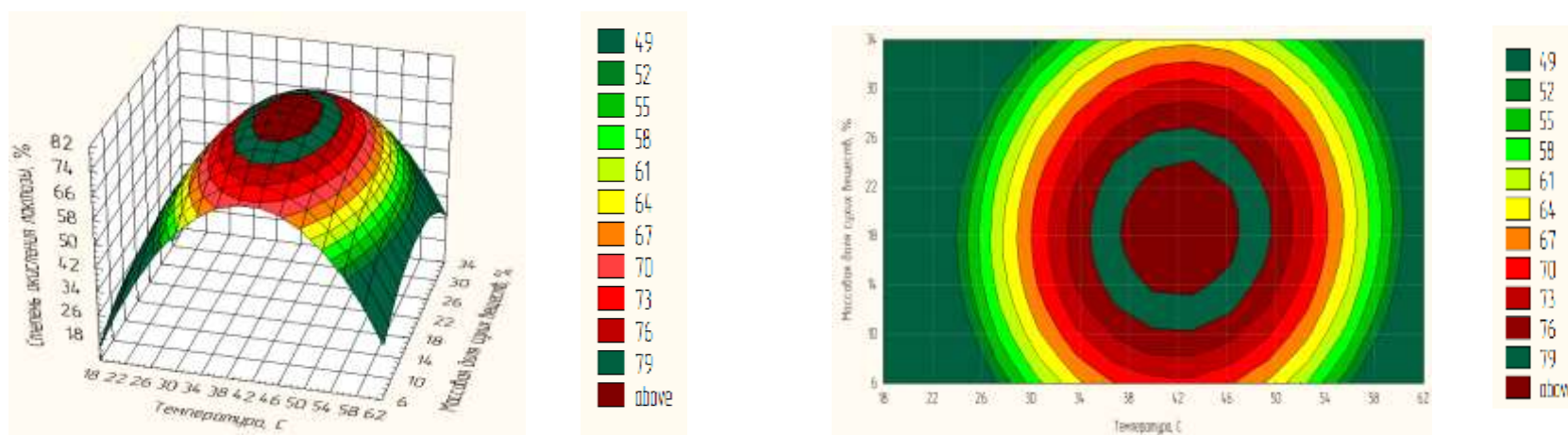
Сырье	Массовая доля, %				Доброкачественность, %
	сухих веществ	лактозы	белка	зола	
Исходная сыворотка	6,21±0,05	4,87±0,02	0,78±0,02	0,54±0,04	78,5±0,1
УФ пермеат	5,58±0,04	4,81 ±0,01	0,05±0,03	0,50±0,02	86,2±0,2
НФ ретентат	20,5±0,5	18,05±0,05	0,11±0,05	1,77±0,05	88,04±0,03
Деминерализованный НФ ретентат	18,0±1,2	17,8±0,2	0,08±0,02	0,07±0,01	98,0±1,0

Доброкачественность (чистота) полученного пермеата составила 98±1%, что удовлетворяет условиям получения лактобионовой кислоты электрохимическим окислением лактозы.

## Этап II. Закономерности электрохимического окисления лактозы в лактозосодержащем сырье глубокой очистки

На научно-технической базе спланированных и осуществленных в специально созданной модельной установке экспериментов на чистой лактозе пищевой категории качества было изучено влияние технологических факторов (температуры и массовой доли сухих веществ) на степень окисления лактозы в очищенной (пермеат) подсырной сыворотке промышленных выработок молочного комбината «Ставропольский» по алгоритму двухфакторного эксперимента.

Сопоставление поверхности отклика выходного параметра и его сечений (рисунок 2) позволило установить область оптимальных параметров процесса, при которых достигается степень окисления лактозы не менее 80%: температура – от 32,5 до 43,5°C; массовая доля сухих веществ – от 13 до 23,5%.



а) поверхность отклика выходного параметра  $Y_L$  в зависимости от температуры и массовой доли сухих веществ;

б) сечение поверхности отклика выходного параметра  $Y_L$

Рисунок 2 – Сопоставление поверхности отклика выходного параметра и его сечений

Для сужения диапазона оптимальных параметров процесса, при которых степень окисления лактозы достигает не менее 80 % от исходной концентрации, была построена диаграмма рассеивания значений выходного параметра. Оптимальные значения исследуемых факторов с учётом анализа диаграммы составили: температура –  $40\pm 2^\circ\text{C}$ ; массовая доля сухих веществ –  $20\pm 2\%$ .

### **Этап III. Разработка наилучшей доступной технологии (НДТ) лактобионовой кислоты**

С учетом определения и подготовки исходного лактозосодержащего сырья промышленного назначения (подсырной сыворотки) и оптимальных параметров процесса синтеза на кластерном нанобиотехнологическом уровне разработана технологическая схема производства лактобионовой кислоты, которая приведена на рисунке 3.

Реализация предложенной схемы процесса позволяет получать растворимую среднюю соль лактобионата кальция. Для выделения лактобионовой кислоты проводится обменная реакция взаимодействия лактобионата кальция с щавелевой кислотой. Осадок оксалата кальция выделяют на фильтре, после чего раствор лактобионовой кислоты сгущают до содержания сухих веществ 40% и сушат на распылительной сушилке при температуре 50-60°C. После сушки кристаллическая лактобионовая кислота (ангидрид) направляется на расфасовку.

Физико-химические показатели качества опытных образцов готового (товарного) продукта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества опытных образцов лактобионовой кислоты

Наименование показателя	Значение
Массовая доля лактобионовой кислоты, %	$98,0\pm 0,2$
Массовая доля воды, %	$1,8\pm 0,2$
Массовая доля золы, %	$0,09\pm 0,01$
pH 10%-ного водного раствора	$2,3\pm 0,1$
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1 \cdot 10^2$
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 10 г продукта	не обнаружены

Уникальные физико-химические свойства лактобионовой кислоты обусловили её достаточно широкое применение. Основными потребителями этой кислоты являются фармакопоя, медицинская промышленность, косметология и др. Оригинальной областью применения лактобионовой кислоты в пищевой промышленности в ряде зарубежных стран является производство сыров, где ее соли (лактобионаты) являются пищевыми добавками группы «Антиоксиданты»

Проведенные Грицаевой М.В. [3] специально поставленные исследования по изучению кислотообразующего, антибактериального и антагонистического эффекта полученной лактобионовой кислоты подтвердили эффективность ее использования в пищевой индустрии АПК, в т.ч. молочном деле.

**Заключение.** 1. В рамках Технологического Прорыва молочной отрасли пищевой индустрии АПК предлагается масштабировать (внедрить) новый импортозамещающий продукт с явно выраженной возможностью экспорта. 2. «Жизненный цикл» лактобионовой кислоты, как товара, в нашей стране только обозначен. В целом эта кислота, с точки зрения современного маркетинга, вполне обоснованно имеет широкое поле деятельности, может занять достойное место на отечественном рынке и найдет постоянное применение в пищевой промышленности, медицине, косметологии.

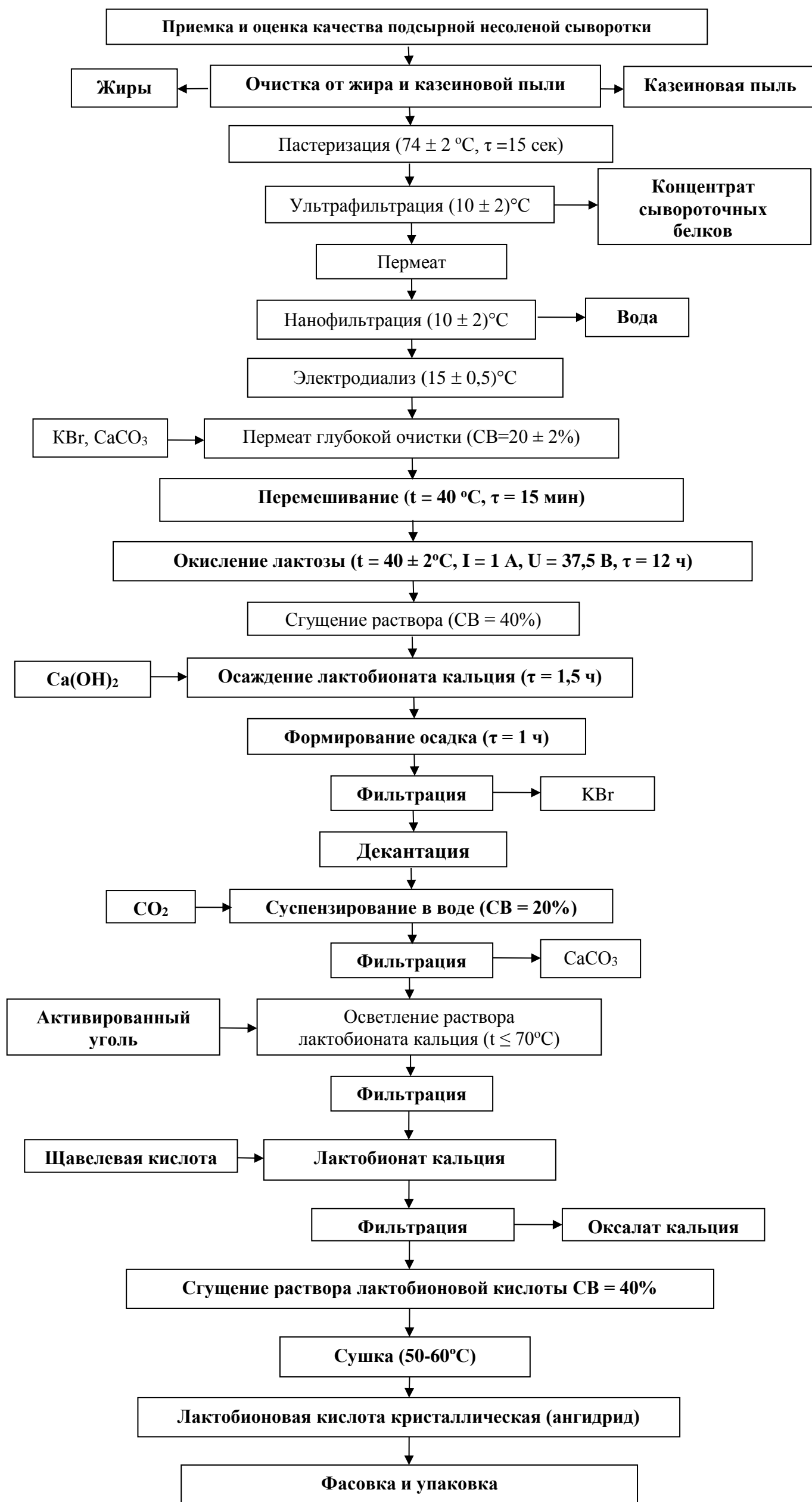


Рисунок 3 – Принципиальная схема получения лактобионовой кислоты кристаллической

1. Горлов, И.Ф. 100 инновационных технологий производства продуктов животноводства: монография / И.Ф. Горлов. – М.: Вестник РАСХН, 2013. – 399 с.
2. Горлов, И.Ф. Инновационные аграрно-пищевые технологии, как основа развития АПК России / И.Ф. Горлов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 1 (1). – С. 7-12.
3. Грицаева, М.В. Исследование химико-технологических закономерностей процесса окисления лактозы с целью разработки технологии лактобионовой кислоты: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07 / Грицаева Марина Витальевна. – Ставрополь: Северо-Кавказский государственный технический университет, 2011. – 155 с.
4. ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции». – М.: Бюро НДТ, 2017. – 190 с.
5. Левитская, А.А. Организационные и научно-технические предпосылки комплексного федерального проекта по получению и применению высококачественной лактозы – природного пребиотика животного происхождения: доклад / А.А. Левитская, С.В. Анисимов, А.Г. Храмцов, И.А. Евдокимов, Г.С. Анисимов // Молекулярно-генетические и биотехнологические основы получения и применения синтетических и природных биологически активных веществ (Нарочанские чтения-11): мат. междунар. науч.-практ. конф. – Минск-Ставрополь: БелГУ, СКФУ, 2017. – С. 238-243.
6. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
7. Продовольственная независимость России / под ред. академика РАН Гордеева А.В. – М.: Технология ЦД, 2016. – 1164 с.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. И.С. Егорова. – М.: МГУ, 1995. – 37 с.
9. Рябцева, С.А. Технология лактулозы / С.А. Рябцева. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 232 с.
10. Серов, А.В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Серов Александр Владимирович. – Ставрополь, 2004. – 307 с.
11. Храмцов, А.Г. Инновационные приоритеты и практика технологической платформы модернизации молочной отрасли АПК: монография / А.Г. Храмцов. – Воронеж: Отдел полиграфии ФГБОУ ВПО ВГУИТ, 2015. – 260 с.
12. Храмцов, А.Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхоз сырья. Общие положения / А.Г. Храмцов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 2 (2). – С. 15-20.
13. Храмцов, А.Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхоз сырья. Гидролизаты лактозы / А.Г. Храмцов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 3 (3). – С. 14-19.
14. Храмцов, А.Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхоз сырья. Лактулоза / А.Г. Храмцов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 4 (4). – С. 22-31.
15. Abbadi, A. Selective Chemo-Catalytic Oxidation of Lactose and of Lactobionic Acid towards 1-Carboxylactulose (2-keto-Lactobionic Acid) / A. Abbadi [et. al.] // Appl. Catal. A: General. – 1997. – Vol. 156. – P. 105-115.
16. Agusti, R. Lactose derivatives are inhibitors of Trypanosoma cruzi trans-sialidase activity toward conventional substrates in vitro and in vivo / R. Agustí [et. al.] // J. Biol. Chem. – 2004. – P. 123-146.
17. Berardesca, E. Alpha-hydroxy acids modulate stratum corneum barrier function / E. Berardesca [et al.] // J. Dermatol. – 1997. – Vol. 137:934-8.
18. Gerling, K.-G. Large-scale production of lactobionic acid – use and new applications / K.-G. Gerling // International Dairy Federation Whey Proceedings of the second International Whey Conference, held in Chicago, USA, 27-29 Oct. 1997. – P. 251-261.
19. Roelfmma, W.A. Chemical reception's reactions of lactose derivatives / W.A. Roelfmma, B.F. Kuster // Netherlands Milk Dairy J. – 1998. – № 42. – P. 469-483.
20. Saarela, M. The effect of lactose derivatives lactulose, lactitol and lactobionic acid on the functional and technological properties of potentially probiotic Lactobacillus strains / M. Saarela, K. Hallamaa // International Dairy Journal. – 2003. – Vol. 13. – P. 291-302.



21. Timmermans, Whey: Proceedings of the 2nd Int'l Whey Conf., Int'l Dairy Federation, Chicago, October 1997. –P. 233-249.
22. US Patent No 5779939, C23F 11/00. Corrosion preventing composition comprising lactobionic acid amides / Solvay Deutschland GmbH (Hanover, DE). Prior Feb. 13, 1995. Pat. Jul. 14, 1998.
23. US Patent No 20040151802, A23C 009/12. Process for manufacturing cheeses and other dairy products and products thereof / Kraft Foods R & D, Inc. Prior November 6, 2003. Pat. August 5, 2004.
24. US Patent No 10585524, A 23L 1/325. Meat based food product comprising lactobionic acid / [Novozymes North America, Inc.](#) Prior 07.07.2006. Publication 27.08.2009.

### References

1. Gorlov, I.F. 100 innovacionnyh tekhnologij proizvodstva produktov zhivotnovodstva: monografiya / I.F. Gorlov. – M.: Vestnik RASKHN, 2013. – 399 s.
2. Gorlov, I.F. Innovacionnye agrarno-pishchevye tekhnologii, kak osnova razvitiya APK Rossii / I.F. Gorlov // Agrarno-pishchevye innovacii. – 2018. – № 1 (1). – S. 7-12.
3. Gricaeva, M.V. Issledovanie himiko-tekhnologicheskikh zakonomernostej processa okisleniya laktozy s cel'yu razrabotki tekhnologii laktobionovoj kisloty: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.04, 05.18.07 / Gricaeva Marina Vital'evna. – Stavropol': Severo-Kavkazskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2011. – 155 s.
4. ITS 45-2017 «Proizvodstvo napitkov, moloka i molochnoj produkcii». – M.: Byuro NDT, 2017. – 190 s.
5. Levitskaya, A.A. Organizacionnye i nauchno-tekhnicheskie predposylki kompleksnogo federal'nogo proekta po polucheniyu i primeneniyu vysokokachestvennoj laktozy – prirodno prebiotika zhivotnogo proiskhozhdeniya: doklad / A.A. Levitskaya, S.V. Anisimov, A.G. Hramcov, I.A. Evdokimov, G.S. Anisimov // Molekulyarno-geneticheskie i biotekhnologicheskie osnovy polucheniya i primeniya sinteticheskikh i prirodnyh biologicheskii aktivnyh veshchestv (Narochanskije chteniya-11): mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Minsk-Stavropol': BelGU, SKFU, 2017. – S. 238-243.
6. Lur'e, YU.YU. Spravochnik po analiticheskoj himii / YU.YU. Lur'e. – M.: Himiya, 1989. – 448 s.
7. Provol'stvennaya nezavisimost' Rossii / pod red. akademika RAN Gordeeva A.V. – M.: Tekhnologiya CD, 2016. – 1164 s.
8. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii / pod red. I.S. Egorova. – M.: MGU, 1995. – 37 s.
9. Ryabceva, S.A. Tekhnologiya laktulozy / S.A. Ryabceva. – M.: DeLi print, 2003. – 232 s.
10. Serov, A.V. Teoreticheskoe obosnovanie i ehksperimental'nye issledovaniya himiko-tekhnologicheskikh problem polucheniya, opredeleniya i ispol'zovaniya laktozy i ee proizvodnoj laktulozy : dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.18.04 / Serov Aleksandr Vladimirovich. – Stavropol', 2004. – 307 s.
11. Hramcov, A.G. Innovacionnye priority i praktika tekhnologicheskoi platformy modernizacii molochnoj otrasli APK: monografiya / A.G. Hramcov. – Voronezh: Otdel poligrafii FGBOU VPO VGUI, 2015. – 260 s.
12. Hramcov, A.G. Tekhnologicheskij proryv agrarno-pishchevyh innovacij molochnogo dela na primere universal'nogo sel'hozsyr'ya. Obschie polozheniya / A.G. Hramcov // Agrarno-pishchevye innovacii. – 2018. – № 2 (2). – S. 15-20.
13. Hramcov, A.G. Tekhnologicheskij proryv agrarno-pishchevyh innovacij molochnogo dela na primere universal'nogo sel'hozsyr'ya. Gidrolizaty laktozy / A.G. Hramcov // Agrarno-pishchevye innovacii. – 2018. – № 3 (3). – S. 14-19.
14. Hramcov, A.G. Tekhnologicheskij proryv agrarno-pishchevyh innovacij molochnogo dela na primere universal'nogo sel'hozsyr'ya. Laktuloza / A.G. Hramcov // Agrarno-pishchevye innovacii. – 2018. – № 4 (4). – S. 22-31.
15. Abbadi, A. Selective Chemo-Catalytic Oxidation of Lactose and of Lactobionic Acid towards 1-Carboxylactulose (2-keto-Lactobionic Acid) / A. Abbadi [et. al.] // Appl. Catal. A: General. – 1997. – Vol. 156. – P. 105-115.

16. Agusti, R. Lactose derivatives are inhibitors of Trypanosoma cruzi trans-sialidase activity toward conventional substrates in vitro and in vivo / R. Agustí [et. al.] // J. Biol. Chem. – 2004. – P. 123-146.
17. Berardesca, E. Alpha-hydroxy acids modulate stratum corneum barrier function / E. Berardesca [et al.] // J. Dermatol. – 1997. – Vol. 137:934-8.
18. Gerling, K.-G. Large-scale production of lactobionic acid – use and new applications / K.-G. Gerling // International Dairy Federation Whey Proceedings of the second International Whey Conference, held in Chicago, USA, 27-29 Oct. 1997. – P. 251-261.
19. Roelfmma, W.A. Chemical reception's reactions of lactose derivatives / W.A. Roelfmma, B.F. Kuster // Netherlands Milk Dairy J. – 1998. – № 42. – P. 469-483.
20. Saarela, M. The effect of lactose derivatives lactulose, lactitol and lactobionic acid on the functional and technological properties of potentially probiotic Lactobacillus strains / M. Saarela, K. Hallamaa // International Dairy Journal. – 2003. – Vol. 13. – P. 291-302.
21. Timmermans, Whey: Proceedings of the 2nd Int'l Whey Conf., Int'l Dairy Federation, Chicago, October 1997. –P. 233-249.
22. US Patent No 5779939, C23F 11/00. Corrosion preventing composition comprising lactobionic acid amides / Solvay Deutschland GmbH (Hanover, DE). Prior Feb. 13, 1995. Pat. Jul. 14, 1998.
23. US Patent No 20040151802, A23C 009/12. Process for manufacturing cheeses and other dairy products and products thereof / Kraft Foods R & D, Inc. Prior November 6, 2003. Pat. August 5, 2004.
24. US Patent No 10585524, A 23L 1/325. Meat based food product comprising lactobionic acid / Novozymes North America, Inc. Prior 07.07.2006. Publication 27.08.2009.

E-mail: akhramtcov@ncfu.ru