Лактоза и ее производные

А. Г. Храмцов
Российская академия сельскохозяйственных наук

Лактоза (молочный сахар) присутствует в молоке всех видов млекопитающих. Первые сведения о лактозе известны с 1583 г. и принадлежат алхимику А. Турнейссеру [1]. Считается [2], что в 1615–1633 гг. итальянский монах Ф. Бертолетти получал сгущением сыворотки молока «манну» – кашицеобразную массу как «важнейшую соль сыворотки (молока)». В 1694 г. венецианский врач Л. Тести ввел в обиход употребление термина «молочный сахар». Известный химик К. Шелле (1780 г.) установил, что молочный сахар относится к углеводам, и внес его в этот ряд под названием «лактоза» (lactose). Долгое время считали, что лактоза находится только в молоке, однако в настоящее время этот дисахарид обнаружен в некоторых грибах и пыльце растений [3]. А недавно появилась информация о наличии лактозы в отдельных видах растительного мира, в частности, амаранте [4].

С генетической точки зрения в соответствии с теорией адекватного питания и трофологией лактозу следует рассматривать в качестве сахара жизни, как природой данной составляющую секрета (молока) млекопитающих и человека. Она, как и все углеводы, стоит в начале и конце возобновляемых потоков энергии и энтропии, проходящих через биосферу. Лактоза в цикле жизненного метаболизма выполняет в организме не только энергетические, но и пластические, иммунные и, возможно, другие, пока не выявленные, функции. По образному выражению выдающегося физиолога XX века, лауреата Нобелевской премии, академика И.П. Павлова, лактозу следует рассматривать в качестве одного из трех основных компонентов «изумительной пищи, приготовленной самой природой». Составляющие лактозу монозы также играют важную физиологическую роль в организме, особенно новорожденного: глюкоза обеспечивает синтез резервного углевода – гликогена (энергетического «сейфа» организма), а галактоза – ганглиозидов мозга.

Биологический синтез лактозы в альвеоле самок млекопитающих является предметом исследований биологов и животноводов [3]. Установлено, что здоровье и содержание лактозы лактирующей самки взаимосвязаны и могут служить в геномике определенным тестом «жизнеутверждения».

Химический синтез лактозы пока лежит в портфеле возможных инновационных прорывов XXI века и ждет своего исследователя. Поэтому единственным источником сахара жизни может быть только молочное, лактозосодержащее сырье (ЛСС). Это достояние и в какой-то мере резерв молочного дела, которое человечеству еще предстоит оценить!

Состав, свойства, биоценоз лактозы и ее растворов достаточно хорошо изученны [5, 6]. В последнее время определена конформация ее аномеров, сделаны расчеты торсионных углов и валентных связей для прогноза химической устойчивости в плане синтеза производных [7]. В то же время поле деятельности физиков, химиков, биологов и технологов в данной области бесконечно – от загадки соотношения аномерных форм, например в коровьем и женском молоке, до аномалий растворимости, кристаллизации и информационной емкости.

Ресурсы лактозы в производимом на нашей планете молоке (более 600 млн т в год) составляют около 27 млн т (сахароза на уровне 100 млн т). В лактозосодержащем сырье (молочной сыворотке – более 100 млн т в год) содержится примерно 4,5 млн т лактозы – это потенциал сырья для производства молочного сахара.

Извлечение лактозы из лактозосодержащего сырья не является секретом (было закрыто в период организации производства антибиотиков) [8]. В мире освоено многотоннажное производство. На рис. 1 приведена операторная модель получения высококачественного (рафинированного, фармакопейного) молочного сахара, принятая в настоящее время в мире.

Степень извлечения лактозы по данной схеме не превышает 70 %. Интен-

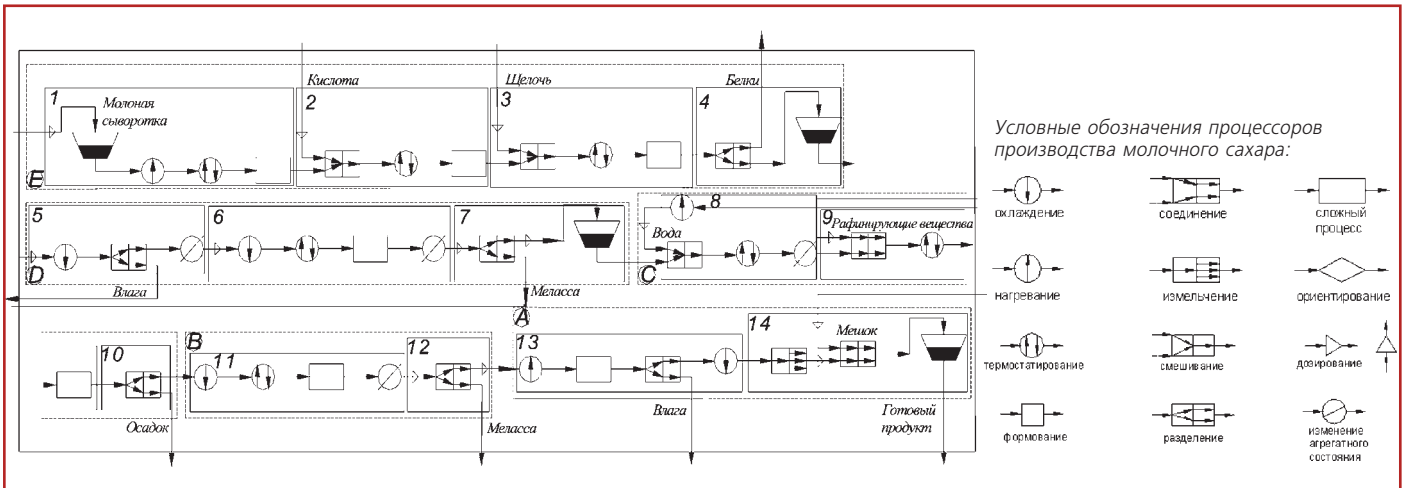


Рис. 1. Операторная модель технологии получения высококачественного молочного сахара
Обозначение подсистем: A – формирование готового продукта с заданными физико-химическими и органолептическими показателями; B – получение влажных кристаллов заданного состава; C – получение очищенного раствора молочного сахара заданного состава; D – получение влажных кристаллов молочного сахара заданного состава; E – получение очищенной сыворотки заданного состава.
Обозначение операторов: 1 – тепловая денатурация белковой сыворотки; 2 – тепловая денатурация сывороточных белков с подкислением; 3 – тепловая денатурация сывороточных белков с раскислением; 4 – выделение осажденных сывороточных белков; 5 – сгущение очищенной сыворотки; 6 – кристаллизация лактозы в сгущенной сыворотке; 7 – выделение влажных кристаллов; 8 – растворение влажных кристаллов; 9 – рафинация раствора лактозы; 10 – отделение рафинирующих веществ; 11 – кристаллизация очищенного раствора лактозы; 12 – выделение влажных кристаллов; 13 – сушка влажных кристаллов; 14 – расфасовка и упаковка готового продукта

сивная технология способом распылительной сушки, позволяющая довести степень извлечения лактозы из лактозосодержащего сырья до 90–95 %, требует промышленного воплощения. Молекулярно-ситовая фильтрация и биотрансформация ждут своего исследователя, особенно в практическом плане. В портфеле инноваций перспективных технологий находятся лактозаты, исследованные в школе проф. Я.С. Зайковского (ОмСХИ, 40-е годы XX века) [9], затем в докторской диссертации М. С. Коваленко (ЛТИХП, 60-е годы XX века) [10]. Отдельная тема – полное и рациональное использование побочных (казеиновая пыль, подсырные сливки, сывороточные белки) и промежуточных (конденсат, меласса, «лепешка» с фильтр-пресса, минерализат) продуктов. Следует подчеркнуть, что организация получения лактозы на принципах безотходной технологии решает экологические проблемы законченного цикла промышленной обработки молочного сырья.

Производные лактозы всегда были в технологиях живых систем (желудочно-кишечный тракт) [11] и ферментированных (кисломолочных) продуктах – напитках, сыре, твороге, сметане [12]. Ренессанс получения производных – олигосахаридов – начался со средины XX века, особенно это относится к лактулозе, на которой целесообразно остановиться отдельно.

В таблице приведена систематизированная информация по возможным производным лактозы (П).

Из производных лактозы в мире наиболее известны лактулоза и глюкозо-галактозный сироп. Лактитол, лактосахароза, галактоолигосахариды и еще некоторые производные пока малоизвестны даже профессионалам. Просятся в жизнь йод-, селен- и серосодержащие производные, заслуживает внимания синтез этанола и лактозилмочевины. Селектины лактозы – бактериоцины, фукоза, тагатоза и лактобионовая кислота уже сегодня востребованы на мировом рынке. При этом считается, что экономический потенциал производных лактозы не только окупает затраты на их создание, но и компенсирует все издержки на исходное сырье.

Жизненный цикл лактулозы начался в середине XX века и имеет тенденцию к расширению. Создан международный орган по ее использованию – ILAG.

Механизм реагентной и безреагентной трансформации лактозы (альдозы) в лактулозу (кетозу) подробно изучен – нанотехнология биокластеров на протонном уровне, оценен с точки зрения энергии активации по формуле Аррениуса и описан персептроном множественности по методологии «нейронных сетей – искусственного интеллекта» [7, 13, 14].

В виртуальных опытах достигнута степень изомеризации на уровне 95 %. В перспективе биотрансформация и направленное тепло-электро-физическое воздействие на молекулу молочного сахара, например, лучом лазера в растворах лактозы и молочном сырье.

На рис. 2 приведена блок-схема алгоритма технологии получения лактулозы на примере концентратов «Лактулак».

По аналогии построена и реализована технология получения кормовых добавок нового поколения с бифидус-фактором лактулозой бренда «БИКОДО». В мире известны десятки оригинальных (ноу-хау) способов получения концентратов лактулозы в жидком и сухом видах – «Нормаза», «Дюфалак», «Лактусан», «Алкософт», «Лазет», «Лаэль» и др.

Проблемы и перспективы получения других производных лактозы, как это было указано выше, ждут своего решения в научном поиске и особенно на практике.

Использование получаемой лактозы (молочного сахара), в производимом ежегодно в мире молоке, может быть систематизировано по следующим направлениям: вскармливание новорожденных млекопитающих (детенышей); производство (получение) молочных продуктов; использование молочных продуктов в питании человека; производство кормовых средств для сельскохозяйственных животных и птиц; использование кормовых средств для сельскохозяйственных животных и птиц; производство и использование молочного сахара (лактозы); получение и использование производных молочного сахара (лактозы).

Систематизация производных лактозы (П)

№ п.п.	Наименование	Индекс, №
1	Глюкозо-галактозные сиропы	– П-1
2	Галактоза	– П-2
3	Тагатоза	– П-3
4	Фукоза	– П-4
5	Лактулоза	– П-5
6	Лактитол	– П-6
7	Лактосахароза	– П-7
8	Галактоолигосахариды	– П-8
9	Лактозил-мочевина (карбамид, уреид)	– П-9
10	Лактозаты	– П-10
11	Лактобионовая кислота	– П-11
12	Молочная кислота	– П-12
13	Лактаты (аммония, кальция и др.)	– П-13
14	Лактид	– П-14
15	Дульцит	– П-15
16	Лимонная кислота	– П-16
17	Этанол	– П-17
18	Уксусная кислота	– П-18
19	Глюконовая кислота	– П-19
20	Слизевая кислота	– П-20
21	Галактоновая кислота	– П-21
22	Метан	– П-22
23	Бактериоцины	– П-23
24	Антиоксиданты	– П-24
25	Антибиотики (низин А и др.)	– П-25
26	Дрожжи, в том числе лизаты (кормовые, пищевые и медицинские)	– П-26
27	Микробная масса, в том числе лизаты (кормовые, пищевые и медицинские)	– П-27
28	Плесени	– П-28
29	Эпилактоза (2, 3 и др.)	– П-29
30	Неолактоза	– П-30
31	Октанитрат лактозы	– П-31
32	Лактозиды (арил-, бензил-, миристил-, холестерил-, дезоксикортикостерил, теофимин, теобромин, морфин и др., N-, S-, Se- и др.)	– П-32
33	Фукозидолактоза (фукозиллактоза)	– П-33
34	Лакто-N-тетраоза	– П-34
35	Олигосахариды лактозы с сиаловой кислотой (антивирусы гриппа и холеры)	– П-35
36	Дисиалилфукозил-лакто-N-гексаоза	– П-36
37	Галактозиллактоза (метил-, пентабензоат-, и др.)	– П-37
38	Селектины лактозы	– П-38
39	Детерминаты лактозы для систем Льюиса А, В и О	– П-39
40	Лактозаны (левоглюкозан и др.)	– П-40
41	Дезоксилактоза (моно-, ди-, три-)	– П-41
42	Тиолактоза	– П-42
43	Аллолактоза	– П-43
44	Тиолактозан	– П-44
45	ПАВ на основе лактозы (жиросахара)	– П-45
46	Витамины биоконверсией лактозы (группа В и др.)	– П-46
47	Ферменты биоконверсией лактозы, в том числе бета-галактозидаза (лактаза)	– П-47
48	Протеины биоконверсией лактозы дрожжами (кормовые и пищевые)	– П-48
49	Липиды биоконверсией лактозы	– П-49

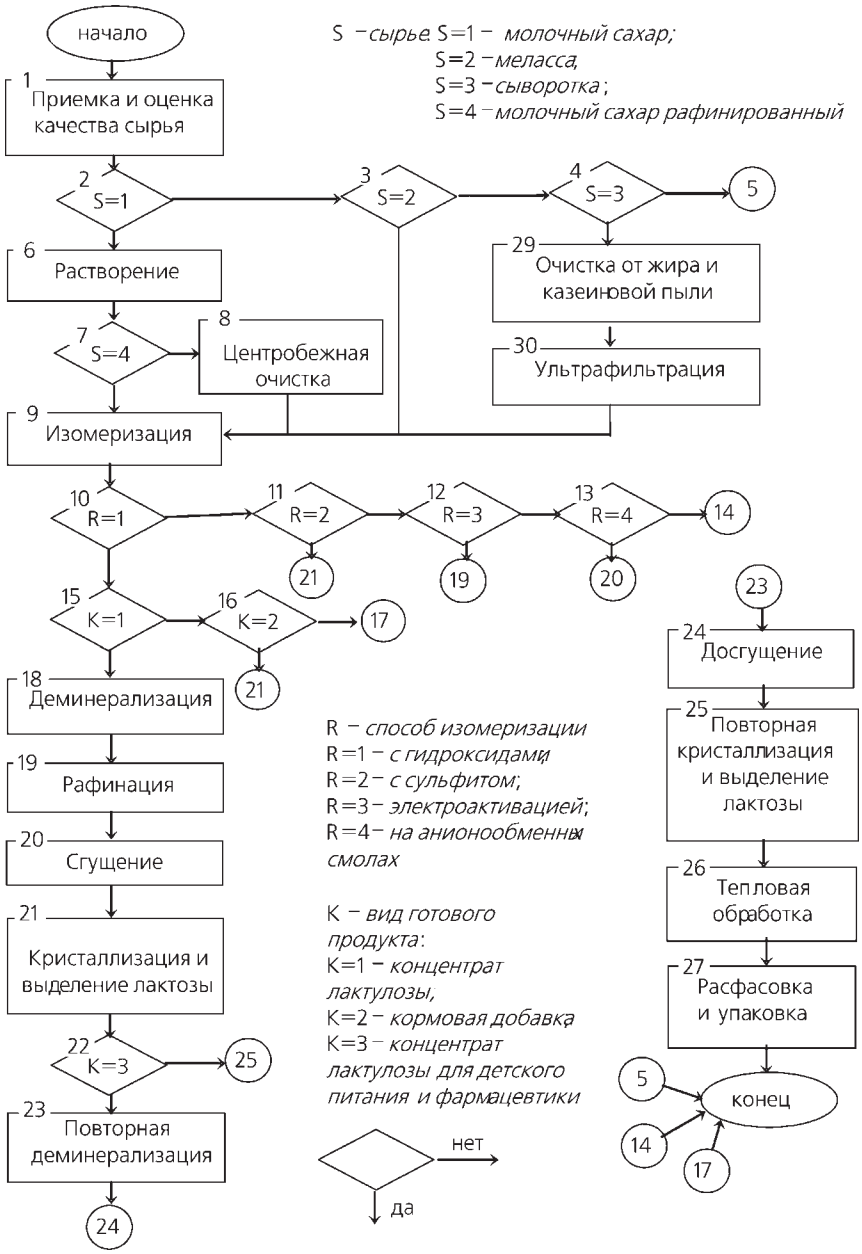


Рис. 2. Блок-схема алгоритма технологии получения лактулозы на примере концентратов «Лактулак»

В принципе прямое отношение к молочной промышленности из семи направлений имеют три (2, 6, 7), непосредственно связано еще одно (4) и опосредовано остальные три (1 – заменители, 3 – торговля, 5 – подсобные животноводческие хозяйства). Следовательно, кадровое, научное и информационное обеспечение отрасли должны быть ориентировано на всю гамму возможных направлений получения лактозы из молочного сырья, что особенно важно в условиях глобализации мирового хозяйства, а для России – вступления в ВТО и интеграции в ЕЭС.

Использование лактозы и ее производных – отдельная, самостоятельная и достаточно объемная тема для исследователей и практиков различных отраслей. Лактозу можно использовать для приготовления огромного количества лекарств. Перспективно получение лактитола и лактосахарозы как альтернативы «белой смерти» – сахарозе. Лактулоза может рассматриваться аналогично фильтрам сигарет в качестве «порога безопасности» существующего зла человечества – алкоголя. Биоинформационные таблетки на основе кристаллической решетки лактозы или лактулозы в принципе могут изменить наше представление о медпрепаратах. А биочип кристалла аномера лактозы (по информации профессионалов) может вместить всю библиотеку конгресса США. И наконец, как возобновляемый побочный ресурс природного сырья лактоза может рассматриваться в качестве альтернативы исчезающих энергоресурсов – для синтеза биотоплива.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горбатова К.К.* Химия и физика молока: Учеб. для вузов. – СПб.: ГИОРД, 2004.

2. *Bhatt R.S., Hough L., Richardson A.C.* The Chemistry of Cellobiose and Lactose. Part 7. Selective Benzoylation of Methyl в-Lactoside//J. of the Chemical Society. Perkin Transaction 1.Organic and Bio-organic Chemistry. 1977. V. 18. P. 2001–2005.

3. *Данилова Л.Ф.* Углеводы молока. – Л: МСХ СССР, 1979.

4. *Зобкова З.С., Щербакова С.А.* Принципы технологии экстрагирования функциональных ингредиентов амаранта, используемых при производстве кисломолочных продуктов/Тезисы международного симпозиума ММФ «Лактоза и ее производные» и региональной конференции ММФ «Кисломолочные продукты – технология и питание». – М.: Н НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007.

5. *Полянский К.К., Шестов А.Г.* Кристаллизация лактозы: физико-химические основы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995.

6. *Храмцов А.Г.* Молочный сахар. – М.: Агропромиздат, 1987.

7. *Серов А.В.* Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы: Дисс. … д-ра техн. наук. – СевКавГТУ, 2004.

8. *Евдокимов И.А.* Научно-технические основы интенсивной технологии молочного сахара: Дисс. … д-ра техн. наук. – Ставрополь, 1997.

9. *Зайковский Я.С.* Химия и физика молока и молочных продуктов. – М.: Пищепромиздат, 1950.

10. *Коваленко М.С.* Научно-технические основы технологических процессов получения α- и β-форм молочного сахара из сыворотки: Дисс. … д-ра техн. наук. – Л., 1954.

11. *Уголев А.М.* Естественные технологии биологических систем. – Л.: Наука, 1987.

12. *Рогов И.А., Титов Е.И., Ганина В.И. и др.* Синбиотики в технологии продуктов питания. – М.: МГУПБ, 2006.

13. *Рябцева С.А.* Разработка физико-химических основ технологии лактулозы: Дисс…д-ра техн. наук. – Ставрополь, 2001.

14. *Садовой В.В.* Совершенствование технологических процессов и оптимизация рецептурных композиций в пищевой промышленности. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2004.