

П.М. Силин

Технология сахара

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
П11

П11 **П.М. Силин**
Технология сахара / П.М. Силин – М.: Книга по Требованию, 2013. – 626 с.

ISBN 978-5-458-49148-8

ISBN 978-5-458-49148-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ЛИТЕРАТУРА ОБЩАЯ

1. Зуев М. Д. Энциклопедия свеклосахарного производства. Т. I—7. Киев, 1924—1928.
 2. Силин П. М. Технология свеклосахарного и рафинадного производства. Пищепромиздат, 1958.
 3. Hopig P. Principles of sugar technology, I, 1953; II, 1959, III, 1963.
Русский перевод: Хониг П. Принципы технологии сахара. Пищепромиздат, Ч. I, 1961; Ч. II, 1965.
 4. Азрилевич М. Я. Оборудование свеклосахарных заводов. Изд-во «Пищевая промышленность», 1964.
 5. Sandera K., Stehlik V., Drachovská M., Sá z a v s k ý V. Zaklady cukrovarnictvi, Praha, I, 1955; II, 1957; III, 1961.
 6. Mc. Ginnis R. A. Beet—Sugar Technology, New York, 1951.
Русский перевод под редакцией Г. С. Бенина. Пищепромиздат, 1958.
 7. Dubourg J. Sucrerie de betterave, Paris, 1952.
 8. Kollektiv. Technologie des Zuckers, Hannover, 1955.
Русский перевод под редакцией П. М. Силина. Пищепромиздат, 1958.
 9. Силин П. М. Вопросы технологии сахаристых веществ. Пищепромиздат, 1950.
 10. Sušić S. K., Guralj E. M. Osnovi Tehnologije Sećera, Beograd, 1965.
 11. Головин П. В. и Герасименко А. А. Химия и технология свеклосахарного производства, 1964.
 12. Силин П. М., Силина Н. П. Химический контроль свеклосахарного производства. Пищепромиздат, 1960.
- Прочие указания литературы даны к каждому разделу.

УКАЗАТЕЛЬ СОКРАЩЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЖУРНАЛОВ

- СП — Сахарная промышленность.
Сов. сах. — Советский сахар.
ВХТИ — Труды Воронежского или Ленинградского химико-технологического института пищевой промышленности.
ВСП — Вестник сахарной промышленности.
ВЦП — Вісник цукрової промисловості.
Ж — Журнал сахарной промышленности.
НЗ — Научные записки по сахарной промышленности или Записки научно-исследовательской кафедры технологии сельскохозяйственных производств.
B — Bulletin de l'Association des Chimistes de Sucrerie.
Z — Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zuckerindustrie или Zeitschrift der Wirtschaftsgruppe Zuckerindustrie или Zucker.
ZZ — Zeitschrift für die Zuckerindustrie.
LC — Listy Cukrovarnicke.
GC — Gazeta Cukrownicza.
CR — Cukoripar.
ISJ — International Sugar Journal.
F — Facts about Sugar или Sugar.
Tsch — Zeitschrift für die Zuckerindustrie der Tschechoslovakischen Republik.
ZB — Zeitschrift für die Zuckerindustrie in Böhmen.
IECH — Industrial and Engineering Chemistry.

РОЛЬ УГЛЕВОДОВ И САХАРОЗЫ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

Для нормального питания человека, не обремененного большой физической работой, требуется в сутки следующее количество основных питательных веществ: белков 102 г, жиров 97 г и углеводов 410 г [1].

Следовательно, углеводы составляют большую часть (более 67%) пищи человека. Теплота сжигания (калорийность) 1 г белка — 4,8 ккал (20,1 кдж), 1 г жира — 9,3 ккал (38,9 кдж) и 1 г углеводов — 4 ккал (16,8 кдж). По калорийности углеводы уступают белкам и особенно жирам. Но в суточном рационе человека суммарная калорийность углеводов составляет все же около 55%. Именно углеводы являются основным источником энергии для организма человека.

Главный углевод в питании человека — крахмал (в хлебном зерне, в картофеле и т. п.) — для усвоения в организме должен быть прежде всего осахарен и переведен в раствор ферментами слюны и желудочного сока, на что требуется время. Крахмал по сравнению с растворимым углеводом — сахарозой, т. е. обычным сахаром, переваривается и усваивается значительно медленнее, поэтому человек так охотно заменяет в своем питании часть крахмала сахаром, имеющим, кроме того, приятный сладкий вкус. Для быстрого восстановления затраченной энергии (при походах, спорте, большой физической работе, для больных и выздоравливающих) сахар как питательное вещество особенно ценен по скорости и легкости его усваивания.

Во вкусовом отношении, по сладости, сахароза превосходит все прочие сахара, за исключением фруктозы, которая немного слаще сахарозы.

Если сладость сахарозы принять за 100, то сладость *d*-фруктозы и *d*-глюкозы выразится следующими относительными величинами, которые, как оказалось, зависят от температуры испытания [2].

°C	<i>d</i> -фруктоза	<i>d</i> -глюкоза
18	128	58
40	100	56
60	79	33

Сравнения делались с 5%-ным раствором сахарозы. При больших концентрациях относительная сладость фруктозы еще больше убывает, что видно из следующих данных для фруктозы, полученных при комнатной температуре.

Концентрация, %	3	5	10	20
Сладость фруктозы	130	124	121	107

Хотя фруктоза немного слаще сахарозы, но получение ее гораздо сложнее, а хранение затруднительно, так как она гигроскопична, кристаллы легко расплываются, поглощая влагу из воздуха.

Благодаря ценным пищевым, вкусовым и физическим свойствам сахара (сахар) сделалась важнейшим пищевым продуктом первой необходимости.

Быстрая усвояемость сахарозы, однако, не позволяет пользоваться ею как единственным пищевым углеводом. Сравнительно медленно переваривающийся крахмал равномернее снабжает кровь глюкозой. Потребление же сахарозы в чрезмерных дозах перегружает кровь глюкозой, которая в этом случае начинает перерабатываться в жиры, т.е. начинается ожирение организма. Поэтому считают, что, хотя и весьма целесообразно часть крахмала при питании заменять сахаром, но эта часть не должна превышать 100 г в день.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ТРОСТНИКОВОСАХАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДО XIX в.

Население древней Греции и Рима не знало сахара (сахарозы). В те времена сладким пищевым продуктом служил лишь мед.

Родиной производства сахара из сахарного тростника является Индия. Самое слово «сахар» происходит от индусского «саркара».

В средние века и в начале нового времени культура сахарного тростника из Индии распространилась в Аравию, Сирию, Египет и на о. Крит. Главным поставщиком сахара для Европы стал Египет (через Александрию). Культура сахарного тростника была перенесена также на о. Тенериф и Канарские острова, откуда сахар вывозился во Францию.

С открытием Америки Колумб завез сахарный тростник на о. Сан-Доминго. Благодаря прекрасным климатическим условиям эта культура быстро прижилась и на прочих Антильских островах (особенно на Кубе, Пуэрто-Рико), а также в Мексике и Бразилии.

В XVIII в. главным центром производства сахара были Антильские острова, а торговля сахаром почти вся находилась в руках англичан. Европа получала лишь импортный тростнико-

вый сахар; культура сахарного тростника требует тропического климата, и попытки ввести ее даже в самых южных частях Европы оказались неудачными.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В самом начале XIX в. в Европе создались условия, которые заставили искать новые источники для получения сахаристых веществ помимо сахарного тростника. Шла жестокая экономическая борьба между молодой французской и старой английской буржуазией. В борьбе с Англией Франция всячески затрудняла торговлю континентальных европейских государств с Англией, а в 1806 г. был издан декрет о так называемой континентальной блокаде, воспреещающий торговлю с Англией. Весь континент Европы (кроме России) тогда был в зависимости от Наполеона и подчинился декрету. Таким образом, Европа осталась без сахара, который ранее ввозился лишь англичанами.

В России были и свои особые причины для развития сахарного производства из какого-нибудь своего сырья. Важно было уменьшить импорт иностранных товаров и нужно было искать новые сельскохозяйственные культуры, более доходные, чем зерновые, чтобы поднять доходность помещичьего крепостного хозяйства, которое приходило все в больший упадок, оказывалось все менее рентабельным, что и явилось одной из причин ликвидации крепостного права в 1861 г. Кризис крепостного зернового хозяйства усугублялся еще и затруднениями со сбытом зерна в Западную Европу, куда начала в большом количестве поступать пшеница из Египта.

Изменившиеся экономические условия вызвали много всевозможных предложений по производству сахаристых веществ, например из винограда, арбузов, кленового сока, солода, картофеля, и из свеклы. Вспомнили, что еще в 1747 г. немецкий химик Маргграф извлек спиртом из сушеной свеклы и выкристаллизовал такой же точно сахар, какой получается из сахарного тростника.

Подбором и культурой наиболее богатого сахаром сорта свеклы, а также разработкой практического производственного способа получения из нее сахара в конце XVIII в. одновременно занимались в России Яков Степанович Есипов в подмосковном селе Никольском и в Германии Ахард (француз по происхождению) — ученик Маргграфа.

Методы свеклосахарного производства, разработанные Есиповым и Ахардом, были совершенно различны. Есипов применил метод очистки выжатого сока свеклы известью, что оказалось вполне перспективным и применяется повсюду до настоящего времени (этот метод предложен был также русским академиком Т. П. Ловицем). Ахард очищал сок тоже известью, а серной кисло-

той, что позволяло коагулировать белки и красящие вещества свеклы, но одновременно инвертировало часть сахарозы (т.е. разлагало на глюкозу и фруктозу), снижая выход кристаллического сахара. Этот метод ошибочен и от него пришлось вскоре отказаться.

Одновременно в 1802 г. появились и начали работать первые два свеклосахарных завода, построенные с субсидией от правительства: в России в с. Алябьево Тульской губернии — завод Я. С. Есипова и вступившего с ним в компанию Е. И. Бланкеннагеля; в Германии (Пруссии) — завод Ахарда. Однако последний вскоре сгорел, а в 1820 г. свеклосахарное производство в Пруссии вообще прекратилось.

Несмотря на поощрительные мероприятия правительств, новое свеклосахарное производство в Европе вначале развивалось очень медленно. Лишь приблизительно с 1830 г. это производство вступило на путь надежного непрерывного развития во всех странах Европы.

В последнее время (за 1964/65 производственный год) мировое производство сахара, считая на сахар-сырец¹, составило 63,7 млн. т, из них 28,5 млн. т свекловичного (44,8%) и 35,3 млн. т тростникового сахара (55,2%) [5].

Наибольшее количество тростникового сахара вырабатывается в следующих странах: Кубе, Бразилии, Индии, Пуэрто-Рико, Мексике, Филиппинах. Свеклосахарное производство охватывает почти все страны Европы (кроме Норвегии) и Северную Америку, кроме того, появилось в Турции, Иране, Ираке и Сирии.

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Несмотря на льготы и субсидии, новое производство сахара из свеклы развивалось медленно. В 1825 г. все еще существовало лишь два завода, оба в Тульской губернии. Но затем в связи со стремлением повысить как-нибудь рентабельность крепостного помещичьего хозяйства число сахарных заводов начало быстро увеличиваться: в 1830 г. их было уже 20, в 1840 г. — 143 и в 1860 г. — 426. Но это были главным образом весьма примитивные кустарные заводы, существовавшие лишь за счет эксплуатации бесплатного крепостного труда. Поэтому с падением крепостного права и с развитием более совершенных промышленных предприятий капиталистического, а не кустарного, помещичьего типа, с развитием техники и введением паровой силы эти мелкие заводы не выдержали конкуренции и начали закрываться.

Число сахарных заводов в России после отмены крепостного права резко уменьшилось: в 1890 г. их осталось лишь 222. Оставшиеся заводы увеличили свою производительность и преврати-

¹ Считают условно, что 100 кг сахара-сырца соответствует 90 кг белого сахара.

лись в крупные капиталистические предприятия. Количество вырабатываемого сахара продолжало непрерывно увеличиваться, несмотря на сокращение числа заводов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1
Развитие производства сахара в России и в СССР до 1938 г.

Годы (сезон)	Выработано сахара, <i>т</i>	Годы (сезон)	Выработано сахара, <i>т</i>
1802/03	5	1900/01	893000
1820/21	8	1914/15	1705340
1845/46	124000	1921/22	50290
1864/65	146000	1930/31	1781346
1890/91	466427	1937/38	2703333

Перед первой мировой войной на территории в нынешних границах СССР находилось 235 сахарных заводов, которые вырабатывали 1,7 млн. *т* сахара за производственную кампанию 1914/15 г. Это была максимальная выработка сахара в дореволюционной России.

За время первой мировой и гражданской войн производство сахара в России снизилось почти до нуля (до 3% довоенной выработки). Но затем, с 1922 г., на новых, социалистических основах сахарная промышленность СССР начала чрезвычайно быстро развиваться. В 1930/31 г. уже была превышена максимальная дореволюционная выработка сахара. Успешное выполнение двух довоенных пятилеток позволило уже в производственном 1937/38 г. выработать 2,7 млн. *т* сахара, т. е. максимальная дореволюционная выработка сахара была превзойдена в 1,6 раза, и СССР по продукции свекловичного сахара оказался на первом месте в мире.

Перед Великой Отечественной войной в СССР было 210 свеклосахарных и 17 рафинадных заводов.

Дальнейшее развитие сахарной промышленности в СССР было временно прервано нашествием немецко-фашистских захватчиков, которыми было оккупировано около 90% сахарных заводов. После Великой Отечественной войны многие сахарные заводы оказались совершенно разрушенными. В 1944/45 г. выработка сахара составила 13,2% довоенной. Предстояла трудная работа восстановления промышленности. Эта работа была блестяще завершена уже к 1950 г.

Сахарная промышленность СССР продолжает быстро развиваться. К 1958 г. она оказалась на первом месте в мире среди всех стран, вырабатывающих сахар как из свеклы, так и из тростника. Особенно грандиозные задачи были поставлены перед сахарной промышленностью СССР XXI съездом КПСС на семилетку 1959—1965 гг.

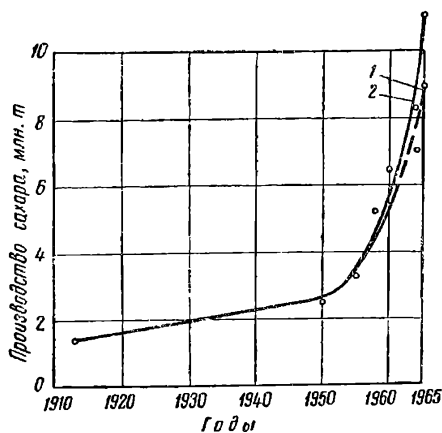


Рис. 1. Развитие производства сахара в СССР:

1 — из свеклы; 2 — всего (из свеклы и из тростникового сахара-сырца).

Диаграмма (рис. 1) показывает ход развития производства сахара в СССР [6, 7].

Следует обратить внимание на неуклонный рост производства, несмотря на непоказанные в диаграмме два пережитых периода, когда производство сахара падало почти до нуля и заводы разрушались: 1915—1920 гг. (империалистическая и гражданская войны) и 1941—1945 гг. (Великая Отечественная война). Виден также огромный подъем производства за семилетие — 1959—1965 гг.

Семилетний план развития сахарной промышленности, разработанный на основе решений XXI и XXII съездов КПСС на 1959—1965 гг., в основном был выполнен и была решена важнейшая задача **полного обеспечения** советского народа сахаром. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2
Развитие сахарной промышленности СССР за семилетку 1959—1965 гг.

Показатели	1958 г.	1965 г.	1965 г. в % к 1953 г.
Число действующих заводов на конец года	236	295	125
Мощность заводов, тыс. ц перерабатываемой свеклы в сутки	2953	5349	181
Выработка сахара-песка, тыс. т			
из свеклы	5246	8925	170
из кубинского сахара-сырца	187	2111	В 11,3 раза

Как видим, кроме сахарной свеклы, сахарный песок в 1965 г. вырабатывался и из кубинского сахара-сырца, но это количество сахарного песка составляло меньше $\frac{1}{5}$ от общего количества выработанного сахара (т. е. от 11,036 млн. т в год).

За семилетку было введено в действие 60 новых сахарных заводов общей мощностью 1464 тыс. ц перерабатываемой свеклы в сутки. Однако мощность всех заводов СССР возросла на 2356 тыс. ц в сутки, так как и мощность прежних 236 заводов

была увеличена за счет реконструкции их и рационализации производства на 932 тыс. ц в сутки.

Средняя мощность одного сахарного завода СССР за семилетку увеличилась с 12,5 до 18,0 тыс. ц перерабатываемой свеклы в сутки. По мощности в конце 1965 г. новые заводы распределялись следующим образом:

Мощность в сутки, тыс. ц	15	25	30	50
Число заводов	16	29	4	10

Производство сахара на душу населения в год увеличилось с 26,3 до 47,9 кг, что значительно превышает физиологическую норму (36 кг в год). Даже и одна выработка сахарного песка из свеклы (т. е. без импортного сахара-сырца) составила 39 кг сахара в год на человека, т. е. тоже на 10% выше нормы.

Следовательно, есть значительный избыток сахара для технического использования и для экспорта.

Из 60 новых заводов было построено в РСФСР 33 и в других республиках — 27. До Великой Октябрьской социалистической революции подавляющее количество сахарного производства приходилось на Украину (82,6%). В СССР в конце 1965 г. распределение сахарного производства по республикам оказалось более равномерным, что видно из табл. 3.

Таблица 3
Распределение сахарной промышленности СССР в конце 1965 г.

Республики	Число заводов	Мощность	
		тыс. ц перерабатываемой свеклы в сутки	%
РСФСР	83	1715,2	32,1
УССР	181	3026,5	56,6
БССР	4	87,2	1,6
Казахская ССР	6	125,8	2,4
Грузинская ССР	1	15,0	0,3
Литовская ССР	3	41,3	0,8
Молдавская ССР	8	166,7	3,1
Латвийская ССР	3	39,6	0,7
Киргизская ССР	6	123,2	2,3
Армянская ССР	1	7,7	0,1
Всего	296	5348,2	100,0

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. предусмотрено производство сахара-песка из свеклы увеличить с 8,9 млн. т в 1965 г. до 9,8—10 млн. т в 1970 г., что позволит шире развивать

экспорт сахара и его техническое применение, так как потребность населения СССР в сахаре была полностью удовлетворена уже в 1965 г.

Перед сахарной промышленностью СССР стоят и должны быть выполнены в текущей пятилетке большие задачи по повышению качества сахара, по снижению его себестоимости, по широкому развитию механизации и автоматизации производства. Этому будет способствовать и запроектированное увеличение выпуска оборудования пищевой промышленности в 1,4 раза.

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ В ОБЛАСТИ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Техника отечественного свеклосахарного производства с момента его появления и до настоящего времени всегда стояла на высоком уровне. Все нововведения в области технологии и оборудования заводов немедленно применялись на русских сахарных заводах.

В то же время талантливые русские люди дали много своего оригинального, что укоренилось в мировой сахаротехнике.

Метод очистки сока известью, примененный в 1802 г. нашим первым сахароваром Я. С. Есиповым, принят в настоящее время повсюду. Диффузионный метод извлечения сахара из свеклы впервые был осуществлен в 1834 г. на русском заводе Давыдовым.

В 1852 г. на Балаклеевском сахарном заводе варщик Иван **Фоменко** вместе со старостой Алексеем Федосеевым открыли новый метод варки утфеля «на кристалл». Этот передовой способ быстро распространился на русских заводах, а затем был введен всюду и за границей. В 1854—1856 гг. на Балаклеевском и Грушевском сахарных заводах инженер М. А. Толпыгин разработал метод паровой пробелки сахара. Паровая пробелка позволила на всех сахарных заводах России разработать и ввести свой оригинальный способ непосредственного получения белого кристаллического сахара, а не загрязненного сахара-сырца, как на заводах Западной Европы, где лишь после повторной кристаллизации на рафинадных заводах получали пригодный для потребления белый сахар.

Русские изобретатели много потрудились над созданием аппаратов непрерывного действия для сахарных заводов. Инженер Овсянников в 1902 г. впервые применил непрерывную сатурацию и в 1907 г. — непрерывную кристаллизацию сахара. Ценной и оригинальной явилась конструкция непрерывно действующей центрифуги для отделения кристаллов сахара, построенной Щениовским и Пионтковским на двух сахарных заводах в 1890 г.

После Великой Октябрьской социалистической революции советская сахарная промышленность представила новаторам и