

УДК 664.1.03

Профессор В.А. Лосева, аспирант К.В. Голова,
студент Н.А. Лысикова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии сахаристых веществ,
тел. (473) 255-38-51

Применение пищевых волокон из сахарной свеклы для очистки диффузионного сока

В ходе экспериментальных исследований изучено влияние пищевых волокон и фильтроперлита на эффективность очистки диффузионного сока. Установлен рациональный расход комбинированного сорбента, определено время контакта сорбента с соком и температура.

The pilot study examined the effects of dietary fiber and filterperlite on the efficiency of juice purification. The rational consumption of combined sorbent is determined, sorbent contact time with juice and temperature is defined.

Ключевые слова: адсорбция, сорбенты, пищевые волокна, фильтроперлит, эффект очистки.

Проблему повышения эффекта очистки сока, а, следовательно, и получения белого сахара, конкурентоспособного на мировом рынке, в последнее время пытаются решить с помощью дополнительного использования сорбентов и флокулянтов. Известно, что повышение чистоты очищенного сока на 1 % способствует увеличению выхода сахара на 0,3 % к массе свеклы.

Пищевые волокна (ПВ), выделенные из различного растительного сырья, характеризуются более развитой удельной поверхностью и значительным средним радиусом пор в сравнении с исходным сырьем, что определяет целесообразность их использования в качестве сорбентов [4].

Технология выделения ПВ из различных видов растительного сырья различна и зависит от его состава, строения макромолекул компонентов, особенностей сопутствующих веществ. Известные методы выделения ПВ основаны на удалении из измельченной растительной ткани низкомолекулярных веществ: моносахаридов, гликозидов, алкалоидов, минеральных соединений, либо гидролизе и экстракции сопутствующего крахмала. Существуют различные методы выделения ПВ: физические, химические, с поверхностно-активными веществами – детергентами и ферментативные [7].

В настоящее время отечественными и зарубежными учеными разработаны различные методы выделения ПВ из свекловичного жома. На кафедре технологии сахаристых

веществ Воронежской государственной технологической академии под руководством профессора Лосевой В. А. были разработаны способы получения волокон из боя и хвостиков сахарной свеклы, а также из свекловичного жома.

Пищевые волокна, используемые в ходе эксперимента, получали следующим образом: свекловичный жом измельчали до частиц размером от 0,2 до 2,0 мм, промывали экстрагированную свекловичную стружку водой, прессовали, высушивали до влажности 5 % и просеивали готовый продукт через сито. В работе использовали волокна с размером частиц 1,2 мм. Измельчение до частиц размером от 0,2 до 2,0 мм позволяет удалить из разрушенных клеток растворимые вещества: гликозиды, алкалоиды, минеральные соединения, моно- и дисахариды. Если размер волокон ниже 0,2 мм, то измельченная масса плохо прессуется (стекает через сита прессов), если размер больше 2,0 мм, то свекловичная масса недостаточно обессахаривается при экстрагировании, так как остается большое количество неразрушенных клеток. Далее свекловичную стружку трехкратно промывали водой с температурой 20 °С и гидромодулем 1 : 3 в течение 20 - 30 минут, что способствовало более полному удалению из разрушенных клеток растворимых веществ, промой предложено возвращать в сборник жомопрессовой воды. Промывание позволяет извлечь не только большую часть сахара, но и полностью удалить высокомолекулярные вещества (ВМС) и вещества коллоидной дисперсности (ВКД) из стружки.

Сорбционная емкость ПВ заполняется как положительно, так и отрицательно заряженными соединениями, так как волокна обладают значительным количеством функциональных групп на поверхности (прежде всего гидроксильных, карбонильных и карбоксильных) и являются адсорбентом смешанного типа.

Как известно [1, 2], к ВМС и к ВКД диффузионного сока относятся белки, пектиновые вещества, нуклеопротеиды, арабан, галактан, сапонин и др. Важным является удаление этих веществ на начальном этапе очистки диффузионного сока.

В состав ПВ, формирующих клеточные стенки различных растений, входят растворимые и нерастворимые компоненты. Нерастворимая фракция состоит из целлюлозы, лигнина и части гемицеллюлоз (ГМЦ), растворимая – из пектиновых веществ и растворимых ГМЦ. В ряде случаев им сопутствуют минеральные и белковые вещества. Строение этих веществ, их межмолекулярное взаимодействие определяют свойства ПВ. Химический состав ПВ, полученных из жома сахарной свеклы, представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Химический состав пищевых волокон, (%)

Наименование Компонентов ПВ	ПВ свекловичного жома
Пектиновые вещества	16-18
ГМЦ	24-26
Целлюлоза	26-28
Лигнин	3-5
Суммарное содержание ПВ	75-77
Сахар	5-7
Минеральные вещества	3-5

Рассмотрим строение и свойства отдельных полимеров ПВ.

Согласно имеющимся обширным публикациям по сорбционным свойствам целлюлозы, ее следует отнести к сорбентам, имеющим развитую систему капилляров [6]. Химические свойства целлюлозы определяются наличием β -глюкозидной связи и трех гидроксильных групп в каждом глюкозном остатке.

Число карбоксильных групп в макромолекулах ГМЦ, содержащихся в глюкуроно- и арабиноглюкуроноксилах, невелико. Их присутствие обуславливает способность полисахаридов связывать ионы металлов, органические вещества, включающие amino-, imino- и другие основные группировки [7].

Основные структурные единицы макро-

молекулы лигнина – фенилпропановые фрагменты – соединены между собой эфирными, алкил-алкильными, арил-алкильными связями. Таким образом, биополимер лигнин содержит большое количество свободных гидроксильных, метоксильных, карбонильных и карбоксильных функциональных групп как в алифатических, так и в ароматических частях.

Сорбционные свойства лигнина обусловлены его строением и развитой поверхностью. Так, объем пор лигнина, определенный по сорбции паров бензола, оказался равным $1,7 \text{ м}^3 / \text{г}$, а удельная поверхность – $3,7 \text{ м}^2 / \text{г}$, т. е. в несколько раз выше, чем в целлюлозе [5]. В связи со своей уникальной структурой лигнин способен активно адсорбировать различные классы соединений [8].

Реакционная способность пектиновых веществ определяется наличием в них карбоксильных группировок. Присутствие свободной карбоксильной группы обуславливает способность пектинов образовывать соли (пектинаты) и осаждаться из растворов ионами поливалентных металлов. Все возрастающую роль пектиновые вещества получают как энтеросорбенты экологически вредных веществ: радионуклидов, солей тяжелых металлов, многих токсичных органических веществ, выводя их из организма [7].

На первом этапе работы было изучено влияние массовой доли и продолжительность контакта ПВ, вводимых в диффузионный сок, на чистоту преддефектованного сока. Исследования проводили следующим образом: в диффузионный сок ($\text{Ч} = 80,42\%$), нагретый до температуры $55 - 60^\circ \text{C}$, вводили навески ПВ ($0,2 - 0,6\%$ к массе сока), перемешивали в течение 4,6 и 8 мин, сок отфильтровывали, далее проводили прогрессивную преддефектацию по традиционной схеме.

Было установлено, что при контакте $0,4\%$ пищевых волокон с диффузионным соком в течение 6 минут достигается увеличение чистоты на $1,4\%$ по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки увеличивается на $8,5\%$. Расход ПВ более $0,4\%$ и увеличение продолжительности контакта сорбента с соком до 8 минут является малоэффективным, т. к. это не приводит к существенному изменению эффекта очистки. Целесообразно было продолжить изучение влияния пищевых волокон на чистоту сока II сатурации.

Аналогичная зависимость наблюдается при очистке сока до II сатурации. При контакте $0,4\%$ ПВ в течение 6 мин с диффузионным

соком достигается повышение чистоты сока II сатурации на 1,45 % по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки увеличивается на 8,44 %. Результаты представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Зависимость чистоты сока II сатурации от массовой доли пищевых волокон, введенных в диффузионный сок

Массовая доля ПВ, % к массе сока	Показатели			
	СВ, %	Ч, %	$\Delta\text{Ч}, \%$	Эф. оч., %
Традиц. схема	13,9	86,97	5,22	32,89
0,2	13,5	88,12	1,15	39,61
0,3	13,6	88,30	1,33	40,65
0,4	13,6	88,42	1,45	41,33
0,5	13,6	88,35	1,38	40,93
0,6	13,5	88,30	1,33	40,65

Традиционным в сахарной промышленности порошкообразным материалом, используемым в технологических процессах для улучшения процесса фильтрации сиропов, является фильтроперлит. Этот дешевый природный сорбент используется для повышения качества очищенного сока, снижения содержания солей кальция и цветности [3]. Однако его свойства реализуются не в полной мере. Поэтому исследование возможностей фильтроперлита для повышения эффективности технологических процессов сахарного производства является актуальным [9].

С целью повышения эффективности очистки нами было принято решение скомбинировать ПВ из жома сахарной свеклы и фильтроперлит и провести исследования по изучению степени удаления несахаров диффузионного сока.

Для установления рациональной массовой доли фильтроперлита в диффузионный сок ($\text{Ч} = 82,14\%$) вводили ПВ (0,4 % к массе сока) и фильтроперлит (0,2 – 0,7 % к массе сока), перемешивали в течение 6 мин, сок отфильтровывали и далее проводили преддефекацию по традиционной схеме (рис. 1, 2).

Установлено, что при расходе фильтроперлита в количестве 0,3 % и 0,4 % к массе сока совместно с ПВ достигается максимальное увеличение чистоты преддефекованного сока и минимальная цветность.



Рис. 1. Зависимость чистоты преддефекованного сока от массовой доли фильтроперлита, добавляемого в диффузионный сок совместно с 0,4% пищевых волокон

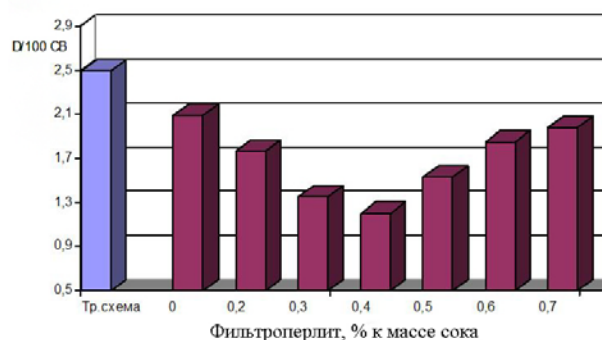


Рис. 2. Зависимость цветности преддефекованного сока от массовой доли фильтроперлита, добавляемого в диффузионный сок совместно с 0,4% пищевых волокон

Для определения продолжительности контакта с соком ПВ и фильтроперлита в диффузионный сок вводили 0,4 % ПВ и 0,3 % фильтроперлита и 0,4 % ПВ и 0,4 % фильтроперлита, выдерживали в течение 2; 4; 5; 6; 8 минут, сок отфильтровывали, проводили преддефекацию и анализировали результаты (табл. 3).

В ходе анализа полученных результатов было выявлено, что при введении 0,4 % ПВ, 0,3 % фильтроперлита и продолжительности контакта с соком $\tau = 6$ мин достигается увеличение чистоты преддефекованного сока на 1,61 % по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки повышается на 10,33 %, эффект обесцвечивания составил 61,04 %.

Положительное влияние фильтроперлита можно объяснить тем, что микрочастицы фильтровального порошка являются центрами коагуляции для ВКД сахарных растворов, которые оседают на их поверхности, в результате чего происходит укрупнение частиц, которые быстро оседают и увлекают за собой все мелкие частицы, т. е. происходит ортокINETическое и солидарное осаждение частиц [10].

Влияние пищевых волокон и фильтроперлита в зависимости от времени контакта с соком на качественные показатели преддефекованного сока

Массовая доля филь- троперлита, % к массе сока	Массовая доля ПВ, % к массе сока	Время, мин	Показатели				
			СВ,%	Ч,%	ΔЧ,%	Эф. оч., %	Цветность
							D/100СВ
Традиционная схема			13,4	83,86	1,72	11,48	2,31
0	0,4	6	13,4	84,48	0,62	15,51	1,87
0,3	0,4	2	13,3	85,22	1,36	20,24	1,5
0,4			13,4	84,44	0,58	15,25	1,87
0,3	0,4	4	13,2	85,29	1,43	20,68	1,44
0,4			13,4	85,02	1,16	18,97	1,57
0,3	0,4	5	13,4	85,36	1,5	21,12	1,27
0,4			13,4	85,28	1,42	20,61	1,26
0,3	0,4	6	13,3	85,47	1,61	21,81	0,90
0,4			13,4	85,16	1,3	19,86	1,27
0,3	0,4	8	13,4	85,11	1,25	19,54	0,97
0,4			13,2	84,81	0,95	17,63	1,44

Т а б л и ц а 4

Влияние пищевых волокон и фильтроперлита на качественные показатели сока II сатурации

Массовая доля ПВ, % к массе сока	Массовая доля фильтроперлита, % к массе сока	Время контакта, мин	Показатели				
			СВ, %	Ч, %	ΔЧ, %	Эф. оч., %	Цветность D/100 СВ Эф. об., %
0	0	0	15,70	90,50	2,86	25,57	0,54
0,4	0	2	15,60	91,67	1,17	35,06	0,45
		4	15,60	92,00	1,50	38,34	0,42
		6	15,50	92,13	1,63	39,43	0,39
		8	15,50	91,94	1,44	37,84	0,45
	0,3	2	15,60	92,00	1,50	38,34	0,35
		4	15,50	92,90	2,40	45,81	0,26
		6	15,50	93,03	2,53	46,88	0,19
		8	15,40	92,21	1,71	40,10	0,35

Фильтрация сока перед преддефекацией позволяет все адсорбированные несахара диффузионного сока удалить вместе с ПВ и фильтроперлитом и тем самым предотвратить их обратный переход в сок на последующих стадиях очистки.

Исследовано совместное влияние ПВ и фильтроперлита, вводимых в диффузионный сок, в зависимости от времени контакта с соком на качественные показатели сока II сатурации. Для сравнения проводили очистку сока по традиционной схеме, а также с добавлением в сок одних только ПВ. Анализ полученных данных (табл. 4) показывает, что при контакте сорбентов с соком в течение 4 - 6 мин эффект очистки сока II сатурации увеличивается на 12,77 - 13,87 % при добавлении только ПВ,

при добавлении ПВ и фильтроперлита – на 20,24 - 21,31 % по сравнению с традиционной схемой очистки. Достигается увеличение чистоты сока II сатурации до 92,13 % и 93,03 %, соответственно. Также наблюдается минимальное содержание солей кальция в очищенном соке. Эффект обесцвечивания 27,78 % достигается при использовании ПВ, использование ПВ совместно с фильтроперлитом позволяет повысить эффект обесцвечивания до 64,82 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан способ очистки диффузионного сока с использованием в качестве сорбционного материала ПВ совместно с фильтроперлитом, схема которого приведена на рис. 3.

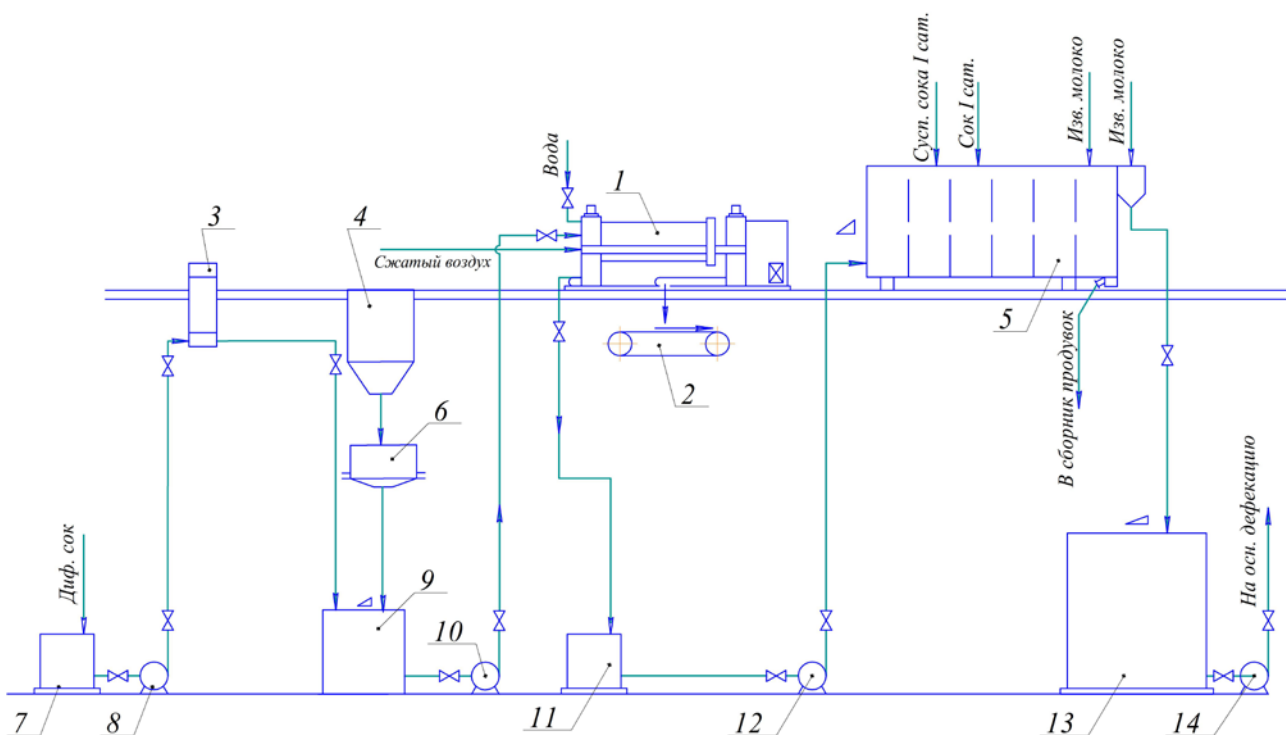


Рис. 3. Схема очистки по предлагаемому способу: 1 – пресс-фильтр; 2 – транспортер; 3 – подогреватель; 4 – бункер пищевых волокон и фильтроперлита; 5 – преддефекатор; 6 – дозатор пищевых волокон и фильтроперлита; 7, 11 – сборник диффузионного сока; 9 – мешалка диффузионного сока; 13 – сборник преддефектованного сока; 8, 10, 12, 14 – насосы

В процессе очистки диффузионного сока с использованием одних только ПВ достигается увеличение эффекта очистки сока на 13,86 %, ПВ совместно с фильтроперлитом – на 21,31 %. Цветность снижается на 0,15 и 0,35 D / 100 СВ, соответственно. Отличительной особенностью данного способа очистки является то, что после контакта диффузионного сока с сорбентом сок отфильтровывается перед предварительной дефекацией. Это позволяет исключить попадание коагулята ВМС диффузионного сока в среду с повышенным рН, что может привести к пептизации части несхаров. Отделение части несхаров перед преддефекацией создает благоприятные условия для повышения эффективности адсорбционной очистки в условиях преддефекации и I сатурации, так как поверхность CaCO_3 относительно свободная от ВМС, удаленных непосредственно перед преддефекацией, интенсивно сорбирует кальциевые соли азотсодержащих и безазотистых органических кислот и красящие вещества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства [Текст] / А. Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 495 с.
- 2 Силин, П. М. Технология сахара [Текст] / П. М. Силин. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.
- 3 Олянская, С. П. Химические реагенты на завершающей стадии очистки диффузионного сока [Текст] / С. П. Олянская, В. В. Цырульников // Сахар. – 2010. - № 4. – С. 54 – 59.
- 4 Дудкин, М. С. Новые продукты питания [Текст] / М. С. Дудкин, Л. Ф. Щелкунов. – М.: МАИИ «Наука», 1998. – 304 с.
- 5 Щелкунов, Л. Ф. Пища и экология [Текст] / Л. Ф. Щелкунов, М. С. Дудкин, В. Н. Корзун. – Одесса: ЦСП «Оптимум», 2000. – 517 с.
- 6 Казаков, Е. Д. Значение пищевых отрубей в питании и производстве пищевых продуктов [Текст] / Е. Д. Казаков, Г. П. Карпиленко, П. М. Коньков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. - № 5. – С. 37-39.
- 7 Лосева, В. А. Пищевые волокна из сахарной свеклы [Текст] / В. А. Лосева, Т. В. Са-

нина, Л. Н. Шахбулатова и др. – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2001. – 256 с.

8 Карманов, А. П. Самоорганизация и структурная организация лигнина / А. П. Карманов. – Екатеринбург: УрОРАН, 2004. – 270 с.

9 Савостин, А. В. Повышение эффективности использования фильтроперлита в технологии производства сахара [Текст] / А. В. Савостин // Известия вузов. Пищевая технология. – 2011. - № 5-6. – С. 49 – 51.

10 Лосева, В. А. Интенсификация очистки соков и сиропов в сахарном производстве [Текст] / В. А. Лосева. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 176 с.

REFERENCES

1 Sapronov, A. R. Technology of sugar production [Text] / A. R. Sapronov. - M.: Kolos, 1999. - 495 p.

2 Silin, P. M. Technology of sugar [Text] / P. M. Silin. - M.: Food Industry, 1967. – 625 p.

3 Olyanskaya, S. P. Chemicals in the final juice purification step [Text] / S. P. Olyanskaya, V. V. Tsyrunnikova // Sugar. – 2010. – № 4. - P. 54 - 59.

4 Dudkin, M. S. New food [Text] / M. S. Dudkin, L. F. Shchelkunov. – M.: MAIN "Science", 1998. – 304 p.

5 Shchelkunov, L. F. Food and the environment [Text] / L. F. Shchelkunov, M. S. Dudkin, V. N. Korzun. - Odessa: DSP "Optimum", 2000. – 517 p.

6 Kazakov, E. D. Nutritional value of bran in the diet and food production [Text] / E. D. Kazakov, G. P. Karpilenko, P. M. Konkov // Storage and processing of agricultural products. – 1999. - № 5. - P. 37-39.

7 Loseva, V. A. Dietary fiber from sugar beet [Text] / V. A. Loseva, T. V. Sanina, L. N. Shakhbulatova et al. – Publ. of VSTA, 2001. – 256 p.

8 Karmanov, A. P. Self-organization and structural organization of the lignin / A. P. Karmanov. – Yekaterinburg: UrORAN, 2004. - 270 p.

9 Savostin, A. V. Efficient increasing of filterperlite using in sugar technology [Text] / A. V. Savostin // Bulletin of universities. Food technology. – 2011. - № 5-6. – P. 49 - 51.

10 Loseva, V. A. Intensification of juices and syrups purification in sugar production [Text] / V. A. Loseva. - Voronezh: Publ. of VSU, 1990. – 176 p.