

УДК 664.1.03

Профессор В.А. Лосева, аспирант К.В. Голова,  
аспирант Ю.А. Лысикова  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии сахаристых веществ,  
тел. (473) 255-38-51

## **Интенсификация очистки диффузионного сока с использованием комбинированных сорбентов**

В ходе экспериментальных исследований изучено влияние комбинированных сорбентов на эффективность очистки диффузионного сока.

The pilot study examined the combined effect of sorbents on the cleaning efficiency juice.

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

Ухудшение технологических свойств сахарной свеклы привело к проблемам при получении высококачественного сахара, которые в основном решают за счет сверхнормативного использования извести, а также различных схем очистки. Известь как химический реагент даже при значительном изменении технологических режимов вариантов схем очистки не всегда обеспечивает получение соков и сиропов высокого качества. Две трети ее расходуется не на химические процессы удаления несахаров, а на физико-химическую очистку адсорбцией на поверхности  $\text{CaCO}_3$ . Карбонат кальция как адсорбент имеет лимитированную емкость по удалению из растворов несахаров. Последнее подтверждается незначительным приростом эффекта очистки при больших расходах извести на очистку диффузионного сока низкого качества. Кроме того, для сахарной отрасли важная проблема – снижение цветности и зольности готовой продукции, которая не отвечает мировым стандартам, и потерь сахара в мелассе.

Одной из важных стадий очистки диффузионных соков является преддефекация, определяющая в конечном счете качество очищенных соков и общий эффект известково-углекислотной очистки. Ее назначение – обеспечить при минимальном расходе извести максимальное осаждение высокомолекулярных соединений (ВМС), веществ коллоидной дисперсности (ВКД), анионов кислот, образующих с ионом кальция малорастворимые соли, формирование осадка, устойчивого к пептизации на основной дефекации [1].

Удаление коллоидных примесей возможно, прежде всего, за счет адсорбционной очистки [2]. Актуальным остается поиск дешевых, доступных и эффективных сорбентов.

Активность и избирательность сорбентов зависит от природы и строения молекул адсорбента и адсорбтива [4]. Адсорбция несахаров сахарного производства избирательна: некоторые несахара в зависимости от степени поверхностной активности по-разному адсорбируются тем или иным сорбентом. Электролиты адсорбируются в виде ионов, при этом степень поглощения катионов и анионов разная. Так как красящие вещества сахарного производства – это соли слабых кислот и сильных оснований, то они являются собой смесь электролитов и неэлектролитов. Продукты щелочного разложения редуцирующих веществ – это слабые кислоты, поэтому они хорошо адсорбируются  $\text{OH}^-$  ионами. Меньшая их часть, что несет щелочной характер, удерживается  $\text{H}^+$  ионами [4].

Из литературы [2-6] известно, что проведенные исследования по изучению способности целлюлозы к адсорбционной очистке показали ее эффективность.

Нами предложено в качестве органического сорбента использовать пищевые волокна (ПВ) из свекловичного жома.

ПВ, полученные из обессахаренной свекловичной стружки, – это полисахаридный комплекс целлюлозы, гемицеллюлозы, пектиновых веществ, лигнина.

Целлюлоза, обладая значительным количеством функциональных групп на поверхности (прежде всего гидроксильных, карбонильных и карбоксильных), является адсорбентом сме-

шанного типа. Наряду с удалением полярных примесей она может эффективно удалять неполярные, которые также способны активно встраиваться в кристаллическую решетку сахарозы при ее кристаллизации [2].

Сорбционные свойства гемицеллюлоз (ГМЦ) во многом обусловлены присутствием глюкуроновой кислоты и арабинозы, которые несут карбоксильные ( $R-COOH$ ) группы. Полисахариды ГМЦ способны связывать ионы металлов, органические вещества, включающие амино- и другие основные группировки.

Лигнин не является полисахаридом и представляет собой полимер фенилпропана. Полимеры лигнина отличаются высокой сорбционной способностью благодаря наличию свободных функциональных групп – гидроксильных ( $R-OH$ ), метоксильных ( $R-O-CH_3$ ), карбоксильных ( $R-COOH$ ) на поверхности.

Свековичный пектин с большим числом свободных карбоксильных групп является природным сорбентом, превосходящим по адсорбционному действию активированный уголь: по сорбции ионов свинца – в 7 раз, нитратов, фенольных соединений и формальдегида – в 1,2 раза.

На первом этапе работы было изучено влияние массовой доли ПВ, вводимых в диффузионный сок, на чистоту преддефектованного сока.

Исследования проводили следующим образом: в диффузионный сок ( $Ч = 86,3\%$ ), нагретый до температуры  $55 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вводили ПВ ( $0,2 - 0,6\%$  к массе сока), перемешивали, далее проводили прогрессивную преддефектацию по традиционной схеме. Преддефектованный сок анализировали, определяя сухие вещества ( $СВ$ ), оптическую плотность ( $D$ ), рассчитывали чистоту ( $Ч$ ), эффект обесцвечивания ( $Эф. об.$ ), эффект очистки ( $Эф. оч.$ ) и содержание солей кальция (рис. 1).

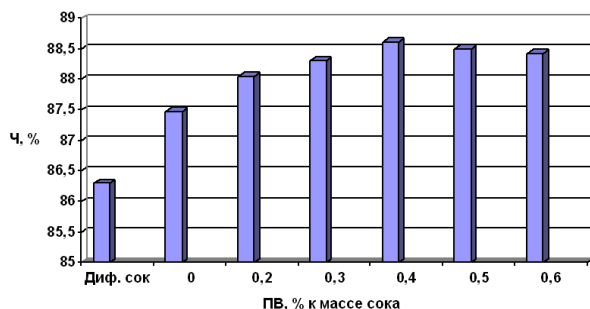


Рис. 1. Зависимость чистоты преддефектованного сока от массовой доли пищевых волокон

Из рис. 1 видно, что при добавлении в диффузионный сок ПВ с массовой долей  $0,4\%$  достигается увеличение чистоты на  $1,14\%$  по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки увеличивается на  $9,27\%$ . Расход ПВ более  $0,4\%$  является малоэффективным, т. к. не оказывает существенного влияния на увеличение чистоты преддефектованного сока.

Аналогичная зависимость наблюдается при очистке сока до II сатурации. При добавлении в сок  $0,4\%$  ПВ чистота сока II сатурации повышается на  $1,38\%$  по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки повышается на  $8\%$  (рис. 2).

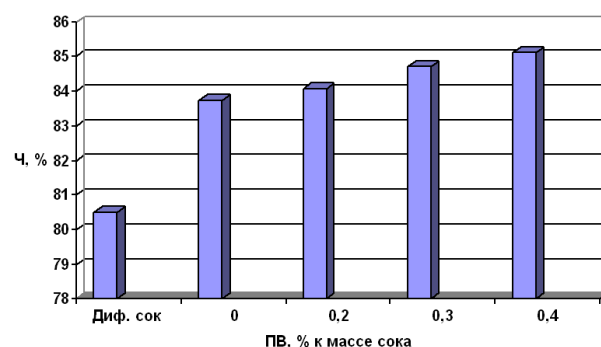


Рис. 2 Зависимость чистоты сока II сатурации от массовой доли пищевых волокон, введенных в диффузионный сок

Для повышения эффективности сорбционной очистки диффузионного сока было проведено исследование по комбинированию органического сорбента с минеральным, а именно ПВ и фильтроперлита.

Кроме высоких дренажных характеристик, фильтроперлит обладает также некоторыми адсорбционными свойствами. Перлит имеет минеральную природу, и механизм адсорбции примесей его поверхностью связан с действием сил неспецифического взаимодействия (компенсация несбалансированного поверхностного заряда). В то же время примеси сахарного производства в основном имеют органическую природу и удаляются предпочтительно за счет специфического взаимодействия с поверхностью адсорбента, имеющего заряженные функциональные группы [3].

В диффузионный сок ( $Ч = 81,99\%$ ) вводили ПВ ( $0,4\%$  к массе сока) и фильтроперлит ( $0,2 - 0,7\%$  к массе сока), перемешивали и сразу проводили преддефектацию. Для сравнения преддефектацию проводили по традиционной схеме (рис. 3, табл. 1).

Из рис. 3 и табл. 1 видно, что при расходе фильтроперлита в количестве 0,4 и 0,5 % достигается максимальное увеличение чистоты преддефекованного сока и минимальная цветность.

Далее устанавливали время контакта с соком ПВ и фильтроперлита. Для этого в сок вводили 0,4 % ПВ и 0,4 % фильтроперлита и 0,4 % ПВ и 0,5 % фильтроперлита, и выдерживали в течение 0,5; 1; 1,5; 2; 3 мин (рис. 4, табл. 2).

По результатам рис. 4 и табл. 2 видно, что при введении 0,4 % ПВ, 0,4 % фильтроперлита и продолжительности контакта с соком  $\tau = 0,5 - 1$  мин достигается увеличение чистоты преддефекованного сока на 1,38 % по сравнению с традиционной схемой, эффект очистки повышается на 8,57 %, эффект обесцвечивания – на 63,64 %.

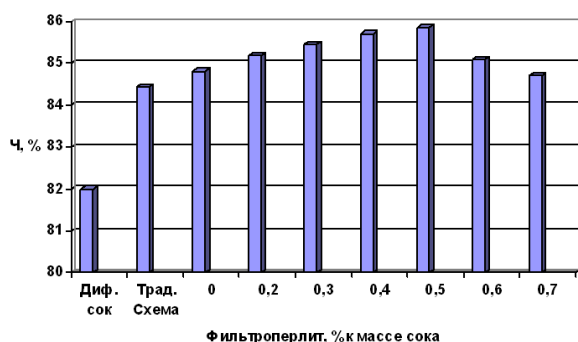


Рис. 3. Влияние массовой доли добавляемого фильтроперлита на чистоту преддефекованного сока

Таблица 1

Влияние массовой доли добавляемого фильтроперлита на цветность преддефекованного сока

| Массо-<br>вая доля<br>ПВ, % к<br>массе<br>сока | Массовая<br>доля филь-<br>троперлита,<br>% к массе<br>сока | Показатели |       |              |               |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------|-------|--------------|---------------|
|                                                |                                                            | СВ,<br>%   | D     | D/ 100<br>СВ | Эф.<br>об., % |
| Традиционная схема                             |                                                            | 13,5       | 0,11  | 0,81         |               |
| 0,4                                            | 0                                                          | 13,5       | 0,10  | 0,74         | 8,64          |
|                                                | 0,2                                                        | 13,5       | 0,10  | 0,74         | 8,64          |
|                                                | 0,3                                                        | 13,4       | 0,095 | 0,70         | 13,58         |
|                                                | 0,4                                                        | 13,3       | 0,06  | 0,45         | 44,44         |
|                                                | 0,5                                                        | 13,3       | 0,05  | 0,38         | 53,09         |
|                                                | 0,6                                                        | 13,4       | 0,08  | 0,60         | 25,93         |
|                                                | 0,7                                                        | 13,4       | 0,095 | 0,70         | 13,58         |

Исследовано совместное влияние ПВ и фильтроперлита, вводимых в диффузионный сок, в зависимости от времени контакта с со-

ком на качественные показатели сока II сатурации. Для сравнения проводили очистку сока по традиционной схеме, а также с добавлением в сок одних только ПВ (табл. 3).

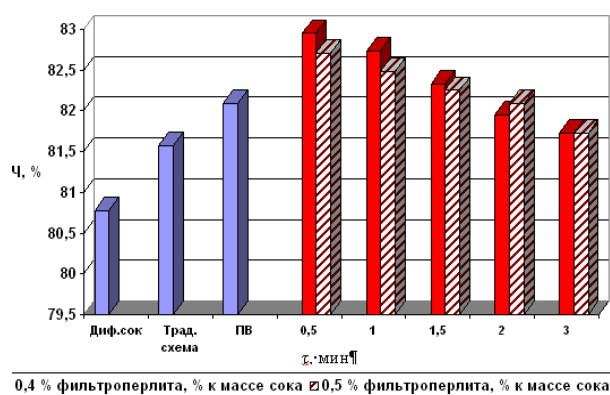


Рис. 4 Влияние массовой доли фильтроперлита и продолжительности контакта на чистоту преддефекованного сока

Таблица 2

Влияние массовой доли фильтроперлита и продолжительности контакта на цветность преддефекованного сока

| Массовая доля<br>филтروطерплита,<br>% к массе сока | Время,<br>мин | Показатели |      |             |              |
|----------------------------------------------------|---------------|------------|------|-------------|--------------|
|                                                    |               | СВ,<br>%   | D    | D/100<br>СВ | Эф.<br>об.,% |
| Традиционная схема                                 |               | 13,4       | 0,50 | 3,74        |              |
| 0                                                  |               | 13,4       | 0,45 | 3,36        | 10,16        |
| 0,4                                                | 0,5           | 13,2       | 0,18 | 1,35        | 63,90        |
|                                                    | 1             | 13,2       | 0,17 | 1,34        | 64,17        |
|                                                    | 1,5           | 13,3       | 0,26 | 1,95        | 47,86        |
|                                                    | 2             | 13,3       | 0,27 | 2,05        | 45,19        |
|                                                    | 3             | 13,4       | 0,27 | 1,99        | 46,79        |
| 0,5                                                | 0,5           | 13,3       | 0,18 | 1,36        | 63,64        |
|                                                    | 1             | 13,3       | 0,17 | 1,34        | 64,17        |
|                                                    | 1,5           | 13,3       | 0,22 | 1,65        | 55,88        |
|                                                    | 2             | 13,4       | 0,25 | 1,87        | 50,00        |
|                                                    | 3             | 13,4       | 0,30 | 2,26        | 39,57        |

Установлено, что при контакте сорбентов с соком в течение 1 -1,5 мин эффект очистки сока II сатурации при добавлении только ПВ увеличивается на 9,06 – 9,62 %, ПВ и фильтроперлита – на 13,24 – 16,19 % по сравнению с традиционной схемой очистки. Содержание солей кальция в очищенном соке снижается на 0,006 – 0,008 % при использовании одних ПВ, ПВ и фильтроперлита – на 0,009 %. Эффект обесцвечивания 65,79 % достигается при использовании ПВ, совместно с фильтроперлитом – 72,81 %.

Влияние ПВ и фильтроперлита на качественные показатели сока II сатурации

| Массовая<br>доля ПВ,<br>% к мас-<br>се сока | Массовая доля<br>фильтроперлита,<br>% к массе сока | Время<br>контакта,<br>мин | Показатели, % |       |       |      |            |           |                 |                  |                         |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------|-------|-------|------|------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------------|
|                                             |                                                    |                           | СВ            | СХ    | Ч     | ΔЧ   | Эф.<br>оч. | Цветность |                 |                  | Соли<br>Са,<br>%<br>CaO |
|                                             |                                                    |                           |               |       |       |      |            | D         | D/<br>100<br>СВ | Эф.<br>об.,<br>% |                         |
| 0                                           | 0                                                  | 0                         | 13,20         | 12,05 | 91,29 | 2,47 | 24,20      | 0,150     | 1,14            |                  | 0,020                   |
| 0,4                                         | 0                                                  | 1                         | 13,00         | 12,00 | 92,31 | 1,02 | 33,82      | 0,075     | 0,58            | 49,12            | 0,014                   |
|                                             |                                                    | 1,5                       | 12,90         | 11,90 | 92,25 | 0,96 | 33,26      | 0,050     | 0,39            | 65,79            | 0,012                   |
|                                             |                                                    | 2                         | 13,00         | 12,00 | 92,31 | 1,02 | 37,35      | 0,070     | 0,54            | 52,63            | 0,015                   |
|                                             |                                                    | 3                         | 12,90         | 11,90 | 92,50 | 1,21 | 35,59      | 0,065     | 0,50            | 56,14            | 0,020                   |
|                                             | 0,4                                                | 1                         | 12,90         | 12,00 | 93,02 | 1,73 | 40,39      | 0,045     | 0,35            | 69,29            | 0,011                   |
|                                             |                                                    | 1,5                       | 13,00         | 12,05 | 92,70 | 1,41 | 37,44      | 0,040     | 0,31            | 72,81            | 0,011                   |
|                                             |                                                    | 2                         | 13,00         | 12,05 | 92,69 | 1,40 | 33,82      | 0,050     | 0,38            | 66,67            | 0,013                   |
|                                             |                                                    | 3                         | 13,20         | 12,15 | 92,05 | 0,76 | 31,39      | 0,050     | 0,38            | 66,67            | 0,017                   |

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность адсорбционной очистки диффузионного сока комбинированным сорбентом на основе ПВ и фильтроперлита. Установлен рациональный расход ПВ и фильтроперлита, который составляет 0,4 % и 0,4 – 0,5 %. Определено время контакта сорбента с соком 1 – 1,5 мин при температуре 55 – 60 °С. Эффект очистки при этом увеличивается на 13,24 – 16,19 %, содержание солей кальция в очищенном соке снижается на 0,009 %, эффект обесцвечивания достигает 72,81 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савостин, А. В. Повышение эффективности очистки диффузионных соков на преддефекации [Текст] / А. В. Савостин, А. Н. Литош // Сахар. – 2007. - № 9. – С. 29 – 32.
2. Сидоренко, Ю. И. Адсорбенты на основе целлюлозы для переработки тростникового сахара-сырца в сахар-рафинад [Текст] / Ю. И. Сидоренко, Н. В. Межевикина, А. Н. Савич, Е. А. Безлюдько // Сахар. – 2009. - № 8. – С. 56 – 59.

3. Савич, А. Н. Повышение эффективности обесцвечивания свеклосахарных сиропов с использованием целлюлозы [Текст] / А. Н. Савич, Ю. И. Сидоренко, Т. В. Шейко // Сахар. – 2009. - № 9. – С. 60 – 61.

4. Савич, А. Н. Использование комбинированного адсорбента с целлюлозой при фильтровании свеклосахарных сиропов [Текст] / А. Н. Савич // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Минск, 2009. – С. 290 – 295.

5. Последова, Ю. И. Переработка тростникового сахара-сырца с использованием целлюлозы [Текст] / Ю. И. Последова, Е. О. Гафурова, Ю. И. Сидоренко, Р. С. Решетова // Сахар. – 2011. - № 1. – С. 58 – 61.

6. Гердес, Э. Фильтрующие средства из целлюлозы в производстве сахара [Текст] / Э. Гердес, С. Нойфельд // Сахар. – 2009. - № 7. – С. 62 – 63.