

Профессор В.А. Голыбин, аспирант К.В. Голова,  
студент Е.А. Денисова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, тел. (473) 255-37-32

## Повышение эффективности адсорбционной очистки в процессе II сатурации

Исследование влияния фильтроперлита, используемого в качестве затравочного материала для обеспечения необходимой дисперсности структуры осадка карбоната кальция с развитой площадью адсорбционной поверхности, на завершающей стадии известково-углекислотной очистки производственных сахарных растворов.

The influence of filterperlite, used as seed material to ensure adequate dispersion of the calcium carbonate precipitate structure with the developed adsorption surface area, in the final stages of lime-carbonic treating manufacturing sugar solutions was investigated.

*Ключевые слова:* перлит, карбонат кальция, дисперсность, электрокинетический потенциал.

На сахарные заводы в течение производственного сезона выработки белого сахара поступает сырье различного качества, что обусловлено нестабильными климатическими условиями, использованием свекловичных семян сахарной свеклы зарубежной селекции с пониженным иммунитетом относительно поражения корневой и кагатной гнилью, переработкой свеклы в условиях отрицательных температур, что вызывает подмораживание корнеплодов, загнивание и появление в них дополнительных вредных несахаров. Переработка свеклы пониженного качества приводит к снижению чистоты очищенного сока, увеличению расхода гидроксида кальция на очистку диффузионного сока, повышению цветности и зольности жидких полупродуктов, ухудшению фильтрования сатурационных соков.

Для получения отечественного белого сахара, конкурентоспособного по показателям качества на международном рынке, возникает необходимость повышения эффективности использования для очистки производственных сахаросодержащих растворов традиционных реагентов (гидроксид кальция и диоксид углерода), а также применения различных сорбентов [1].

По основным показателям качества (содержание золы, оптическая плотность водного раствора сахара в растворе и в кристаллическом виде) вырабатываемый отечественными сахарными заводами сахар-песок заметно уступает требованиям, принятым в странах ЕС [2].

В известково-углекислотной очистке диффузионного сока важнейшую роль играет адсорбция несахаров частицами осадка карбоната кальция, образующегося непосредственно в процессе карбонизации очищаемого известкованного сахаросодержащего раствора. Явление адсорбции обуславливается физико-химическими свойствами поверхности осадка и, в первую очередь, его электрокинетическими свойствами, характеризующимися  $\xi$ -потенциалом [3].

Дальнейшее повышение эффективности существующей известково-углекислотной очистки диффузионного сока возможно лишь на основе углубленного исследования электрокинетических свойств частиц карбоната кальция.

Поскольку формирование поверхностного заряда частиц осадка карбоната кальция связано с концентрацией зарядообразующих ионов кальция или карбоната, важным является исследование изменения этой величины в процессе карбонизации исследуемых очищаемых сахаросодержащих растворов. Непосредственное измерение поверхностного заряда частиц суспензии достаточно сложно и зависит от многих факторов. О характере его изменения можно судить по величине электрокинетического потенциала ЭКП [3].

Одним из путей дальнейшего совершенствования технологических процессов физико-химической очистки диффузионного сока является повышение эффекта удаления несахаров путем интенсификации адсорбционных процессов на разных стадиях очистки с использованием дешевых природных сорбентов [5].

Сорбенты, которые могут быть использованы в процессе очистки полупродуктов свеклосахарного производства, должны отвечать следующим требованиям: обладать термической устойчивостью, быть инертными по отношению к свекловичному и сатурированному сокам, не растворяться в них, иметь невысокую стоимость, не обладать запахом и вкусом, иметь развитую удельную поверхность, не содержать токсичных веществ.

После адсорбционной очистки на первой стадии карбонизации в процессе I сатурации в очищаемом соке остается заметное количество различных растворенных несахаров: солей щелочных металлов, высокомолекулярных соединений, молекул красящих веществ и др.

Для повышения качества очищенного сока, снижения содержания солей кальция и его цветности нами проведены исследования по изучению влияния перлита с определенной дисперсностью частиц, вводимого на завершающей стадии очистки диффузионного сока.

Была проведена серия исследований в лабораторных условиях по выявлению оптимальной точки введения частиц перлита. Положительные результаты по качеству очищаемого сока получены при введении частиц перлита в фильтрованный сок I сатурации после его обработки гидроксидом кальция. Частицы перлита вводили в очищаемый сок без предварительной обработки и после его активирования.

Для определения величины ЭКП водной суспензии перлита использовали оперативный метод определения заряда суспензий, основанный на явлении суспензионного эффекта. Частицы с двойным электрическим слоем (мицеллы) создают в дисперсионной системе соответствующую противоионам ионную среду – суспензионный эффект. При удалении частиц, например с помощью фильтрации, противоионы уходят вместе с ними (в количествах, эквивалентных заряду частиц). Отсюда суспензионный эффект количественно можно определить как разность между концентрационными характеристиками противоионов в суспензии (дисперсной системе) и в фильтрате. Суспензионный эффект рассчитывается по соотношению  $pH_{\text{с}} = pH_{\text{с}} - pH_{\text{ф}}$ , т.е. по разности значений pH суспензии и фильтрата [4].

Эксперименты проводили на модельных водных растворах, содержащих 12 % сахарозы, с предварительным добавлением в них перед известковой обработкой 0,1 % редуцирующих веществ (эквимолекулярная смесь х.ч. глюкозы и фруктозы) к массе раствора. Проводили

типовую очистку, включая процесс II сатурации при pH 9,3-9,5, после чего модельные растворы фильтровали, определяли их оптическую плотность и величины ЭКП карбонатных суспензий. В пробу №1 добавляли перлит без активации, в пробу №2 – с предварительной активацией, проба №3 – без добавления перлита (контрольный опыт). Результаты исследований представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели модельного раствора после II сатурации

| Показатели               | Перлит без активации | Активированный перлит | Контроль (без перлита) |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| ЭКП, мВ                  | 47                   | 57                    | 11                     |
| Оптическая плотность (D) | 0,362                | 0,340                 | 0,440                  |

Добавляемые в известкованный модельный раствор частицы активированного перлита, имеющие высокий положительный ЭКП, являются одновременно центрами кристаллизации структуры осадка карбоната кальция и адсорбентом отрицательно заряженных макромолекул высокомолекулярных несахаров, красящих веществ, кальциевых солей различных кислот. В результате ввода активированных частиц перлита повышается однородность осадка карбоната кальция, увеличивается его поверхностная активность, что позволяет повысить качество очищенного сока.

Для определения оптимального количества активированного перлита, вводимого перед II сатурацией, была проведена серия опытов. В пробы обрабатываемого модельного раствора добавляли частицы активированного перлита в количестве 0,015-0,050 % к массе раствора, затем проводили очистку по традиционной схеме. Пробы очищенного модельного раствора фильтровали и анализировали.

Анализ полученных данных (таблица 2) показывает, что оптимальным является ввод перлита в количестве  $0,033 \pm 0,010$  % к массе сока. При данном расходе перлита формируются частицы осадка карбоната кальция с высоким положительным зарядом, на котором адсорбируются отрицательно заряженные макромолекулы ВМС, а также фрагменты белковых веществ, соли кальция и красящие вещества, образовавшиеся в результате щелочно-термического разложения редуцирующих моносахаров. Подтверждением этого вывода является минимальная величина оптической плотности модельного раствора после его карбонизации.

Т а б л и ц а 2

Показатели очищенного модельного раствора  
в зависимости от расхода перлита

| Показатели                  | Расход перлита,<br>% к массе сока |       |       | Контроль<br>(без перлита) |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------|-------|---------------------------|
|                             | 0,015                             | 0,033 | 0,050 |                           |
| ЭКП, мВ                     | 22                                | 31    | 8     | 11                        |
| Оптическая<br>плотность (D) | 0,245                             | 0,200 | 0,278 | 0,288                     |

Объяснением полученного результата с учетом дисперсности структуры осадка может быть следующее. При расходе перлита менее 0,015 % в процессе карбонизации гидроксида кальция образуются более крупные частицы осадка  $\text{CaCO}_3$  с малой активной поверхностью адсорбции. При вводе перлита более 0,05 % структура образующегося осадка будет полидисперсной, что ухудшает фильтрационные показатели очищаемого модельного раствора после его карбонизации.

В процессе исследования установлена оптимальная продолжительность контакта перлита от 1 до 3 мин в составе известкованного модельного раствора перед карбонизацией. В указанном интервале достигается формирование более однородного осадка, при котором наблюдается снижение растворимых солей кальция и оптической плотности раствора вследствие адсорбции несахаров на поверхности осадка. Кратковременное перемешивание способствует увеличению числа контактов различных несахаров с образующимися положительно заряженными частицами осадка, протеканию процессов гетерокоагуляции и образованию флокул ВМС, а также адсорбции несахаров, прежде всего растворимых солей кальция и красящих веществ. Увеличение длительности контакта в режиме перемешивания рабочей среды отрицательно влияет на процессы гетерокоагуляции и осаждения, поскольку возможна частичная деструкция образовавшегося коагулята несахаров [6].

Проведенные исследования показывают целесообразность использования фильтроперлита в качестве затравочного материала для обеспечения необходимой дисперсности структуры образующегося осадка карбоната кальция с развитой площадью адсорбционной поверхности на завершающей стадии известково-углекислотной очистки производственных сахарных растворов, что способствует повышению эффективности использования гидроксида кальция. Осадок, имея большую поверхность с высоким положительным зарядом, больше удерживает отрицательно заряженных

ВМС и других несахаров, сохраняя проницаемую пористую структуру слоя в процессе последующего фильтрования очищенного раствора при повышенном перепаде давлений.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Голыбин, В.А. Повышение эффективности использования гидроксида кальция для очистки диффузионного сока [Текст] / В.А. Голыбин, В.А. Федорук, А.А. Ткачев // Вестник ВГУИТ. – 2012. – № 2. – С. 158 – 161.
- 2 Голыбин, В.А. Анализ факторов эффективности прогрессивной преддефекации [Текст] / В.А. Голыбин, В.А. Федорук, Н.А. Воронкова // Сахар. – 2013. – № 6. – С. 74 – 80.
- 3 Хомичак, Л.М. Электрохимические характеристики осадка карбоната кальция при сатурировании [Текст] / Л.М. Хомичак, Р.С. Решетова, М.И. Даишев // Известия вузов. Пищевая технология. – 1985. – №1. – С. 31 – 33.
- 4 Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]: учебник для вузов / Ю.Г. Фролов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
- 5 Лосева, В.А. Интенсификация очистки диффузионного сока с использованием комбинированных сорбентов [Текст] / В.А. Лосева, К.В. Голова, Ю.А. Лысикова // Вестник ВГУИТ. – 2012. – №4. – С. 125 – 128.
- 6 Олянская, С. П. Химические реагенты на завершающей стадии очистки диффузионного сока [Текст] / С. П. Олянская, В. В. Цырульникова // Сахар. – 2010. – № 4. – С. 54 – 59.

## REFERENCES

- 1 Golybin, V.A. More efficient use of calcium hydroxide to extract purification [Text] / V.A. Golybin, V.A. Fedoruk, A.A. Tkachev // Bulletin of VSUET. – 2012. – №2. – P. 158 - 161.
- 2 Golybin, V.A. Analysis of the performance factors of progressive preliming [Text] / V.A. Golybin, V.A. Fedoruk, N.A. Voronkova // Sugar. – 2013. – №6. – P. 74-80.
- 3 Homichak, L.M. The electrochemical characteristics of calcium carbonate sediment during saturation [Text] / L.M. Homichak, R.S. Reshetova, M.I. Daishev // Trans. Food technology. – 1985. – №1. – P. 31 - 33.
- 4 Frolov, Yu.G. The course of colloidal chemistry. Surface phenomena and disperse systems [Text]: textbook for high schools / Y.G. Frolov. – M.: Himiya, 1988.
- 5 Loseva, V.A. Intensification of juice purification using combined sorbents [Text] / V.A. Loseva, K.V. Golova, Y.A. Lysikova // Bulletin of VSUET. – 2012. – №4. – P. 125 - 128.
- 6 Olyanskaya, S.P. Chemicals in the final purification step the raw juice [Text] / S.P. Olyanskaya, V.V. Tsyruelnikova // Sugar. – 2010. – №4. – P. 54 - 59.