

УДК 664.1.038.2

Профессор В.А. Голыбин, доцент В.А. Федорук,
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии сахаристых веществ,
тел. (473) 255-07-51

преподаватель О.С. Насонова
(ФГОУ СПО «Жердевский колледж сахарной промышленности»),
тел. (47535) 5-45-08

Влияния вида щелочного возврата на эффективность прогрессивной преддефекации

Исследование влияния вида щелочного карбонатного возврата и темпа изменения рН на седиментационные показатели осадка преддефекованного сока. Исследовано влияние возврата нефильтрованного сока I сатурации в зону рН преддефекации 7,5 - 8,5.

The investigation of the influence of the alkaline carbonate return form and the rate of pH change on the sedimentation rainfall preliming juice. The effect of the unfiltered juice I saturation return into zone pH predefecation 7,5 - 8,5.

Ключевые слова: возврат, прогрессивная преддефекация.

Эффективность прогрессивной преддефекации (ППД) в значительной степени обусловлена видом щелочного карбонатного возврата [1]. В схеме известково-углекислотной очистки диффузионного сока (ИУО) (до 1978 г.) обязательным элементом являлся возврат на стадию оптимальной преддефекации 100-150 % сока I сатурации. Считалось, что в этом объеме возврата присутствуют в необходимом количестве частицы карбоната кальция, участвующие в формировании структуры осадка, и активная щелочность, обеспечивающая при смешивании с диффузионным соком величину рН, нейтральную по фенолфталеину. Для условий возделывания, уборки и хранения свеклы в 60-70-х годах прошлого века такой вариант преддефекационной обработки диффузионного сока позволял получать сравнительно высокие седиментационные и фильтрационные показатели сатурационных соков [2]. При наличии в схеме сборника-смесителя диффузионного сока и возвращаемого сока I сатурации и при последующей горячей оптимальной преддефекации при 82-85 °С в достаточной степени проходили процессы коагуляции и осаждения высокомолекулярных соединений (ВМС), а при невысоких массовых долях в свекле вредных несахаров (растворимых азотистых и редуцирующих веществ) продукты их щелочно-термического разложения не могли оказать заметного отрицательного влияния на качество очищаемого сока и сиропа.

Значительный прогресс в совершенствовании операции преддефекации в отечественной науке и практике наблюдался с конца 70-х годов прошлого века, что было обусловлено снижением технологических показателей сырья, возросшими требованиями к фильтрационным показателям сатурационных соков вследствие применения более технологичных листовых фильтров-сгустителей вместо декантаторов. Кроме того, сказалось влияние достижений западноевропейской технологии получения сахара из свеклы, предусматривающей использование прогрессивной преддефекации и листовых фильтров-сгустителей значительно раньше, чем на сахарных заводах России.

После широкого распространения на заводах более совершенной схемы очистки диффузионного сока с ППД появилась возможность возвращать не только нефильтрованный сок I сатурации, но и сгущенные суспензии соков I и II сатурации [3].

Особо отмечают преимущества возврата на преддефекацию суспензии сока II сатурации. При таком варианте в диффузионный сок вводятся частицы сравнительно чистого карбоната кальция с положительным ζ -потенциалом, что в сочетании с отрицательным поверхностным зарядом ВМС диффузионного сока обеспечивает более полное удаление коагулята за счет образования агрегатов при нейтрализации заряда и достижения изоэлектрического состояния [1].

Зарубежные исследователи и ученые России и Украины с целью повышения эффек-

тивности вводимой сгущенной суспензии сока II сатурации рекомендуют подвергать ее активации путем обработки определенным количеством гидроксида кальция [4]. При этом, по мнению авторов, происходит увеличение положительного заряда (или перезарядка) поверхности частиц карбоната кальция, что повышает его коагулирующие свойства. По данным ВНИИСП (Украина) в результате ввода на ППД активированной суспензии сока II сатурации улучшаются фильтрационные показатели сока I сатурации, снижаются доли солей кальция в соке II сатурации и цветность сиропа. Эти данные получены при очистке диффузионного сока сравнительно высокой Ч 85,6 %, содержащего редуцирующих веществ (РВ) 1,82 % на 100 СВ. Однако при исследовании ввода активированной суспензии II сатурации при очистке диффузионного сока пониженного качества (Ч 84,0 %, РВ 2,89 % на 100 СВ) наблюдается ухудшение фильтрования, повышение цветности сока II сатурации и сиропа [4]. При добавлении активированной таким образом карбонатной суспензии непосредственно в диффузионный сок, т. е. перед преддефекацией, эффективность ИУО снижается.

Приведенные данные нуждаются в более глубоком анализе с учетом поведения отдельных групп несахаров диффузионного сока. Процессу коагуляции ВМС предшествуют сложные конформационные изменения структуры различных уровней макромолекул белка, и они не могут проходить мгновенно [5]. Для обеспечения более полной коагуляции белков необходим определенный временной интервал, зависящий, прежде всего, от температуры [6]. Необходимо еще учитывать, что для каждой группы несахаров диффузионного сока имеется довольно ограниченный диапазон оптимальных значений pH (щелочности) коагуляции (ВМС) [1]. При вводе в диффузионный

сок перед ППД активированной суспензии (добавляется 0,24 % CaO) будет достаточно быстро достигнуто значение pH смеси 9,2-9,6, в макромолекулах белковых соединений не успеют завершиться предконформационные изменения, что поспособствует формированию рыхлых структур агрегатов частиц осадка [5]. Следует иметь в виду, что для диффузионного сока из свеклы пониженного качества характерно более заметное увеличение доли продуктов деструкции ВМС (пептидов) в сравнении с нативными белками [7]. Этот фактор играет решающую роль в формировании устойчивости частиц осадка преддефекованного сока в жестких условиях последующей горячей дефекации (высокая температура и pH более 12,0). Поэтому при переработке свеклы с повышенным содержанием вредных несахаров и уменьшением доли нативного белка необходимо обоснованно подходить к выбору темпа нарастания щелочности и продолжительности процесса ППД.

Нами проведено исследование влияния вида щелочного карбонатного возврата и темпа изменения pH на седиментационные показатели осадка преддефекованного сока. Диффузионный сок имел низкие показатели качества – Ч 78 - 79 %, массовая доля РВ 0,27 - 0,52 %, веществ коллоидной дисперсности более 3,6 % на 100 СВ и pH₂₀ 5,5 - 5,9. Опыты проводились в производственных условиях работающего сахарного завода. Отбираемый диффузионный сок для отделения мезги предварительно фильтровали через капроновую сетку, нагревали до 60 °С и проводили ППД вначале путем добавления только расчетного количества гидроксида кальция. Ввод щелочи осуществляли через равные промежутки времени, длительность процесса от 3 до 20 мин, конечное значение pH₂₀ сока 11,0 - 11,1 (табл. 1, сок Ч 78,2 %).

Т а б л и ц а 1

Влияние продолжительности преддефекации на показатели преддефекованного сока

Показатели преддефекованного сока	Длительность процесса преддефекации, мин					
	3	5	7	10	20	7*
S ₁₀ , см/мин	1,6	1,6	1,9	2,0	1,1	2,1
V ₂₅ , %	26,3	25,7	23,3	22,9	37,9	21,6

С увеличением продолжительности процесса от 3 до 10 мин улучшаются седиментационные показатели и уменьшается объем осадка преддефекованного сока. При возрастании длительности до 15 мин в режиме постепенного повышения pH смеси наблюдалось

ухудшение седиментации частиц преддефекованного сока, декантат становился мутным и затруднялось определение границы раздела фаз системы. В последней графе табл. 1 приведены данные при измененном режиме нарастания pH по продолжительности обработки

диффузионного сока. При низких величинах pH_{20} , характерных для первых двух секций аппарата ППД, сок находился по 2 мин, а в остальных четырех после достижения pH_{20} 8,2 - 8,4 – по 50 с. Вследствие замедленного темпа нарастания pH в области его низких значений юлучшилось отстаивание – скорость седиментации частиц в отдельных опытах возрастала на 30 %, декантат стал более прозрачным, наблюдалась четкая граница раздела фаз смеси. Эта серия опытов подтверждает целесообразность замедленного темпа нарастания щелочности без увеличения общей продолжительности процесса преддефекации, особенно при переработке свеклы пониженного качества.

В отдельной серии опытов проводили известковую преддефекацию при 80 °С. Ухудшение седиментации было обнаружено при продолжительности обработки 7 мин и более. Лучшие результаты по скорости седиментации получены при длительности процесса 3 – 5 мин, при увеличении более 7 мин декантат становился мутным и приобретал заметную бурую окраску, граница раздела фаз была нечеткой. Эти данные позволяют сделать заключение о нецелесообразности жесткого температурного режима ППД и рациональной ее продолжительности при очистке сока низкой чистоты. Этот вывод находится в противоре-

чий со спорными рекомендациями по регулированию температуры и продолжительности преддефекации с целью более полного разложения РВ, причем авторами предлагалось увеличение длительности процесса до 50 мин при 60 °С [8].

С учетом того, что повышенные доли РВ характерны для свеклы пониженного качества, содержащей значительные массы продуктов деструкции белков и менее устойчивые пектиновые вещества, высокая температура ППД нецелесообразна. Преддефекационная обработка сока из такой свеклы должна проводиться при умеренных температурах (до 60 °С), причем пребывание продукта в секциях с высокой щелочностью должно быть минимальным и, наоборот, в первых секциях при низких значениях pH продолжительность целесообразно увеличивать. Реализация таких режимов щелочности прогрессивной преддефекации в производственных условиях показала положительное влияние на показатели качества сатурационных соков и эффективность ИУО диффузионного сока.

Нами исследовано влияние [9] возврата нефильтованного сока I сатурации в зону pH преддефекации 7,5 - 8,5. Диффузионный сок имел следующие показатели: Ч 78,2 %, РВ 0,27 %, pH_{20} 5,90 (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Влияние объемов сока I сатурации на показатели преддефекованного сока

Показатели преддефекованного сока	Объемы вводимого сока I сатурации, %				
	30	50	70	100	150
S_5 , см/мин	3,9	2,6	1,3	1,2	0,9
S_{10} , см/мин	2,4	2,2	1,2	1,1	0,8
V_{25} , %	25,6	21,0	22,4	33,2	41,6

Из приведенных данных видно, что при вводе даже малых объемов сока I сатурации (30 %) по сравнению с известковой преддефекацией почти в 2 раза увеличилась скорость седиментации частиц суспензии. Однако при увеличении объемов возврата сока I сатурации до 100 % и более показатели седиментации ухудшаются в 2 - 3 раза и увеличивается объем осадка в 1,3 - 1,6 раза. С учетом значительной буферности сока из свеклы низкого качества, добавление 30 % сока I сатурации с малой общей щелочностью (0,027 - 0,033 % CaO) повышает pH сока на 0,4 - 0,6, что практически не сказывается на интенсификации нежелательных процессов разложения РВ и щелочного гидролиза белковых соединений в условиях начального этапа преддефекации. Однако вво-

димой в составе сока активной щелочности достаточно для выведения системы из равновесия и перевода ВМС из стабильного в метастабильное состояние, предшествующее собственно конформационным изменениям, приводящим при дальнейшем повышении щелочности к необратимым денатурационным изменениям их структуры [10]. Кроме того, в составе возврата сока I сатурации в обрабатываемую среду вводится небольшая масса продуктов щелочной конверсии РВ, претерпевших некоторую стадию поликонденсации и уже не имеющих столь высокой изначальной реакционной способности [1]. Так как величина pH смеси в результате ввода 30 % сока повышается незначительно, то далее она подвергается воздействию «чистой» активной щелочности,

обусловленной только гидроксидом кальция – будет достигнуто состояние стабилизационной паузы и более полная коагуляция ВМС.

При повышении объемов возврата до 100 % и более в среде в зависимости от буферности диффузионного сока будет заметный рост рН (до 8,5 и выше), т.е. быстрое достижение рН стабилизации ВМС или его превышение. В условиях переработки свеклы низкого качества такое резкое повышение рН среды не обеспечивает условий для предконформационных изменений в структуре ВМС, следовательно, процесс денатурации будет проходить спонтанно, в неуправляемом режиме с образованием рыхлых агрегатов с нестабильным поведением их в условиях жесткой дефекации.

Вводимые в избытке частицы карбоната кальция вследствие явления «стесненности» способствуют формированию неоднородных агрегатов различного размера, что вызывает ухудшение условий их осаждения и увеличение показателя объема осадка (V_{25}). Кроме того, в объем возврата вводится в 3 - 5 раз больше продуктов распада РВ, соответственно повышается их доля в соке и напряженность конкуренции с отрицательно заряженными ВМС на право вхождения в адсорбционный слой карбоната кальция.

В табл. 3 приведены результаты очистки диффузионного сока различного качества с возвратом на ППД сгущенной суспензии сока II сатурации.

Т а б л и ц а 3

Влияние расхода гидроксида кальция на показатели сатурационных соков

Показатели соков	Расход гидроксида кальция на дефекацию перед II сатурацией, % CaO				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Ч диффузионного сока 81,7 %					
Сок I сатурации					
S_{10} , см/мин	1,20	1,35	1,11	1,05	0,98
V_{25} , %	53,0	46,7	43,5	42,9	43,4
Скорость фильтрования, см ³ /(мин·см ²)	3,35	3,50	3,30	2,70	2,15
Цветность, усл. ед.	20,6	23,4	25,3	26,8	34,5
Сок II сатурации					
Цветность, усл. ед.	24,5	24,0	22,6	20,5	22,5
Массовая доля солей кальция, %/ 100 СВ	0,64	0,69	0,73	0,74	0,76
Ч диффузионного сока 87,3 %					
Сок I сатурации					
S_{10} , см/мин	1,55	1,70	1,74	1,77	1,81
V_{25} , %	38,4	37,0	36,3	35,3	34,2
Скорость фильтрования, см ³ /(мин·см ²)	3,70	4,10	4,25	3,35	2,75
Цветность, усл. ед.	13,6	9,8	10,1	14,8	19,2
Сок II сатурации					
Цветность, усл. ед.	14,1	10,5	9,6	10,8	12,1
Массовая доля солей кальция, %/ 100 СВ	0,22	0,14	0,17	0,22	0,32

Для сока более низкого качества (Ч 81,7 %) происходит улучшение седиментации лишь при малом отборе гидроксида кальция (0,25 %), далее заметно снижение скорости осаждения частиц суспензии, однако при расходе CaO до 0,5 % сохраняются удовлетворительное фильтрование и снижение объема осадка. Цветность сока I сатурации постоянно увеличивается при уменьшении расхода гидроксида кальция на основную дефекацию. Благоприятно сказывается на цветности очищенного сока увеличение расхода реагента на дефекацию перед II сатурацией с 0,25

до 0,5 % CaO, минимальная цветность наблюдается при расходе 0,75 %, однако массовые доли солей кальция при этом возрастают.

Для диффузионного сока из свеклы стандартного качества (Ч 87,3 %) во всем интервале отбора гидроксида кальция улучшаются седиментационные показатели; до расхода 0,5 % CaO поддерживается более высокая скорость фильтрования сока I сатурации, заметно снижается цветность очищенного сока и массовая доля солей кальция.

Таким образом, при переработке свеклы хорошего и среднего качества при возврате

суспензии сока II сатурации на ППД удается получать положительный эффект при вводе на дополнительную дефекацию от 0,25 до 0,50 % СаО. За счет этого обеспечивается улучшение фильтрационных свойств сока I сатурации, повышение качества очищенного сока – снижение цветности на 12 - 26 %, снижение содержания солей кальция на 8 - 33 %.

При отборе известкового молока с основной дефекации на известковую обработку сока перед II сатурацией следует контролировать фильтрационные свойства сока I сатурации, не допуская снижения эффекта адсорбционной очистки в процессе карбонизации гидроксида кальция в условиях рН 11,0 ± 0,15.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бугаенко, И. Ф. Общая технология отрасли. Научные основы технологии сахара. Часть 1 [Текст] / И. Ф. Бугаенко, В. И. Тужилкин. – М.: ГИОРД, 2007. – 512 с.

2 Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства [Текст] / А. Р. Сапронов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 430 с.

3 Захаров, К. П. Очистка диффузионного сока различного качества [Текст] / К. П. Захаров, Ю. Д. Головняк, Р. Г. Жижина и др. // Сахарная промышленность. – 1983. – № 5. – С. 32.

4 Головняк, Ю. Д. Совершенствование процессов предварительной дефекации в сахарном производстве [Текст] / Ю. Д. Головняк, Н. И. Жаринов и др. // Сахарная промышленность. – 1990. – № 8. – С. 44.

5 Голыбин, В. А. О коагуляции белковых фракций ВМС в процессе преддефекации [Текст] / В. А. Голыбин, Ю. И. Зелепукин, А. В. Пономарев // Сахар. – 2007. – № 4. – С. 32-33.

6 Жоли, М. Физическая химия денатурации белков [Текст] / М. Жоли, пер. с англ. под ред. М. В. Волькенштейна. – М.: Мир. – 1968. – 364 с.

7 Бобровник, Л. Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве [Текст] / Л. Д. Бобровник. – Киев: Высшая школа, 1994. – 256 с.

8 Максюттов, В. А. Расчет технологических режимов дефекации соков из сахарной свеклы различного качества [Текст] / В. А. Максюттов, Б. Ф. Колесников и др. // Сахарная промышленность. – 1977. – № 4. – С. 11-21.

9 Голыбин, В. А. Обоснование возврата суспензии на преддефекацию [Текст] / В. А. Голыбин, Н. Г. Кульнева, В. А. Федорук. – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2002. – 6 с.

10 Рева, Л. П. Денатурационные преобразования белковых веществ при известковой очистке диффузионного сока [Текст] / Л. П. Рева, Г. А. Симахина, В. М. Логвин // Сахарная промышленность. – 1983. – № 5. – С. 40-43.

REFERENCES

1 Bugaenko, I. F. General technology industry. Scientific basis of the sugar technology. Part 1 [Text] / I. F. Bugaenko, V. I. Tuzhilkin. – M.: Giord, 2007. – 512 p.

2 Sapronov, A. R. Technology of sugar production [Text] / A. R. Sapronov. – M.: Agropromizdat, 1986. – 430 p.

3 Zakharov, K. P. Extract purification of different quality [Text] / K. P. Zakharov, Y. D. Golovnyak, R. G. Zhizhina et al // Sugar industry. – 1983. – № 5. – P. 32.

4 Golovnyak, Y. D. Improving the pre-defecation in sugar production [Text] / Y. D. Golovnyak, N. I. Zharinov et al // Sugar industry. – 1990. – № 8. – P. 44.

5 Golybin, V. A. About coagulation protein fractions macromolecular compounds while pre-liming [Text] / V. A. Golybin, U. I. Zelepukin, A. V. Ponomarev // Sugar. – 2007. – № 4. – P. 32-33.

6 Joly, M. Physical chemistry of protein denaturation [Text] / M. Joly, M. V. Wolkenstein. – M.: Mir. – 1968. – 364 p.

7 Bobrovnik, L. D. Physicochemical bases of clearing in sugar production [Text] / L. D. Bobrovnik. – Kiev: High School, 1994. – 256 p.

8 Maksyutov, V. A. Calculation of technical regimes defecation juice from sugar beet of different quality [Text] / V. A. Maksyutov, B. F. Kolesnikov et al // Sugar industry. – 1977. – № 4. – P. 11-21.

9 Golybin, V. A. Justification back suspension on pre-liming [Text] / V. A. Golybin, N. G. Kulneva, V. A. Fedoruk. – Publ. of VSTA, 2002. – 6 p.

10 Reva, L. P. Conversion of denaturation of proteins in the juice purification [Text] / L. P. Reva, G. A. Simahina, V. M. Logvin // Sugar industry. – 1983. – № 5. – P. 40-43.