

## Исследование влияния основных факторов на переход несахаров из свекловичной стружки на диффузии

С. П. Олянская, Л. И. Загородняя, Н.А. Архипович

Процесс экстракции сахарозы из свекловичной стружки в диффузионный сок сопровождается накоплением в нем значительного количества различных несахаров. Изучению этого процесса посвящены работы [1–5].

П. М. Силин в своих исследованиях использовал сушеный жом, К.Д. Жура – свежую стружку, М. И. Даишев изучал влияние рН и состава буферных смесей (фосфатно-цитратного и боратного буфера) на пептизацию пектина, во ВНИИСПе исследовали влияние деминерализованной и природной воды. Длительность диффундирования в опытах [3] и [5] составляла соответственно 60 и 75 мин, температура – 72–74 и 70 °С.

В данной работе поставлена задача изучения влияния изменения основных параметров диффундирования – рН среды (от 4 до 8,5 ед.), температуры (от 20 до 80 °С) и длительности диффундирования (от 30 до 120 мин) на переход важнейших несахаров на диффузии: коллоидно-диспергированных, осаждаемых спиртом; пектиновых веществ и мелассообразующих несахаров  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ , влияние которых на последующие технологические процессы очень велико.

Существенное влияние на переход несахаров на диффузии оказывает ионный состав веществ, растворимых в воде. В качестве экстрагирующей жидкости применяли дистиллированную воду, подкисленную  $HCl$  и подщелоченную  $NH_4OH$  до величины рН 4; 5; 6,6; 7,6 и 8,6.

Большая трудоемкость анализов по определению указанных несахаров не позволяет проводить исследования на одном и том же сырье. Кроме того, переходящая в экстракционную жидкость сахароза влияет на точность определения несахаров пектинового комплекса.

Поэтому все опыты были проведены на предварительно обессахаренной и высушенной стружке. Свеклу измельчали на лабораторной свеклорезке, обрабатывали кипящим 96 %-ным этиловым спиртом, который в течение 2–3 мин денатурировал ферменты, способствуя сохранению первоначального соотношения свободных и связанных форм углеводов. Для полного извлечения сахарозы свекловичную стружку экстрагировали 3–4 раза 90 %-ным кипящим этиловым спиртом, а затем высушивали на воздухе.

Процесс экстракции осуществляли в колбах с обратными холодильниками, соотношение стружки и высолаживающей жидкости поддерживалось 1:1,2. Коллоиды определяли по методике [2], содержание пектиновых веществ в виде галактуроновой кислоты – карбазольным методом [6], дающим хорошую сходимость с классическим методом определения пектиновых веществ, содержание  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  – методом фотометрии в пламени.

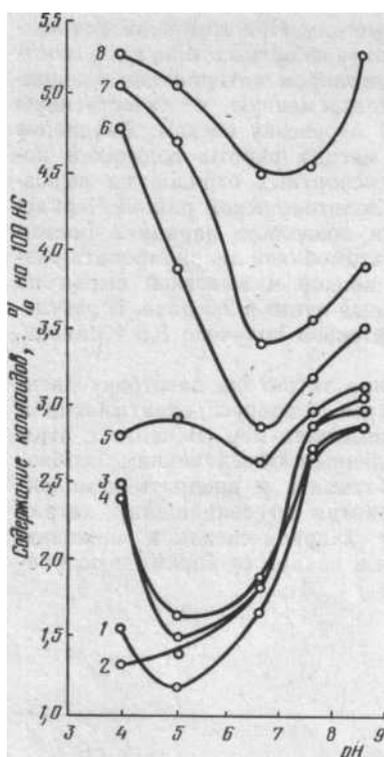


Рис. 1. Содержание коллоидов в растворе в зависимости от рН питательной жидкости: 1-4 – при  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\tau$  соответственно 30, 60, 90 и 120 мин; 5-8 – при  $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\tau$  соответственно 30, 60, 90 и 120 мин

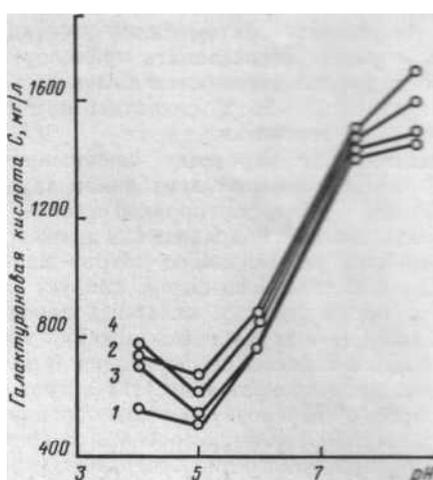


Рис. 2. Переход пектиновых веществ в раствор при  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\tau$ , мин: 1 – 30; 2 – 60; 3 – 90; 4 – 120

На рис. 1 приведены кривые зависимости перехода коллоидно-диспергированных нес сахаров от рН питательной жидкости, температуры и длительности процесса. Как видно из рис. 1, при температуре процесса диффузии  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  из вскрытых измельченных клеток свекловичной стружки в экстракционную жидкость переходит небольшое количество коллоидно-диспергированных нес сахаров. Минимальное количество коллоидов переходит при значении рН 5: 1,2 % при длительности диффузии 30 мин, 1,4 % – 60 мин, 1,67 % – 90 мин. Снижение рН экстракционной жидкости до 4, как и повышение рН выше 5, приводит к существенному накоплению коллоидов, например, при длительности процесса 90 мин и рН 4 их содержание составило 2,4 %; при рН 7,6 – 2,9 % и при рН 8,6 – 3,3 %.

Причина такого повышения коллоидов в соке – гидролиз протопектинового комплекса свеклы, который происходит при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 2).

При температуре процесса  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 1) наименьший переход коллоидно-диспергированных веществ наблюдается при рН питательной воды 6,6: при проведении процесса экстракции 30 мин их содержание на 100 НС составило 2,64 %, 60 мин – 2,87 %, 90 мин – 3,4 %. При длительности процесса диффузии до 120 мин содержание коллоидов увеличилось до 4,54 % на 100 НС.

Следовательно, для минимального перехода коллоидов в раствор длительность процесса диффузии не должна превышать 60 мин. Реальное время пребывания стружки в промышленных аппаратах значительно больше.

Так, по данным ВНИИСПа. среднеинтегральное время пребывания стружки в аппаратах непрерывного действия в мин составляет: аппарат ДС-17 – 114,7; КДА-25-59 – 80,3; из них в колонне — 73,0; в ошпаривателе – 7,3; РДА-30 – 70–71,8; в ошпаривателе – 15.

На рис. 2, 3, 4 приведены данные, характеризующие переход пектиновых веществ. По результатам этой серии опытов можно сделать вывод, что величина рН питательной воды, соответствующая минимальному переходу несахаров пектинового комплекса, непостоянная. Так, при температуре экстрагирующей жидкости 20 °С этот оптимум соответствует рН 5. При изменении длительности диффундирования от 30 до 120 мин количество галактуроновой кислоты увеличилось от 500 до 675 мг/л. При рН питательной воды 7,5 количество галактуроновой кислоты через 30 мин составило 1400 мг/л, через 60 мин – 1430, 90 мин – 1460 мг/л, а при рН 8,6 – соответственно 1440, 1490 и 1590 мг/л. Следовательно, при температуре процесса 20 °С с увеличением рН экстрагирующей жидкости с 5 до 8,6 наблюдается гидролиз протопектинового комплекса, приводящий к значительному накоплению галактуроновой кислоты. Если проводить процесс при 60 °С, оптимальный рН экстрагирующей жидкости также соответствует рН 5 при условии, что длительность диффундирования не превышает 30 – 60 мин. С увеличением

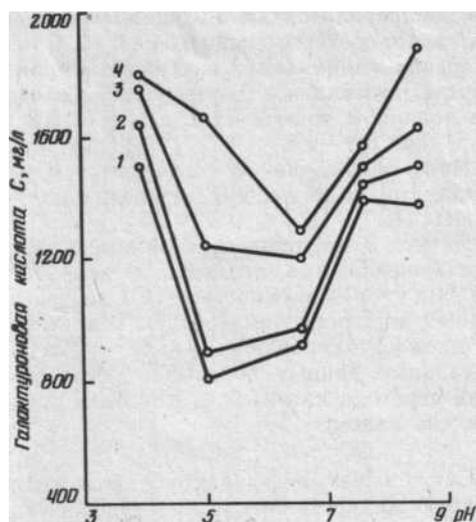


Рис. 3. Переход пектиновых веществ в раствор при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\tau$ , мин: 1 – 30; 2 – 60; 3 – 90; 4 – 120

длительности процесса до 90 мин величина рН, соответствующая минимальному содержанию пектиновых веществ, смещается вправо и составляет 6,6 ед. (рис. 3, кривая 3). Удлинение процесса экстракции с 30 до 90 мин при температуре 60 °С рН 5 привело к увеличению содержания галактуроновой кислоты с 810 до 1260 мг/л, при рН 6,6 и температуре 60 °С – с 1050 до 1200 мг/л.

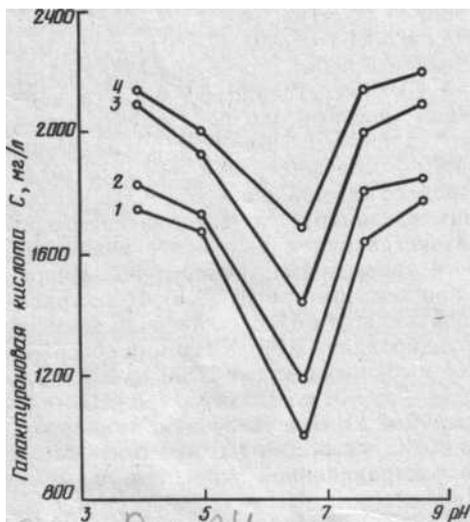


Рис. 4. Переход пектиновых веществ в раствор при  $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\tau$ , мин:  
1 – 30; 2 – 60, 3 – 90; 4 – 120

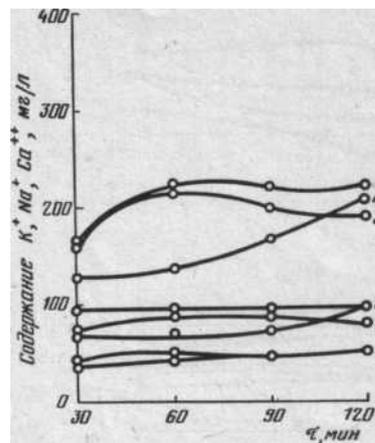


Рис. 5. Переход в раствор минеральных несугаров при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и pH 4,0, 5,0 и 6,6:  
1 –  $\text{Ca}^{++}$ ; 2,3 –  $\text{Na}^{+}$ ; 4–6 –  $\text{K}^{+}$

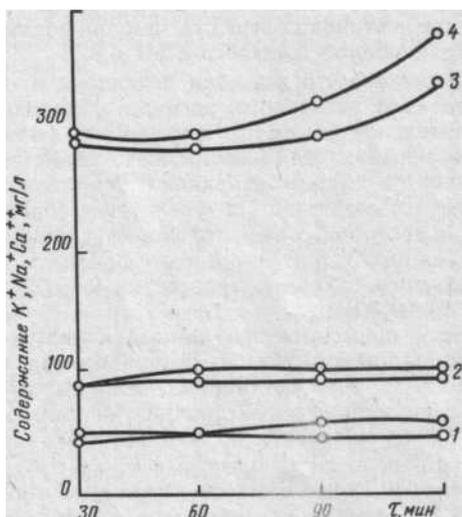


Рис. 6. Переход в сок минеральных несугаров при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  и pH 5,0 и 6,6:  
1 –  $\text{Ca}^{++}$ ; 2 –  $\text{Na}^{+}$ ; 3 –  $\text{K}^{+}$

Следовательно, с увеличением температуры и длительности процесса на диффузии наряду с гидролизом протопектина происходит гидролиз некоторых соединений свеклы, смещающий результирующее значение оптимального pH перехода пектиновых веществ в область более высокого значения pH (рис. 3, кривые 3, 4; рис. 4).

При проведении процесса экстракции при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  минимальный переход пектиновых веществ наблюдается при pH 6,6 (рис. 4).

Если для экстракции подавать жидкость с pH 6,6 и температурой  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 30 мин, в раствор переходит 1110 мг/л галактуроновой кислоты, через 90 мин – 1444 мг/л. При увеличении pH до 7,6 количество галактуроновой кислоты составит соответственно 1640, 2010 и 2140 мг/л, а при вели-

чине рН питательной воды 8,6 – 1790, 2120 и 2200 мг/л соответственно через 30, 60, 90 мин.

Таким образом, лабораторные опыты подтверждают, что при подаче на диффузию экстракционной жидкости с рН 7,6–8,6 в раствор перейдет примерно в полтора раза больше пектиновых веществ, чем при подаче экстракционной жидкости с рН 6,6.

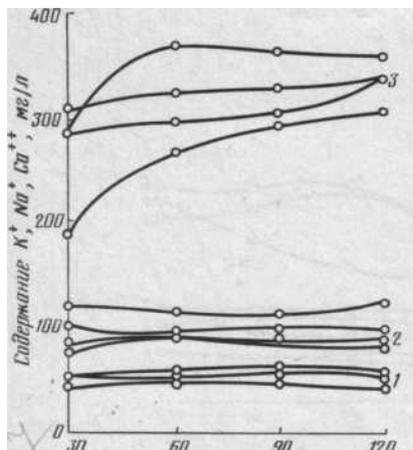


Рис. 7. Переход в раствор минеральных несахаров при  $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  и рН 4,0, 5,0, 6,6 и 7,6:  
1 –  $\text{Ca}^{++}$ ; 2 –  $\text{Na}^{+}$ ; 3 –  $\text{K}^{+}$

Известно, что все соли пектина и продуктов его щелочного распада обладают значительной вязкостью и ухудшают фильтрационные и седиментационные свойства осадков, а также затрудняют уваривание утфелей. По данным [7], увеличение содержания пектиновых веществ в диффузионном соке на 0,123 % к массе сока приводит к повышению сахара в мелассе на 0,15 % к массе свеклы.

Если применить эти данные к результатам наших опытов, то потери сахара в мелассе за счет пектиновых веществ при проведении процесса экстракции, например, при рН 6,6 в течение 60 мин (содержание пектиновых веществ 0,144 % к массе сока) составят 0,18 % к массе свеклы, а при рН 8,6 (содержание пектиновых веществ 0,212 %) – 0,26 %.

Один из факторов, определяющих оптимальное содержание сахарозы в жоме, – количество мелассообразующих несахаров, которое экстрагируется с остатками сахарозы из жома. По данным [8], остаточная сахароза экстрагируется вместе с большим количеством несахаров.

Исследования, проведенные во ВНИИСПе [5], показали, что с точки зрения минимального накопления пектиновых веществ в диффузионном соке оптимальное среднее значение рН диффузионной среды для деминерализованной и природной вод составляет соответственно 6,34 и 6,15. С точки зрения минимизации издержек, в производстве оптимальное значение рН деминерализованной воды составляет 6,7–6,8 и природной 6,4–6,5.

Наши исследования согласуются с результатами исследований, проведенных ВНИИСПе.

На рис. 5, 6, 7 приведены данные о переходе минерального несахара в виде  $\text{K}^{+} > \text{Na}^{+} > \text{Ca}^{++}$  в зависимости от рН экстрагирующей жидкости, тем-

пературы и длительности диффундирования. Анализ экспериментальных данных показывает, что скорость перехода катионов может быть представлена рядом:  $K^+ > Na^+ > Ca^{++}$ .

$Ca^{++}$  и  $Na^+$  диффундируют в экстракционную жидкость весьма медленно: ни удлинение процесса с 30 до 120 мин, ни повышение температуры с 20 до 80 °С практически не влияет на их накопление. Например, при температуре 20 °С и рН 6,6 за 30 мин в раствор перешло 40 мг/л, а за 120 мин – 55 мг/л  $Ca^{++}$ .

При температуре 80 °С и рН питательной жидкости 6,6 через 30 мин диффузии содержание  $Ca^{++}$  составило 50 мг/л, а через 120 мин осталось на том же уровне – 50 мг/л; при рН 7,6 – 55 и 56 мг/л, при рН 8,6 – соответственно 44 и 50 мг/л.

Процесс накопления ионов  $K^+$  в растворе интенсифицируется с удлинением процесса экстракции и еще более значительно – с увеличением температуры. Например, при температуре 20 °С и рН экстрагирующей жидкости 6,6 с удлинением времени диффундирования с 30 до 120 мин содержание  $K^+$  в соке возрастает с 169 до 223 мг/л, при рН 4 – со 131 до 210 мг/л, при рН 5 – со 165 до 196 мг/л. При увеличении температуры до 80 °С через 30 и 120 мин содержание  $K^+$  в экстракционной жидкости, в мг/л, составило:

рН 5 274,6 и 341

рН 6,6 290,0 и 360

рН 7,6 190 и 360

Аналогичная закономерность перехода катионов  $K^+ > Na^+ > Ca^{++}$  подтверждается переходом минерального несахара в процессе экстракции сахарозы в реальных производственных условиях.

Из приведенных данных видно, что для уменьшения перехода коллоидно-дисперсных несахаров, пектиновых веществ и минерального несахара в виде  $K^+$ ,  $Na^+$  и  $Ca^{++}$  в экстракционную жидкость необходим быстрый темп работы на диффузии. Длительность процесса экстракции не должна превышать 60 мин, рН питательной воды не должно быть выше 6,6.

С точки зрения перехода несахаров, перспективным является снижение температуры процесса до 60 °С, однако, в производственных условиях это затруднило бы полноту высолаживания стружки.

## Список использованной литературы

1. *Силин П. М.* Вопросы технологии сахаристых веществ. – М.: Пищепромиздат, 1950, с. 15–18.
2. *Думанский А. В.* Водорастворимые коллоиды в продуктах пищевой промышленности и значение их в технологических процессах. – М.: Пищепромиздат, 1943, с. 12–16.
3. *Даишев М. И., Троянова Н. Л.* Влияние рН на переход пектиновых веществ в диффузионный сок. – Сахарная промышленность, 1971, № 7, с. 17–20.
4. *Жура К. Д.* О влиянии рН на пектинизацию пектиновых веществ. – Сахарная промышленность, 1957, № 12, с. 53–55.
5. *Кулинич Н. В., Ярмилко В. Г., Валовой Б. Н.* Влияние качества питательной воды для диффузионного процесса на изменение рН диффузионной среды. – Сахарная промышленность, 1980, № 4, с. 55–60.
6. *Олянская С. П., Жура К. Д., Загородняя Л. И.* Колориметрический метод определения пектиновых веществ. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, вып. 11, 1974, с. 6–9.
7. *Силин П. М.* Химия сахарного производства. – М.; Л.: Снабтехиздат, 1933, 200 с.
8. *Schiweek H.* Beeinflusst die ionogene Zusammensetzung des Extraktionswassers das Pufferungssystem der Extraktion, die ionogene Zusammensetzung des Kohsafles und die abpressbarkeit der extrahierten Schnitzel. – Zucker, 1971 № 24 17, S. 523–537.