

Проф. С. В. ЛЕБЕДЕВ и Н. Г. ЗАБЕГАЛОВ

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСУШИВАНИЯ
===== САХАРНОЙ СВЕКЛОВИЦЫ =====
НА СТЕПЕНЬ ПЕРЕХОДА ИЗ НЕЕ В СОК
НЕСАХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ**

Влияние температуры высушивания сахарной свеклы на степень перехода из нее в сок несахаристых веществ.

Переработка сушеной свеклы в сахарной промышленности в настоящее время приобретает все большее и большее значение, не только как идея, но и как осуществимая на практике возможность. В связи с этим особенно за последние годы появилось много работ видных теоретиков и практиков сахарного дела. Результатом этих исследований является выяснение целого ряда вопросов, связанных с экономическими и техническими возможностями переработки сушеной свеклы. Так, устанавливались наиболее благоприятные температуры высушивания свекловичной стружки в отношении извлечения из нее сахара с минимальными его потерями; выясняется, в какой степени повышение температуры высушивания способствует карамелизации и образованию инверта; известно также, что при переработке сухой свекловичной стружки получают соки более высокой доброкачественности, чем при переработке той же свеклы в сыром ее состоянии.

В связи с последним естественно возникает вопрос об очистительном значении высушивания свеклы в смысле влияния последнего на переход в диффузный сок различных видов несахаров. В указанном направлении литература пока еще не дала исчерпывающего ответа. В виду обширности указанного вопроса, в задачу настоящей работы было поставлено освещение только части его, а именно выяснение влияния процесса высушивания и его температур на степень перехода в дигестионный сок азотсодержащих веществ, имеющих в процессе сахарного производства значение вредных патокообразователей, зольных элементов и пентозанов в условиях работы с высушенной стружкой.

Методика и техника постановки опытов сводятся к следующему: предварительно вычищенная и насухо вытертая свекла изрезалась ножом заводской свеклорезки и превращалась в желобчатую стружку толщиной 3—4 м.м. Полученная стружка тщательно перемешивалась и из этой общей пробы отбиралась: проба для определения сахара и азота и пять одинаковых по весу проб для высушивания их при различных температурах. В дальнейшем принимается, что все эти пробы по своему составу тождественны. Пробы размещались на металлических тарелках, по 300 грамм на каждой. Последние ставились на расположенные одна на другой пять полок сушильного электрического шкафа. Сушка велась током горячего воздуха. Каждой полке соответ-

ствовала своя вполне определенная постоянная температура. Так, одна проба высушивалась при 65°C, другая—при 75°C, третья—80°C, четвертая—85°C и пятая при 95—97°C. Эти температуры являются наименее угрожающими развитию процессов разрушения в высушиваемой свекле. В указанных условиях высушивание свеклы велось до веса не изменяющегося при данной температуре в течение одного часа. Таким образом, в результате высушивания получается пять проб сухой стружки—фракция I, II и т. д. Материалом для исследования послужили партия свеклы Барнаульского опытного поля (А) и партия свеклы Алейского района Барнаульского округа (Б). Условия и результаты высушивания представлены в нижеследующей таблице I.

ТАБЛИЦА 1.

Партия свеклы	№№ фракций высушенной свеклы	Условия высушивания			Результаты высушивания			
		Температура высушивания све- клович. стружки в градусах С	Продолжительн. высушив. стружки в часах	Количество сырой стружки взятой для высушивания в граммах	Удалено воды из стружки при вы- сушив. в граммах	Удалено воды из стружки при выс. в % к первонач. весу свеклы	Вес сухой стружки в грам- мах	Получено сухой стружки в % к первонач. весу сырой стружки
А	I	65	14	900	706	78,5	194	21,5
	II	75	13	"	710	78,9	190	21,1
	III	80	11	"	707	78,6	193	21,4
	IV	85	9	"	711	79,0	189	21,0
	V	97	6	"	715	79,5	185	20,5
Б	I	65	14	"	641	71,2	259	28,8
	II	75	13	"	645	71,6	255	28,4
	III	80	11	"	640	71,1	260	28,9
	IV	85	9	"	640	71,7	260	28,9
	V	97	6	"	636	70,6	264	29,4

К характеристике исходного материала необходимо отметить, что партия свеклы А по содержанию в ней воды богаче, чем партия свеклы Б. Это было принято во внимание при пересчете навесок сухой стружки на сырое вещество свеклы в дальнейшем. Каждая фракция сухой стружки хранилась в отдельной банке с притертой пробкой.

Сущность методики исследования состояла в следующем:

сахар определялся, как в сырой, так и соответственной ей в сухой свекле методом водной горячей дигестии при температуре 85°C и продолжительности в 45 минут; поляризация в трубках 400 м.м. Эти условия дигестирования, как известно (см. работу „О динамике

высушивания сахарной свеклы" — С. В. Лебедев и Н. Г. Забегалов (т. трудов ЦИНС'а) являются хорошими в смысле максимального извлечения сахара из сухой свеклы. При всех определениях сахар навеска вещества соответствовала нормальной—26 граммам. Для сухой стружки навески уменьшались для каждой фракции свеклы согласно с процентом удаленной воды и в пересчете на сырое вещество свеклы были эквивалентны нормальной навеске.

При определении различных форм азота навеска во всех случаях соответствовала 20 гр. сырого вещества свеклы.

Общий азот определялся по методу Киельдаля, белковый по Бернштейну и амидный и аммиачный по Шульце. Зола определялась в сухой стружке отдельных фракций и выпаренных на водяной бане соках из них путем сжигания в муфеле, с предварительным медленным обугливанием при слабом нагревании. Навески соответствовали количеству около 1,5 граммам сухого вещества свеклы. Определения золы касались только партии Б. В отношении метода исследования пентозанов скажем далее.

А теперь переходим к изложению результатов работы и обратимся сначала к характеристике взятой для исследования сырой свеклы.

В таблице 2 дается сводка результатов исследования сырой свеклы. Азот в стружке и дигестионных соках из нее показан в процентах по весу сырого вещества свеклы (графы 4, 6, 9, 11), графы 5, 7, 10, 12 показывают, сколько переходит различных форм азота в дигестионный сок в процентах от общего азота стружки; в графе 8 указано сколько переходит в дигестионный сок белкового азота в процентах от его общего содержания в стружке; в графе 3 представлены результаты определения сахара (см. таблицу 2).

ТАБЛИЦА 2.

Партия свеклы	Исследуемый материал	Процент содержания сахара в сырой свекле	Азот в % по весу сырого вещества свеклы									
			Общий		Белковый			Амидный и аммиачный		Вредный		
			В 100 частях сырого вещества свеклы	Перешло общего азота в диг. сок от его содержания в стружке принятого за 100%	В 100 частях сырого вещества свеклы	Перешло в диг. сок от общего азота стружки принятого за 100%	Перешло белков азота в диг. сок от содерж. в стружке прин. за 100%	В 100 частях сыр. вещества свеклы	Перешло в диг. сок от общ. азота стружки прин. за 100%	В 100 частях сырого вещ. свеклы	Перешло в диг. сок от общего азота стружки принятого за 100%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
А	Стружка	12,04	0,29	—	0,12	—	—	0,02	—	0,15	—	—
	диг. сок	—	0,17	58,6	0,03	10,0	24,7	0,02	100	0,12	41,	—
Б	Стружка	18,03	0,30	—	0,11	—	—	0,03	—	0,15	—	—
	диг. сок	—	0,22	72,1	0,03	8,9	23,6	0,03	100	0,16	—	—

При анализе результатов исследования сухой свеклы мы коснемся и данных, изложенных в таблице 2. Остановимся на основной части нашей работы, а именно исследовании фракций сухой свеклы и соков из нее. Результаты наблюдения в отношении азотосодержащих веществ сводятся к таблицам №№ 3, 4, 5.

В таблицах 3 и 4 (стр. 5 и 6) представлены данные определений общего, белкового, амидного и аммиачного азота и вредного азота, при чем последний взят как разность между общим азотом, с одной стороны и суммой между белковым, амидным и аммиачным — с другой. Таблица 3 соответствует партии свеклы А, таблица 4 — партии свеклы Б. Графы 3, 5, 7, 9, 11 показывают содержание различных форм азота в сухой стружке и дигестионных соках из нее отдельных фракций в процентах от веса сырого вещества стружки; графы 4, 6, 8, 10, 12 выражают в процентах содержание всех видов азота в стружке и дигестионных соках от общего содержания азота стружки, принятого за 100 процентов.

В таблице 5 дано процентное содержание белкового азота в дигестионном соке из сухой свеклы от общего его содержания в стружке принятого за 100 процентов.

ТАБЛИЦА 5.

Процентное содержание белкового азота в дигестионном соке из сухой стружки от общего его содержания в стружке, принятого за 100 процентов.

Партия свеклы	Фракции свеклы и температуры высушиваний				
	I—65°C	II—75°C	III—80°C	IV—85°C	V—97°C
А	29,2	29,8	18,8	17,8	23,8
В	21,5	23,5	23,3	22,1	23,4

Рассматривая данные вышеприведенных таблиц, мы можем сделать следующее заключение. Для всех фракций высушенной свеклы, как для партии свеклы А, так и Б,—количества общего азота в сухой стружке остаются почти постоянными, если не принимать во внимание результатов приведенн. в таблице 3, соответствующих фракциям IV и V. Здесь наблюдается как бы некоторое уменьшение общего азота в стружке в связи с повышением температуры высушивания. Но это видимое уменьшение скорее обуславливается возможной неоднородностью сырого материала. Говорить, что высушивание может влиять на уменьшение общего азота—нет оснований.

В отношении перехода из сухой стружки в дигестионный сок общего азота, влияние температур высушивания сказывается, а именно: процент общего азота в дигестионном соке от общего его содержания в стружке, принятого за 100 процентов оказывается наименьшим для фракций свеклы, сушившихся при 75 и 80°C (см. таблицу 3) и для фракций, сушившихся при 80, 85°C (см. табл. 4).

Это обстоятельство находится в непосредственной связи с тем, как относятся к высушиванию свекловичной стружки белковые азо-

ТАБЛИЦА 3.

Процентное содержание азотистых веществ в сухой свекле и дигестионных соках из нее в пересчете на 100 частей сырого вещества свеклы.

Партия А.

Форма азота	Исследуемый материал	№№ фракций и температуры высушивания свеклы в 0°С									
		I—65°		II—75°		III—80°		IV—85°		V—97°	
		Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ного азота исход-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ного азота исход-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ного азота исход-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ного азота исход-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ного азота исход-ной свеклы, при-нятого за 100%
Общий азот	Стружка	0,290	—	0,288	—	0,293	—	0,279	—	0,270	—
	Дигест. сок	0,228	78,0	0,218	75,7	0,222	75,7	0,220	78,8	0,200	74,8
Белковый азот	Стружка	0,123	42,4	0,118	40,9	0,154	52,7	0,157	56,6	0,130	49,2
	Дигест. сок	0,036	12,4	0,024	8,3	0,029	9,8	0,027	9,7	0,030	11,2
Амидный и аммиачный азот	Стружка	0,031	10,6	—	—	0,023	7,8	—	—	0,02	6,3
	Дигест. сок	0,025	8,6	—	—	0,019	6,4	—	—	0,02	5,6
Вредный азот	Стружка	0,136	46,8	—	—	0,116	39,5	—	—	0,138	51,1
	Дигест. сок	0,167	57,5	—	—	0,174	59,4	—	—	0,150	55,5

ТАБЛИЦА 4.

Процентное содержание азотистых веществ в сухой свекле и соках из нее в пересчете на 100 частей сырого вещества свеклы.

Форма азота	Исследуемый материал	№№ фракций и температуры высушивания свеклы в °С											
		I—65°		II—75°		III—80°		IV—85°		V—97°		Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%	
		Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%	Азот по весу сырого вещества свеклы	Азот в % от об-ной свеклы, при-нятого за 100%		
Общий азот	Стружка	0,293(3)	—	0,291(9)	—	0,312(1)	—	0,294(3)	—	0,291(7)	—	—	—
	Дигест. сок	0,216(7)	73,8	0,217(5)	74,5	0,208(9)	66,9	0,198(1)	67,2	0,224	76,7	—	—
Белковый азот	Стружка	0,127(4)	43,4	0,121(8)	41,7	0,124(6)	39,9	0,129(5)	44,0	0,123(9)	42,4	—	—
	Дигест. сок	0,026(9)	9,1	0,028(5)	9,7	0,029	9,2	0,029	9,8	0,029	9,9	—	—
Амидный и аммиачный азот	Стружка	0,036(4)	12,4	0,032(9)	11,2	0,037(8)	12,1	0,036(4)	12,2	0,032(9)	11,2	—	—
	Дигест. сок	0,038(7)	13,1	—	—	0,034(4)	11,0	0,034(4)	11,6	0,032(3)	11,0	—	—
Вредный азот	Стружка	0,129(5)	47,2	0,163(7)	46,8	0,150(7)	48,2	0,128(4)	43,6	0,134(9)	46,1	—	—
	Дигест. сок	0,151(0)	51,5	—	—	0,145(5)	46,9	0,134(7)	45,8	0,162(7)	55,7	—	—

тистые вещества, находящиеся в ней. Разрешение этого вопроса и являлось главной задачей данной работы. Наиболее важным для этого вопроса является момент влияния температур высушивания свежковичной стружки на степень перехода в дигестионный сок белковых азотистых веществ. Из рассмотрения данных таблиц 3 и 4 видно, что в процентном отношении к общему азоту стружки количество белковых веществ, переходящих в дигестионный сок, оказывается меньшим для фракций свеклы, сушившихся при температурах 75, 80, 85°C для партии А и для фракций свеклы — температур — 80, 85°C — для партии В.

Для фракций свеклы, сушившихся ниже 75°, процент белковых веществ переходящих в дигестионный сок, от общего азота стружки по отношению к последующим температурным фракциям оказывается повышенным для партии свеклы А и пониженным для партии В, что повидимому находится в связи с некоторыми индивидуальными чертами исследуемых партий свеклы. Для фракций же свеклы (см. табл. 3 и 4), сушившихся при температуре 97°C оказывается, что процент белковых веществ от общего азота стружки, переходящий в дигестионный сок, всегда повышен.

То же самое наглядно можно видеть из рассмотрения данных таблицы 5, объяснение которой дано выше. В пределах температур от 65° до 85°C, при которых сушились соответствующие фракции, процент белковых веществ по отношению к общему содержанию их в стружке, переходящих в дигестионный сок, с повышением температуры уменьшается. Но для фракций свеклы, сушившихся при 97°C наступает резкий скачок—в дигестионный сок переходит в этих условиях больше белковых веществ чем в предыдущих условиях. Объяснить причину этого, пожалуй, было бы трудно, если не принимать во внимание то положение, что с постепенностью процесса обезвоживания стружки при высоких температурах создаются относительно благоприятные условия для гидролиза белков.

Касаясь передвижения других форм азота, заметим, что в отношении влияния температур высушивания на переход в дигестионный сок из сухой стружки амидного и аммиачного азота сделать какие-либо выводы не представляется возможным.

Наконец, отметим, что в отношении азотосодержащих веществ процесс высушивания влияет в смысле эффекта очистки соков, несколько повышая его сравнительно с сырой стружкой. Так (см. табл. 2) из сырой стружки в дигестионный сок переходит от 23,6 до 24,7 проц. белковых веществ от их общего содержания в стружке, тогда как в тех же условиях, но уже из сухой стружки той же свеклы, высушенной при температуре 75°, 80—85°C в дигестионный сок переходит от 22,1 до 23,5 и от 17,8 до 20,3 (см. табл. 5).

Остановимся кратко на влиянии температуры высушивания свеклы на степень перехода из сухой стружки в сок зольных веществ. Данные приведены в нижеследующей таблице 7. Зола показана в процентах по весу сухого вещества, как в стружке, так и в соках из нее, соответственно высушенным температурным фракциям. Из рассмотрения приведенных данных выясняется, что фракция свеклы, сушившаяся при температуре 85°C находится в более благоприятных условиях в отношении очистки сока от неорганических составных частей свеклы, чем другие фракции. Это совершенно согласуется

и с тем, что для этой фракции получается и меньший процент белковых веществ в дигестионном соке. Последнее обуславливает известную задержку золы в массах стружки и поэтому часть золы не подвергается дигетированию.

ТАБЛИЦА 6.

№№ фракций	Температуры высушива- ния свеклы в °С	Содержание золы в % по весу сухого вещества		Перешло золы в дигестионн. сок в % от веса золы стружки
		Стружка	Дигестионн. сок	
I	65	3,4	2,4	70,6
II	75	3,6	2,9	80,5
III	80	3,9	2,9	71,7
IV	85	3,7	2,4	64,8
V	97	3,4	2,5	73,5

Остается еще сказать о влиянии высушивания свеклы и температурных условий сушки на степень извлечения при дигестионном способе получения сахара веществ определяемых при обычных анализах понятием так называемых „пентозанов“, под чем в данном случае подразумевается совокупность безазотистых экстрактивных веществ свеклы, дающих при кипячении с соляной кислотой фурфурол. Продуктами гидролиза таких веществ, входящих в состав сахарной свеклы, являются также вредные патокообразователи. Следовательно, постановка вопроса, указанного выше, вполне естественна и если уменьшение перехода „пентозанов“ свеклы в сока из высушенной стружки имеет место, то это было бы благоприятным фактором для сушеной свеклы при очистке получаемых из нее соков. Указанная часть работы выполнена С. В. Лебедевым и С. Н. Лоскутовой со свеклой, уже охарактеризованной выше, при соблюдении тех же условий высушивания свеклы и дигетирования, какие были приняты при выяснении вопросов, относящихся к азотосодержащим веществам той же сахарной свеклы. Пентозаны определялись, как в сырой, так и в сухой свекле по методу Толленса.

Результаты опытов сведены в таблице 7, где показаны процентные содержания пентозанов в сырой свекле и той-же сухой, а также в их дигестионных соках; в последних графах приводятся данные о переходе пентозанов в дигестионный сок в процентах от общего количества их и уменьшение перехода в сок пентозанов в процентах от общего количества их в свекле.

При составлении результатов анализа сырой и высушенной стружки и соответственных дигестионных соков выявляется, что степень извлечения пентозанов при дигестии из высушенной свекловичной стружки меньше, чем при дигестии из сырой стружки.

ТАБЛИЦА 7.

№№ фракций свеклы	Температура высушивания в градусах С	Содержание пентозанов в сырой и высушенной стружке в % по весу сырой стружки		Содержание пентозанов дигестивного сока из сырой и высушенной стружке в % по весу сырой стружки		Содержание пентозанов перешедших в дигестивный сок в % от общего количества пентозанов в свекле		Уменьшение перехода в сок пентозанов в % от общего количества их в свекле
		Сырая стружка	Высушенная стружка	Сырая стружка	Высушенная стружка	Сырая стружка	Высушенная стружка	
I	63—68	1,4	1,37	0,21	0,12	16,11	9,09	7,27
II	73—77	—	1,45	—	0,16	—	11,81	4,46
III	80—83	—	1,36	—	0,13	—	9,42	6,85
IV	85—90	—	1,41	—	0,15	—	11,41	4,83
V	92—97	—	1,38	—	0,12	—	8,77	7,50
I	63—68	1,72	1,69	0,27	0,16	14,72	9,72	5,0
II	73 78	—	1,77	—	0,22	—	12,98	1,74
III	80—83	—	1,70	—	0,19	—	11,35	3,37
IV	85—90	—	1,74	—	0,20	—	11,30	3,42
V	92—97	—	1,79	—	1,19	—	11,40	3,28

Подводя итог вышеизложенному, приходим к следующим выводам:

1. Процесс высушивания свекловичной стружки и его температуры влияют на степень перехода в сок азотсодержащих веществ в сторону их уменьшения.

2. Наиболее благоприятными температурами для этого являются температуры сушки свеклы в пределах (от 75 до 85°C) как раз тех температур, которые в то же время способствуют и наибольшей степени извлечения сахара из сухой свеклы.

3. Значение указанных температур высушивания в смысле поднятия эффекта очистки соков состоит в непосредственной связи с коагулированием белков под влиянием той или иной степени нагревания.

4. Температура высушивания свекловичной стружки в 85°C благоприятствует также и уменьшению степени перехода из сухой стружки в дигестионный сок зольных элементов.

5. Высушивание свекловичной стружки оказывает влияние на степень извлечения пектиновых веществ (пентозанов), точнее говоря производных пентозанов, уменьшая содержание последних в дигестионном соке.

Все сказанное выше дает основание для общего вывода о том, что высушивание свекловичной стружки, в целях переработки ее в сахарной промышленности является целесообразным со стороны повышения эффекта очистки соков от несхаристых веществ. Численные значения эффекта очистки соков сушеной свеклы очевидно, могут колебаться в зависимости от индивидуальных особенностей исследуемой сушеной сахарной свеклы.

Гор. ТОМСК.
Лаборатория Питательных Веществ
Сибирского Технологического
Института.