

Н. А. СЫЧЕВ

**ПРИРОДНАЯ *d*-КСИЛОЗА И ЕЕ БИОХИМИЧЕСКОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 19 VII 1940)

Отходы зернового хозяйства: солома, кукурузные обмолоченные початки, хлопковая шелуха, разные виды лузги и пр.—богатый промышленный источник для добывания природной *d*-ксилозы и для ее биохимической переработки. Они содержат от 25 до 40% пентозанов и резервы их в СССР очень велики. Исследования, начатые нами в 1931 г., имели целью решение двух основных задач: получение и испытание в народном хозяйстве природной ксилозы и биохимическое использование пентозно-гексозных гидролизатов на кормовые дрожжи. Настоящая работа представляет результаты проведенных нами и под нашим руководством опытов, в значительной мере проверенных в ползуаводских условиях на б. Безенчукской краевой опытной станции.

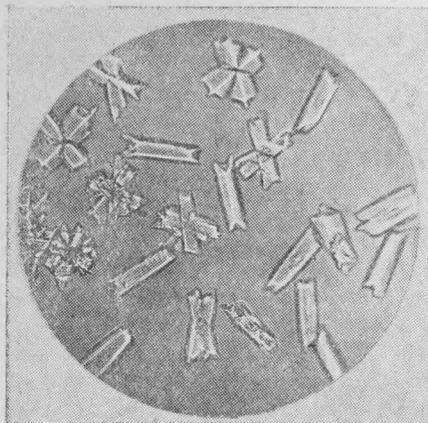
Ксилозный гидролиз сельскохозяйственных отходов и его теоретические предпосылки. В составе гемицеллюлоз сельскохозяйственных отходов участвуют преимущественно пентозаны-ксиланы. Присутствующие среди продуктов гидролиза глюкоза, манноза и галактоза *d*-ряда составляют всего лишь не более 6% всех сахаров гидролизата. Содержание метилпентозанов не превышало 3,5%.

Химическая идентификация основного продукта пентозного гидролиза—сахара  $C_5H_{10}O_5$ , установленного нами общими приемами анализа, а также ацетилированием и окислением, дала следующее: температура плавления 145°; температура плавления озона 156—159°;  $[\alpha]_D^{20}$  (поляриметр Бамбергверка) = +17,6°; криоскопия  $M=148$  (3,3%,  $\Delta t^\circ=0,426^\circ$ ); содержание N в озоне: найдено %: 17,4, вычислено %: 17,1; ксилозы по Tollens'у 99,8%; реакция Bertrand Cd  $(C_5H_9O_6)_2CdBr_2 \cdot 2H_2O$ ; положительные цветные реакции; окислением  $HNO_3$  получена *i*-триоксиглутаровая кислота.

Таким путем было доказано, что основной пентозой гемицеллюлоз сельскохозяйственных отходов является *d*-ксилоза.

Наличие в сахаре-полурафинаде до 3,5% уроновых кислот при принятом нами способе его приготовления (предварительное удаление пектиновых веществ из материала, подвергаемого гидролизу) подтверждает высказывания К. Мейера и Марка о возможном образовании ксилана в растениях из целлюлозы.

Итоги экспериментальных исследований 1932—1939 гг. Согласно с проведенными исследованиями промышленное получение кристаллической *d*-ксилозы оформляется нами в настоящее время в следующей технологической схеме: 1) предварительная отпыловка сырья и его сепарирование; 2) водное экстрагирование—в отдельных аппаратах или батарейным способом ( $130^{\circ}$ ); 3) вытеснение катализатором ( $140^{\circ}$ ); 4) гидролиз в перколяторах ( $150^{\circ}$ ,  $35'$ ) с последующим выщелачиванием сахара диффузионным способом; 5) нейтрализация и фильтрация гидролизатов; 6) фильтр-пресс после 2-й выпарки для выщелачивания оставшегося сахара; 7) обработка активированным углем и кизельгуровая фильтрация; 8) I выпарка и фильтрация; 9) II выпарка и кристаллизация (уффель); 10) центрифугирование *d*-ксилозы.



Показатели работы ксилозного цеха (в пересчете на 1 ц переработанного сырья): а) расход катализатора 2 кг; б) выход редуцирующих веществ по гидролизатам соломы до 22 кг, по гидролизатам початков до 34,0 кг; в) то же (от теории) до 80,0%; г) выход редуцирующих сахаров по сиропам: из соломы до 18,0 кг, из початков до 22,4 кг; д) доброкачественность сиропов 82,2; е) выход ксилозы-сырца: из соломы до 8,3 кг, из початков до 12,1 кг.

Технологический процесс, осуществляемый гидролизным цехом для биохимического использования гидролизатов, определяется следующей схемой:

Водная обработка: предварительный прогрев материала, экстрагирование ( $150^{\circ}$ ,  $30'$ ), сдвух экстракта, «вытеснение» раствором катализатора ( $142^{\circ}$ ).

Ксилозный гидролиз: дополнительная подача в гидролизер катализатора ( $150^{\circ}$ ), гидролиз ( $150^{\circ}$ ,  $30'$ ), сдвух гидролизата, выщелачивание *d*-ксилозы.

Гексозный гидролиз: «вытеснение» остатков *d*-ксилозы ( $150^{\circ}$ ), перколяция ( $180^{\circ}$ ).

Нейтрализация и осветление гидролизатов.

Показатели схемы: а) для I фазы—ксилозного гидролиза: выход редуцирующих веществ (от теории) 78,5%, недоосахаривание 10,0, сахароразрушение и неучтенные потери 10,0, средний процент редуцирующих веществ в гидролизатах 2,5—3,0, кислотность (на  $H_2SO_4$ ) 0,2%;

б) для II фазы—гексозного гидролиза: осахаривание (от теории) 64,3%, выход редуцирующих веществ абсолютный 17—20 кг; суммарный выход редуцирующих веществ из 1 ц соломы 40—42 кг; суммарный выход редуцирующих веществ из 1 ц початков 43,5 кг.

Биохимическое использование *d*-ксилозы для биосинтетического получения дрожжевого белка. Лабораторные исследования с дрожжевыми штаммами *Monilia murm.*, *Torula E-20*, *Torula 7a* показали удовлетворительный рост на ксилозосодержащих субстратах как элективной среде. Утилизация сахара *Monilia murm.* колебалась в пределах до 89% при выходе сухих дрожжей, определенных центрифугальным методом, до 72,2%, считая на усвоенные сахара. Было установлено, что заводские водные экстракты

соломы (так называемые «щелока») ускоряют почкование дрожжевых клеток. Богатые зольными и азотистыми веществами (типа аминоксоединений) щелока, добавленные в бродящее сусло, проявляли свойства своеобразного раздражителя дрожжевых клеток. По этой причине в последующих ползаводских испытаниях экстракты в смеси с гидролизатами использовались для фабрикации дрожжей.

Максимальная урожайность дрожжевой массы была непосредственно связана с доброкачественностью гидролизатов, зависевшей в свою очередь от температурного и водного режима гидролиза.

Изучение адсорбции с применением различных сортов активированного угля, торфа, фосфоритной муки и кизельгура, а также введение правильного режима процесса получения гидролизатов, в конце концов, обеспечили получение материала, удовлетворяющего требованиям дрожжевого производства.

Осуществленная в ползаводских условиях технологическая схема дрожжевого цеха, смонтированного и пропущенного под руководством Р. В. Гивартовского и при участии Е. А. Плевако, дала результаты, приводимые в табл. 1, 2 и 3.

Полученные дрожжи, изученные Всесоюзным институтом животноводства Академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, были оце-

Таблица 1  
Состав смешанных гидролизатов (для биохимического использования)

	В 400 мл		Пентозы в % от редуцир. веществ	Гексозы	% от редуцир. веществ	Азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Зола	Свободных фурфуролов	% от редуцир. веществ	Муравьиной кислоты
	редуцир. веществ	кислоты по Толленсу									
До нейтрализации (без нутриентов)	1,58	1,02	64,5	0,56	36,7	—	—	0,13	0,108	6,8	0,007
После нейтрализации (с нутриентами) . . .	1,53	1,05	68,5	0,56	36,7	0,12	0,037	0,37	Следы	—	0,06

Таблица 2  
Выходы товарных дрожжей

Штамм	Выходы на утилизируемые редуцирующие вещества		Выходы на израсходованные редуцирующие вещества	
	средний	максимальный	средний	максимальный
<i>Monilia murm.</i> . . . . .	134,4	175,6	112,0	141,6
<i>Torula E-20</i> . . . . .	136,3	176,1	120,4	143,8
<i>Torula 7a</i> . . . . .	147,5	147,5	134,6	134,6

Таблица 3

Выходы товарных дрожжей в пересчете на 1 т переработанного сырья

Штамм	Солома		Кукурузные початки	
	средний в кг	максимальный в кг	средний в кг	максимальный в кг
<i>Monilia murm.</i> . . . . .	482,0	629,5	505,3	660,2
<i>Torula E-20</i> . . . . .	475,0	613,3	497,7	643,0
<i>Torula 7a</i> . . . . .	531,7	—	557,5	—

нены Институтом следующим образом: 1) расы дрожжей являются высокопереваримыми; 2) АН-1 содержит в сухом веществе 37,7% переваримого белка и имеет 77,5 крахмальных эквивалентов; АН-2 содержит 32,7% переваримого белка и 73,48 крахмальных эквивалентов; 3) содержание флавина в 1 г испытанных дрожжей равно: АН-1=14,8 γ, АН-2=11,6 γ, АН-2 (с удвоенным орг. питанием)=17,4 γ; 4) раса дрожжей АН-1 может быть отнесена к лучшим видам кормовых дрожжей; 5) животные поедают дрожжи охотно.

Усвояемость природной *d*-ксилозы животным организмом. Биохимическая роль пентоз в растительном и животном организмах еще далеко не выяснена.

Представление о гемицеллюлозах, как особого рода резервных веществах, потребляющихся зародышем в период прорастания зерна, не подтверждается в части ксилана. Добавка в питательную среду чистой *d*-ксилозы в наших (с А. И. Щукиной) опытах вызвала угнетение роста растения. Это согласно с мнением К. Гесс, отрицающего за ксиланом значение питательного вещества для растений.

В нашей работе изучению на животных—баранах и свиньях—были подвергнуты кристаллическая ксилоза и ее сиропы производства Безенчукского опытного завода. Усвояемость сахара и всех химических ингредиентов сиропов определялась по методу разности между двумя опытными периодами. Животные в оба периода содержались на одинаковых рационах, за исключением испытываемого средства—сахара или сиропа, количество которых во втором (по порядку) опытном периоде повышалось примерно в 5 раз. Получавшаяся разница в абсолютных количествах усвоенных питательных веществ между периодами относилась за счет разницы в количествах изучавшегося продукта. Учету подвергались в равной степени и кал, и моча.

Кристаллическая *d*-ксилоза и ксилоза сиропов, получаемых по нашему способу, усваиваются жвачными на 94—100%; введение ксилозных сиропов в корм жвачным сопровождается заметным повышением переваримости всех питательных веществ основного кормового рациона; по сравнению со жвачными свиньи усваивают ксилозу в меньшей степени. При скармливании им этого сахара в наших опытах до 30% его выделялось с мочой.

Кафедра органической и биологической химии  
Государственного сельскохозяйственного института  
Чебоксары

Поступило  
22 VII 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. А. Сычев, Гидролиз сельскохозяйственных отходов (1938). <sup>2</sup> Н. А. Сычев, Природная *d*-ксилоза, ее получение и биохимическое использование (1940). <sup>3</sup> Н. А. Сычев, ЖПХ, XI, вып. 1 (1938). <sup>4</sup> Н. А. Сычев, ЖПХ, XII, вып. 6 (1939).