

АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

М. И. КНЯГИНИЧЕВ

**ОТДЕЛЕНИЕ ОБОЛОЧЕК КРАХМАЛЬНЫХ ЗЕРЕН РАЗЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР**

(Представлено академиком Н. И. Вавиловым 19 II 1939)

Широкое использование крахмала в практике привлекало с давних пор внимание исследователей, ведущих работу над вопросами формообразования крахмала в растении, его структуры, свойств и т. п. Рядом анатомических работ выяснено, что при соответствующей обработке нативного крахмала удается видеть агрегаты («Blockchen») (1, 2), расположенные параллельно поверхности зерна; также установлено, что мелкие и крупные крахмальные зерна образуются в разные фазы созревания семян (3,4) из различных анатомических элементов клетки. Установлено также, что мелкие крахмальные зерна отличаются от крупных как по химическому составу, так и по некоторым свойствам (5,6,7).

Однако, несмотря на столь детальное изучение крахмала и крахмального зерна, все же остаются непонятными причины, обуславливающие различную переваримость крахмала диастазом (устойчивость нативного крахмала). Установлено, что лишь в случае клейстеризации переваримость диастазом крахмалов различных культур практически одинакова. Как видно из последних работ по строению крахмала Haworth с сотрудниками (8) и некоторых других (9), крахмалы всех культур должны перевариваться в одинаковой степени, поскольку все они состоят из 24—26 глюкозных остатков.

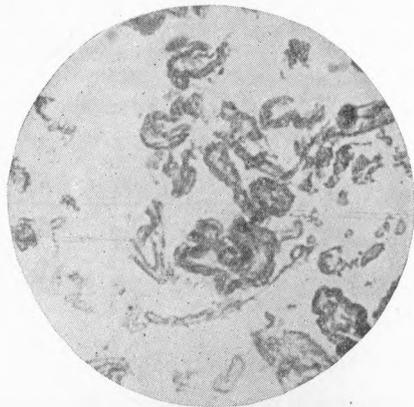
Уже ранее предполагалось на основании косвенных данных, что поверхностные слои крахмального зерна имеют состав, отличный от состава центральной его части. Однако до сих пор метода для разделения крахмального зерна на его составные части предложено не было.

В процессе биохимического изучения белков и крахмалов нам удалось найти растворитель (10)—салицилат натрия, который при известных концентрациях позволяет выделить внутреннее содержимое крахмального зерна—собственно крахмал—из облегающей его оболочки.

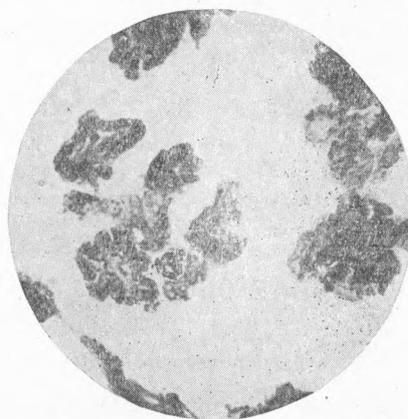
Метод заключается в том, что на предметное стекло микроскопа помещается небольшое количество отмытого крахмала (6) и размешивается в двух небольших каплях 30% салицилата натрия. Препарат, покрытый покровным стеклом, оставляется на 30—60 минут в зависимости от рода крахмала, чтобы произошел разрыв оболочки и чтобы внутреннее содержание крахмального зерна перешло в раствор салицилата натрия. Под микроскопом можно видеть, что крахмальные зерна без заметного набухания быстро (от 3 до 30 мин.) лопаются, и из них вытекает крахмал. Отсутствие набухания указывает на различную природу этих частей крахмального зерна. Оболочка свободно пропускает салицилат натрия внутрь крахмаль-

ного зерна, но сама в нем не растворяется, крахмал же при соприкосновении с растворителем набухает и разрывает оболочку.

После стояния препарат неоднократно промывается в течение 40—60 минут сначала 30% салицилатом натрия для удаления крахмала, и за-



Фиг. 1.—Пшеница сорт Гордейформе 0189.



Фиг. 2.—Фасоль Тулунская.



Фиг. 3.—Фасоль «Триумф».



Фиг. 4.—Картофель *Solanum Rybini*.

Микрофотографии оболочек крахмальных зерен (увеличение $\times 80$ раз).

тем в течение такого же времени водой—для удаления растворителя. После этого оболочки окрашиваются иодом в иодистом калии, в глицерине, разбавленном водой в два раза (1 : 1). В иодном растворе оболочки окрашиваются в красно-фиолетовый и сине-фиолетовый цвет. В случае неполноты отмывания оболочек от раствора крахмала в салициловом натре крахмал при окраске иодом выпадает в осадок и окрашивается в интенсивный сине-голубой цвет. Нами отделены оболочки крахмальных зерен пшеницы, ячменя, ржи, риса, коровьего гороха (*Vigna sinensis*), сахарного мозгового и округлого гороха, фасоли и картофеля. Некоторые из них представлены на микрофотографиях.

Крахмалы по толщине оболочек можно разделить на 3 группы: самые тонкие оболочки имеют зерновые—пшеница (всех видов), рожь и ячмень; средние по толщине—фасоль, вигна и округлый горох; самые толстые (грубые) оболочки имеют картофель, рис и сахарный мозговой горох (гибрид В. С. Федотова).

В результате полученных данных о различии по толщине оболочек все же нельзя объяснить наблюдаемые различия по устойчивости к диастазу нативных крахмалов различных культур. Резкое различие крахмалов по культурам по этому признаку заставляет предположить существование неизвестного расщепляющего оболочки фермента, который является более или менее специфичным для каждого рода растений или группы родов. Правда, проведенные нами опыты гидролиза очищенных от следов крахмала оболочек картофеля, риса и сахарного мозгового гороха показали, что оболочки гидролизуются полностью как глицериновой вытяжкой ячменного солода, так и при внесении сухого препарата, полученного осаждением из 20% спиртовых растворов солода*. Повидимому этот фермент является очень близким по некоторым свойствам к изученным амилазам, ибо объяснить гидролиз оболочек известными ферментами едва ли возможно, поскольку специфичность их действия достаточно хорошо изучена.

Некоторым возражением против предположения существования нового фермента могут служить факты, полученные за последнее время⁽¹¹⁾, о влиянии электрокинетического потенциала поверхности крахмального зерна на скорость гидролиза. В этом случае нужно считать, что свойства внешней поверхности оболочки крахмального зерна у различных культур резко различны, тогда как внутренняя сторона оболочек крахмального зерна у всех культур одинакова. Это соображение имеет экспериментальное обоснование, так как установлено, что образование крахмала начинается на внутренней полости пластиды⁽¹²⁾. Несомненно также, что природа оболочек крахмального зерна неразрывно связана с пластидами, которые, претерпевая изменения в процессе эволюции родов, обусловили различия как по толщине, так и свойствам крахмальных оболочек. Все эти вопросы могут быть разрешены лишь последующими экспериментами.

В настоящее время аналогичным методом ведется химическое выделение оболочек с целью химического изучения как оболочек, так и содержимого крахмального зерна.

Выводы: 1. Предлагаемый метод выделения оболочек обеспечивает возможность биохимического и анатомического изучения отдельных частей крахмального зерна различных культур. 2. Основываясь на работах по устойчивости крахмала к диастазу, необходимо допустить существование неизвестного фермента, расщепляющего оболочки крахмального зерна, причем этот фермент должен быть более или менее специфичным для отдельных родов или группы родов растений. 3. Раствор салицилового натрия может быть использован для создания нового, быстрого метода для количественного определения крахмала.

Биохимическая лаборатория
Всесоюзного института растениеводства.

Поступило
21 II 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ E. A. Hanson u. J. R. Katz, ZS. physik. Chem. (A), **168**, 339 (1934); **169**, 135 (1934). ² N. P. Badenhuisen, ZS. physik. Chem. (A), **175**, 383 (1936). ³ Harlan, J. Agr. Research, **19**, 393 (1920). ⁴ В. Г. Александров и О. Г. Александрова, Соц. растениеводство, **14**, 195 (1935); Труды по прикл. бот., ген. и сел., сер. 5—А, **2** (1936). ⁵ M. Samec, Kolloidchemie der Stärke (1927). ⁶ М. И. Княгиничев и Т. М. Горелкина, ДАН, XIX, № 1—2 (1938). ⁷ W. H. Wimper, J. Soc. Chem. Ind., **28**, 806 (1910). ⁸ W. N. Hawortha. M. S. Chem. Soc., 2372 (1932). ⁹ Г. Штаудингер, Успехи химии, VI (4), 554 (1937). ¹⁰ М. И. Княгиничев, Доклады ВАСХНИЛ, вып. 13—14 (1938). ¹¹ Я. П. Барменков, Биохимия, **3** (6), 740 (1938). ¹² R. A. Line Young, Bull. Torrey Botan. Club, **65**, 1 (1938).

* Переваримость растворенного в салицилате натрия крахмала такая же, как и в случае водного клейстера.