

В. В. АРАСИМОВИЧ

**О НАПРАВЛЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ИНВЕРТАЗЫ В ПЛОДАХ БАХЧЕВЫХ**

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

Обычно принимается, что синтез органических веществ в клетке (например сахарозы в корнях свеклы и крахмала в клубнях картофеля) происходит под влиянием соответствующих ферментов. Но изучение синтетической деятельности ферментов живой клетки получило особое развитие только в последнее время, после введения в практику метода вакуум-инfiltrации. Этот метод был описан Бьоркстеном (2), применен для изучения протеолиза Мотесом (6) и получил распространение у нас после его разработки А. Л. Курсановым (4) для определения синтетической и гидролитической активности инвертазы. Оказалось, что соотношение этих двух действий инвертазы можно связать с рядом физиологических признаков растений. Работы А. И. Опарина (7), А. Л. Курсанова (1936, 1938), Б. А. Рубина (8,11), Н. М. Сисакияна (10) привели ряд обоснованных данных относительно этой связи с характерными физиологическими свойствами видов и разновидностей растений.

Настоящая работа имела целью выявить при помощи метода вакуум-инfiltrации отличия фермента инвертазы как между родами *Citrullus* и *Cucumis*, так и между видами и их сортами. Работа велась нами в 1938 г. под Ташкентом на материале секции бахчевых Всесоюзного института растениеводства.

Виды и сорта арбузов и дынь очень дифференцированы по содержанию и соотношению сахаров в плодах. Среди них имеются виды, совершенно не содержащие сахарозы, и такие, где она является преобладающим сахаром.

Действие инвертазы изучалось нами непосредственно на срезах мякоти плодов. Следует отметить, что плоды бахчевых, особенно столовые арбузы, являются неудобными объектами для применения метода вакуум-инfiltrации из-за большого содержания воды и непрочности анатомического строения плода. В связи с этим нельзя придавать опытным данным абсолютного значения. В срезы толщиной около 1.5—2 мм мы инfiltrировали 0.1 М раствор сахарозы и 0.2 М раствор моносахаров; в результате в навески по 10 г мы вводили в среднем 100—250 мг сахаров, иногда до 400—500 мг. Синтетическую и гидролитическую активность инвертазы по переработке инfiltrированных сахаров за 3 часа опыта мы везде выражаем в процентах от введенных сахаров.

Виды арбузов по общему содержанию и соотношению сахаров отчетливо разделяются на две группы. В одну из них, характеризующуюся общей высокой сахаристостью и наличием сахарозы, входят: обычный столовый арбуз *C. edulis* и малораспространенный фистулезный арбуз *C. fistulosus*. Характерным свойством столовых арбузов является преобладание фруктозы над глюкозой. У фистулезного арбуза количества глюкозы и фруктозы одинаковы или преобладает глюкоза.

Другая группа арбузов объединяет виды: *C. colocynthoides*, кормовой, цукатный арбуз, и дикий вид африканского арбуза *C. colocynthis*, горький колоцинт. Последние два вида характеризуются чрезвычайно низкой сахаристостью, не превышающей 1.5% и падающей до 0.3—0.4% у колоцинта, и отсутствием сахарозы. В обоих указанных видах глюкоза преобладает над фруктозой.

В зрелых плодах столового и фистулезного арбузов, содержащих сахарозу, при помощи вакуум-инfiltrации моносахаров и сахарозы нами обнаружена как синтетическая, так и гидролитическая деятельность инвертазы. Из проведенных нами опытов (табл. 1) можно сделать лишь тот вывод, что в столовом и фистулезном арбузах активны и синтетическая, и гидролитическая инвертаза.

Таблица 1\*

Содержание сахаров и активность инвертазы в разных видах арбузов

Виды арбузов	Содержание сахаров в % на сырой вес плода			Активность инвертазы в % от введенного сахара	
	весь сахар	моносахара	сахароза	синтез	гидролиз
<i>C. edulis</i> (столовые арбузы)					
Любимец хутора Пятигорска . . . . .	7.98 10.00	3.64 4.25	4.34 5.74	9 17	83 0
Цельнолистный . . . . .	5.34 6.60	4.25 4.87	1.09 1.72	38 65	14.6 7
<i>C. fistulosus</i> (фистулезный) № 1826	6.31	4.51	1.80	48.8	86
<i>C. colocynthoides</i> (кормовой) № 197	1.10 1.32	1.10 1.32	0 0	0 0	100 100
<i>C. colocynthis</i> (горький колоцинт) № 420 . . . . .	0.50 0.33 0.35	0.50 0.33 0.35	0 0 0	0 0 0	50 100 50

Иное наблюдалось у кормового арбуза и колоцинта. В зрелых, мало-сахаристых их плодах, совершенно не содержащих сахарозы, отсутствовала синтетическая деятельность инвертазы и была чрезвычайно активна гидролитическая, так как введенная сахароза целиком инвертировалась на моносахара.

\* Все цифры этой и последующих таблиц характеризуют отдельные плоды. Только данные по фистулезному арбузу и колоцинту, плоды которых очень мелкие, представляют анализ средней пробы из 2—3 плодов.

Приведем результаты наших анализов, характеризующие разные виды арбузов, в табл. 2.

Таблица 2  
Наследование сахаров и инвертазы в межвидовых гибридах арбузов

Виды арбузов и их гибриды	Содержание сахаров в %			Активность инвертазы в % от введенного сахара	
	весь сахар	моносахара	сахароза	синтез	гидролиз
Цельнолистный (столовый) . . . . .	5.34	4.25	1.09	38	44.6
	6.60	4.87	1.72	65	7
Колоцинт горький (дикарь) . . . . .	0.50	0.50	0	0	50
	0.33	0.33	0	0	50
				0	100
$F_1$ Цельнолистный $\times$ Колоцинт . . . . .	2.50	2.50	0	0	50
				0	100
Любимец хутора Пятигорска (столовый) . . . . .	7.98	3.64	4.34	9	83
	10.0	4.25	5.74	17	0
Кормовой № 197 . . . . .	1.10	1.10	0	0	100
	1.32	1.32	0	0	100
$F_1$ Кормовой $\times$ Любимец хутора Пятигорска . . . . .	3.26	3.02	0.23	26	100
				0	86

Полученные данные об активности инвертазы хорошо согласуются с наличием или отсутствием сахарозы у соответствующих видов арбузов и с соотношением у них моносахаров. В столовых арбузах преобладает фруктоза, образующаяся очевидно при постоянном гидролизе сахарозы. В кормовом и диком видах арбузов фруктозы мало, так как сахарозы там нет, и следовательно фруктоза не может накапливаться в результате гидролиза. Имеющееся небольшое количество фруктозы должно быть приписано постоянно осуществляющемуся в клетке переходу глюкозы во фруктозу.

Сравнительное определение инвертазы незрелых и созревших плодов арбузов выявило, что в зеленых и зрелых плодах фистулезного и столового арбузов активны обе стороны действия инвертазы. В незрелых же плодах колоцинта и кормового арбузов так же, как и в зрелых плодах их, примененным нами методом не была обнаружена синтетическая деятельность инвертазы и найдена лишь высокая гидролитическая активность ее.

Вся сахароза, инфильтрированная в плоды, нацело гидролизовалась. Отметим, что то же самое было обнаружено нами и у пресной формы дикого вида *C. colocynthis*. Только у одного сорта кормового арбуза в незрелых плодах нами была обнаружена наряду с высокой гидролитической активностью инвертазы и слабая синтетическая деятельность ее. Зрелые плоды этого сорта нами не были получены и исследованы.

Таким образом можно заключить, что в столовом и фистулезном арбузах, содержащих сахарозу, развиты и синтетическая, и гидролитическая функции инвертазы, в кормовых и диких резко выявлено гидролитическое действие, синтетическое же либо отсутствует, либо настолько слабо, что не обнаруживается методом инфильтрации.

Межвидовые гибриды арбузов, как нами отмечалось ранее (1), по содержанию и соотношению сахаров явно уклоняются в сторону менее культурной исходной формы. Совершенно то же нами было получено при сравнении характера инвертазы в плодах  $F_1$  двух межвидовых гибридов арбузов с инвертазой родительских форм.

У инвертазы столовых арбузов развиты и синтетическое, и гидролитическое действие, в кормовом и в колоцинте—только гидролитическое действие и в обоих гибридах их со столовыми преобладает гидролиз. Отличия по инвертазе между родительскими формами и у гибридов  $F_1$  вполне согласуются с отсутствием и наличием в них сахарозы.

Отмечаем, что и в незрелых плодах гибрида столового сорта (Цельнолистный) с колоцинтом также не была обнаружена синтетическая деятельность инвертазы и имела место очень высокая гидролитическая. Таким образом в гибридах  $F_1$  поколения, начиная с небольших завязей и до полного созревания плодов, доминирует соотношение синтетической и гидролитической деятельности инвертазы, свойственное колоцинту.

Инвертаза дынь была исследована нами у вида *C. eu-melo* Pang., к которому принадлежат все столовые дыни, и у *C. chinensis*, мелкоплодной, несладкой дыни. Было обнаружено то же, что и у арбузов,—в высокосахаристых столовых дынях, содержащих много сахарозы, преобладало синтетическое действие инвертазы, гидролитическое же было очень слабым или совсем не обнаруживалось. В несладких дынях *C. chinensis*, не содержащих сахарозы, было обнаружено только гидролитическое действие.

Среди сортов вида *C. eu-melo* найдены определенные отличия в характере инвертазы между лежкими (зимними) и нележкими (летними) дынями.

Сопоставляя наблюдения над инвертазой арбузов и дынь, мы можем объяснить и уточнить высказанное давно представление о динамике сахаров у бахчевых при созревании плодов (3).

Часть глюкозы, притекающей из листьев в плод, превращается во фруктозу, и в зеленых плодах бахчевых всегда имеются оба моносахара с преобладанием глюкозы. При помощи инвертазы в плодах строится сахароза. Вначале, когда активны и синтез, и гидролиз, с перевесом гидролиза, сахарозы или очень мало или она совсем неуловима. Постепенно гидролиз ослабевает, причем в дынях он затухает совсем, и в них преобладающим сахаром зрелых плодов является сахароза.

На бахчевых культурах подтверждаются наблюдения, сделанные на других культурах А. Л. Курсановым и Б. А. Рубиным, о соответствии между направленностью действия инвертазы и присутствием или отсутствием сахарозы. Особенно отчетливо это наблюдалось при изучении межвидовых гибридов арбузов. Но это соответствие по нашим данным имеет место только для видов бахчевых. Для сортов же одного вида такой прямой корреляции между величиной синтеза и количеством сахарозы не намечается.

Сопоставляя характер действия инвертазы зимних (лежких) дынь и кормового арбуза (могущего храниться в течение 1—2 лет), мы обнаруживаем сходство между ними по характеру действия инвертазы. Так, у кормового арбуза перед закладкой в хранение найдено повышенное гидролитическое действие инвертазы при отсутствии синтетического.

У лежких дынь ослаблено ферментное действие или активен только гидролиз.

Мы пока не располагаем данными по динамике инвертазы после съема зимних дынь или кормовых арбузов. На основании же того, что в этих дынях возрастает количество сахаров (гидролиз полисахаридов) и образуется много сахарозы, можно предположить, что в них при хранении возрастает синтетическая деятельность инвертазы наряду с гидролизом других углеводов, идущим при участии иных ферментов.

У кормового арбуза происходит лишь падение сахаров при хранении и не образуется сахарозы. Следовательно при хранении не будет обнаруживаться и синтетической деятельности инвертазы.

В ы в о д ы: 1. Методом инфильтрации сахаров в срезы плодов арбузов удалось показать, что наличие сахарозы у столового арбуза и отсутствие ее у кормового сопровождается в первом случае наличием синтезирующей инвертазы и во втором—полным ее отсутствием.

2. При скрещивании столового арбуза с диким колоцинтом в плодах  $F_1$  обнаруживается не только отсутствие сахарозы, но также и отсутствие синтезирующей инвертазы.

3. Такое же явление было отмечено и среди дынь, где у несладкой формы *C. chinensis*, не содержащей сахарозы, была обнаружена только гидролитическая инвертаза, а у высокосахарозных сортов *C. eu-melo*—почти исключительно синтетическая.

Биохимическая лаборатория  
Всесоюзного института растениеводства.

Поступило  
24 I 1939.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. В. Арасимович, Изв. Акад. Наук, сер. биол., № 6 (1937).  
<sup>2</sup> Björkstén, Bioch. Zeit., 225, 1 (1930). <sup>3</sup> Н. Н. Иванов и Р. С. Александрова, Изв. гос. ин-та опыт. агрономии, № 6 (3—4) (1928). <sup>4</sup> А. Л. Курсанов, Биохимия, № 1 (1936). <sup>5</sup> А. Л. Курсанов и Н. Крюкова, Биохимия, № 3 (1938). <sup>6</sup> K. Mothes, Planta, № 19 (1933). <sup>7</sup> А. И. Опарин, Ergebn. Enzymforsch., № 3 (1934); Изв. Акад. Наук, сер. биол., № 6 (1937).  
<sup>8</sup> Б. А. Рубин, Биохимия, № 1 (1936). <sup>9</sup> Б. А. Рубин и О. Т. Лутикова, Биохимия, № 2 (1937). <sup>10</sup> Н. М. Сисянин, Биохимия, № 2 (1937). <sup>11</sup> Б. А. Рубин, Изв. Акад. Наук, сер. биол., № 6 (1937).