

С. М. ПРОКОШЕВ и Е. И. ПЕТРОЧЕНКО

СОДЕРЖАНИЕ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЛИМОННОЙ И ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 17 VIII 1950)

Характер превращений „растительных“ кислот, прежде всего лимонной и яблочной, особенно подробно исследован на листьях желтого табака и махорки, причем твердо установлена легкая взаимопревращаемость этих кислот в листьях табаков в ходе их онтогенетического развития, в течение суток и при технологической обработке табачного сырья⁽¹⁾. Эти данные позволили установить определенный тип обмена органических кислот в растениях — типа *Nicotiana*, принципиально отличающийся от хорошо изученного своеобразного типа обмена в суккулентных и других растениях — типа *Crassulaceae* (толстянковые).

В других растениях сем. *Solanaceae* (пасленовые) — картофеле, томатах — тип обмена органических кислот почти не исследован. Между тем, имеющиеся фрагментарные сведения, в частности, установление суточного хода содержания лимонной кислоты в листьях картофеля⁽²⁾, говорят о возможности сходства основных черт превращения органических кислот в различных растениях семейства пасленовых, в состав которого входит хорошо изученный в этом отношении род *Nicotiana*.

В настоящем сообщении приводятся данные о содержании в клубнях картофеля лимонной и яблочной кислот и превращении этих кислот при некоторых воздействиях на ткань клубня.

Если в отношении содержания лимонной кислоты в клубнях картофеля имеется сравнительно немало аналитических данных, вполне согласующихся между собою^(3,4), то в отношении содержания яблочной кислоты в картофеле имеется лишь единичное указание⁽⁵⁾, к тому же основанное на полуколичественном методе определения.

В связи с этим мы сочли необходимым проверить содержание обеих кислот в клубнях нескольких сортов картофеля.

Для определения органических кислот была проведена эфирная экстракция непосредственно растертого сырого материала. Лимонная кислота определялась пентабромацетоновым методом, а яблочная кислота динитрофенилгидразиновым методом⁽⁶⁾, с применением ступенчатого фотометра для измерения окрашенных продуктов, получаемых по этим методам от обеих кислот.

Определение проведено в старых клубнях четырех сортов картофеля, после 6—7 мес. хранения клубней в приспособленных картофелехранилищах, на материале Института картофельного хозяйства (под Москвой), в период апреля — мая 1949 г.

Полученные нами данные приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что в старых клубнях картофеля содержится в среднем вдвое больше лимонной кислоты, чем яблочной. Наши данные находятся в резком противоречии с данными американских авторов (5), согласно которым в клубнях картофеля лимонной кислоты примерно в 20 раз больше, чем яблочной кислоты.

Примененный американскими авторами метод определения в виде дистиляции и фракционирования этиловых эфиров органических

кислот, с последующей идентификацией их в виде гидразитов, ни в коем случае не может считаться надежным количественным методом, хотя он весьма ценен для идентификации кислот.

Примененный нами метод определения с помощью 2,4-динитрофенилгидразина из эфирных экстрактов является весьма специфичным, а в количественном отношении вполне надежным, ибо все другие органические кислоты, могущие встречаться в растениях (в том числе аскорбиновая кислота, по данным нашей проверки), не дают в этом методе реакции, подобной реакции, даваемой яблочной кислотой, и, следовательно, не мешают ее определению.

Таблица 1
Содержание лимонной и яблочной кислот в старых клубнях картофеля

Сорта картофеля	% на сырой вес		Отношение лимонная к-та яблочная к-та
	лимонная кислота	яблочная кислота	
Лорх	0,259	0,116	2,2
Берлинген	0,209	0,163	1,3
Кобблер	0,194	0,068	2,9
Эпикур	0,138	0,100	1,4
Среднее	0,200	0,112	1,95

Таким образом, мы считаем данные американских авторов о содержании яблочной кислоты в клубнях картофеля ошибочными, преуменьшающими фактическое содержание яблочной кислоты примерно в десять раз.

Наше исследование было предпринято с целью выяснить возможную связь раневого биосинтеза аскорбиновой кислоты с превращением лимонной и яблочной кислот в нарезанных кусочках клубней картофеля. Опыты ставились в следующем виде: из клубней пробочным сверлом нарезались цилиндры мякоти средним весом 0,8 г, которые затем были обмыты водой и обсушены фильтровальной бумагой.

Взвешенные кусочки клубней сохранялись в двух замкнутых больших эксикаторах, в одном из которых углекислый газ не накапливался (на дно был налит 15% NaOH), а в другом углекислый газ накапливался и, кроме того, с самого начала хранения была создана атмосфера с 5% CO₂ (на дно налита серная кислота с растворением в ней после замыкания эксикаторов рассчитанной навески соды).

Как установлено нами ранее (7), в атмосфере с углекислым газом резко подавляется образование аскорбиновой кислоты, и мы ставили своей задачей выяснить, какие превращения претерпевают органические кислоты в кусочках клубней в условиях нормального и заторможенного биосинтеза аскорбиновой кислоты. В табл. 2 приведены полученные нами данные.

В среднем для трех опытов оказалось, что при хранении кусочков клубней на воздухе без накопления CO₂ в окружающей атмосфере, т. е. в условиях максимального развития окислительных процессов и биосинтеза аскорбиновой кислоты, сумма содержания лимонной и яблочной кислот остается неизменной, но примерно половина лимонной кислоты превращается в яблочную, содержание которой теперь более чем вдвое превышает содержание лимонной кислоты.

Наоборот, в кусочках клубней, хранившихся в атмосфере, обогащенной углекислым газом, т. е. в условиях заторможенных окисли-

Таблица 2

Превращение кислот в кусочках клубней при хранении на воздухе 3 дня при 18—20° в присутствии и в отсутствие CO₂ (в мг % на первоначальный сырой вес материала)]

Сорта картофеля	Органическая кислота	Исходное содержание кислот	Содержание кислот после хранения в условиях		Изменение содержания после хранения в условиях	
			-CO ₂	+CO ₂	-CO ₂	+CO ₂
Лорх	Лимонная . . .	259	141	217	-118	-42
	Яблочная . . .	116	217	117	+101	+ 1
	С у м м а . .	375	358	334	- 17	-41
Берлихинген	Лимонная . . .	209	82	134	-127	-75
	Яблочная . . .	163	320	200	+157	+37
	С у м м а . .	372	402	334	+ 30	-38
Эпикур	Лимонная . . .	138	52	98	- 86	-40
	Яблочная . . .	100	175	68	+ 75	-32
	С у м м а . .	238	227	166	- 11	-72
Среднее для 3 опытов	Лимонная . . .	202	92	150	-110	-52
	Яблочная . . .	126	237	128	+111	+ 2
	С у м м а . .	328	329	278	+ 1	-50

тельных процессов и резко подавленного биосинтеза аскорбиновой кислоты, сумма содержания лимонной и яблочной кислот заметно уменьшается (в среднем на 14,2%), причем наблюдающееся уменьшение полностью приходится на уменьшение лимонной кислоты при неизменном уровне яблочной кислоты.

Изложенные результаты позволяют допустить, что углекислый газ тормозит либо какую-то завершающую реакцию гликолитического распада углеводов, ведущего к образованию пировиноградной кислоты, либо реакцию окислительного декарбоксилирования, включающую пировиноградную кислоту в цепь окислительных процессов дыхания, осуществляемых через цикл трикарбоновых кислот.

Наши другие опыты, в которых нейтрализованная пировиноградная кислота была инфильтрирована в кусочки клубней, показали, что пируват лишь в очень слабой мере снимает тормозящее действие CO₂ на биосинтез аскорбиновой кислоты. Тем самым более вероятным становится предположение, что CO₂ тормозит реакцию окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты, вследствие чего на дыхание затрачиваются органические кислоты, составляющие в виде трикарбонового цикла или подобной ей системы дыхательный аппарат клеток клубня.

Пока трудно подыскать объяснение причины, определяющей значительный переход лимонной кислоты в яблочную в условиях, бла-

гоприятствующих развитию окислительных процессов в ткани картофельных клубней.

Институт биохимии
им. А. Н. Баха
Академии наук СССР

Поступило
17 VIII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Шмук, Химия табака и махорки, 1948. ² Е. Петроченко, ДАН, 65, 333 (1949). ³ С. Прокошев, Биохимия картофеля, Изд. АН СССР, 1947. ⁴ С. Прокошев и О. Савельева, ДАН, 62, 117 (1948). ⁵ A. Curland E. Nelson, Am. Pot. Journ., 17, 328 (1940). ⁶ G. Pucher et al., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., 6, 288 (1934). ⁷ С. Прокошев и Е. Данчева, Биохимия, 11, № 6, 481 (1946).