

БИОХИМИЯ

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<sup>(1)</sup>. 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<sup>(2)</sup>, 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<sup>(3, 4)</sup>, то в отношении содержания яблочной кислоты в картофеле имеется лишь единичное указание<sup>(5)</sup>, к тому же основанное на полукачественном 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<sup>(6)</sup>, 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 дестилляции 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.

Таблица 1  
Содержание лимонной и яблочной кислот в старых клубнях картофеля

Сорта картофеля	% на сырой вес		Отношение лимонная к-та к яблочная к-та
	лимонная кислота	яблочная кислота	
Лорх . . . . .	0,259	0,116	2,2
Берлихинген . . . . .	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% CO<sub>2</sub> (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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>

(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 <sub>2</sub>	+CO <sub>2</sub>	-CO <sub>2</sub>	+CO <sub>2</sub>
Лорх	Лимонная . . .	259	141	217	-118	-42
	Яблочная . . .	116	217	117	+101	+ 1
	Сумма . . .	375	358	334	- 17	-41
Берлихинген	Лимонная . . .	209	82	134	-127	-75
	Яблочная . . .	163	320	200	+157	+37
	Сумма . . .	372	402	334	+ 30	-38
Эпикур	Лимонная . . .	138	52	98	- 86	-40
	Яблочная . . .	100	175	68	+ 75	-32
	Сумма . . .	238	227	166	- 11	-72
Среднее для 3 опытов	Лимонная . . .	202	92	150	-110	-52
	Яблочная . . .	126	237	128	+111	+ 2
	Сумма . . .	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 CO<sub>2</sub> на биосинтез аскорбиновой кислоты. Тем самым более вероятным становится предположение, что CO<sub>2</sub> 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

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