

БИОХИМИЯ

Е. В. АРЦИХОВСКАЯ и Б. А. РУБИН

**ОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕКИСИ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК  
КИСЛОРОДА ДЛЯ ДЫХАНИЯ НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ  
ТКАНЕЙ**

(Представлено академиком А. И. Опарыным 4 VII 1950)

При изучении дыхания цитрусовых существенное значение имеет вопрос о путях снабжения кислородом внутренних тканей плодов.

Специальными опытами нам удалось установить практически полную газонепроницаемость кожуры плодов лимона, апельсина и мандарина. В то же время, сопоставляя уровень содержания кислорода во внутренней атмосфере плодов с интенсивностью дыхания тканей мякоти, легко убедиться, что для поддержания дыхательного процесса необходим постоянный приток кислорода внутрь плода.

Было сделано предположение, что кислород, диффундируя в поверхностные клетки кожиры, связывается здесь в соединения перекисного типа, которые, транспортируясь в глубь плода, служат источником кислорода при дыхании альбено и мякоти.

Вопрос о возможности миграции кислорода из одной части растения в другое в виде органических перекисей в литературе до сих пор не затрагивался. Вместе с тем созданная А. Н. Бахом теория медленного биологического окисления<sup>(1)</sup>, а также установленная работами А. Н. Баха<sup>(1)</sup>, Д. М. Михлина<sup>(2)</sup>, П. А. Колесникова<sup>(3)</sup>, А. М. Кузина<sup>(4)</sup> и ряда других авторов способность растительных тканей образовывать соединения перекисного типа позволяют считать этот путь использования кислорода вполне вероятным.

Проведенные в нашей лаборатории экспериментальные исследования дали материалы, подтверждающие высказанное нами предположение. В настоящей работе приводится часть полученных нами данных.

Пользуясь методом Виланда и Макре<sup>(5)</sup>, мы провели определения органических перекисей в отдельных тканях цитрусовых плодов на различных этапах их онтогенеза. Данные показывают, что на протяжении жизненного цикла плодов содержание органических перекисей претерпевает значительные изменения. В тканях кожиры ощутимые количества перекисных соединений появляются лишь в начале созревания плодов. В мякоти плода минимальное содержание органических перекисей свойственно зеленым плодам. Во всех тканях накопление соединений перекисного типа достигает максимума значительно позднее полного созревания и съема плодов с дерева (примерно в марте). Наиболее богаты перекисями ткани мякоти, а из тканей кожиры — внутренний слой, альбено.

Интересно сопоставить уровень содержания в тканях плодов органических перекисей с содержанием в них молекулярного кислорода (см. табл. 1).

Таблица 1

Дыхание мякоти лимона и содержание в ней кислорода  
(мл О<sub>2</sub> на 1 г сырого веса)

Дата	Сорт Новогрузинский			Сорт Мейер				
	Дыхание		O <sub>2</sub> во внутр. атмосф. плода	O <sub>2</sub> , связанный в органич. перекиси	Дыхание		O <sub>2</sub> во внутр. атмосф. плода	O <sub>2</sub> , связанный в органич. перекиси
	в 1 час	в 1 сутки			в 1 час	в 1 сутки		
25 VIII	83	1990	7	—	73	1760	—	—
22 IX	43	1020	9	—	51	1230	9	—
19 X	34	810	—	—	44	1060	—	—
25 XI	25	610	13	161	18	430	10	140
5 I	26	660	12	163	15	250	12	171
3 II	20	470	—	192	—	—	—	—
21 II	24	580	12	242	8	200	14	223
21 III	8	190	12	272	8	180	13	178

Из данных табл. 1 видно, что в мякоти количество кислорода перекисей в десятки раз превышает наличие свободного кислорода. В период хранения плодов содержание перекисного кислорода в мякоти приближается к суточной норме потребления кислорода при дыхании.

Привлекает внимание также факт, что на протяжении периода созревания и хранения цитрусовых содержание перекисного кислорода в тканях изменяется параллельно изменению процента молекулярного кислорода во внутренней атмосфере плода (см. рис. 1). Нам удалось

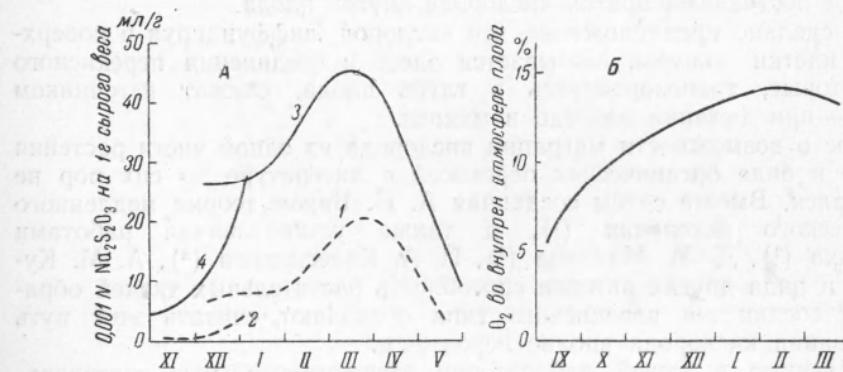


Рис. 1. А — динамика содержания органических перекисей в лимоне: 1, 2 — в кожуре (соотв. в 1948—49 и в 1949 — 50 гг.); 3, 4 — в мякоти (в те же сроки). Б — динамика содержания молекулярного кислорода во внутренней атмосфере плода лимона

показать экспериментально, что эти величины связаны причинной зависимостью. Об этом свидетельствуют, например, данные, полученные при изучении влияния концентрации кислорода в окружающей атмосфере на количество перекисей в тканях плодов.

В табл. 2 приведены данные по одному из таких опытов.

Как видно из табл. 2, содержание органических перекисей у плодов, находящихся в атмосфере кислорода, повышается. При этом увеличивается и процент молекулярного кислорода во внутренних тканях плода, который через 24 часа после помещения плодов в кислород составил 16,1% по сравнению с 13,0% в исходной пробе.

Приведенные в табл. 2 цифры рисуют картину постепенного перемещения перекисей из наружных тканей плода во внутренние, что

Таблица 2

Динамика содержания органических перекисей (мл 0,001 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  на 1 г) в тканях плодов лимона, находящихся в атмосфере кислорода

	Флаведо		Альбедо		Мякоть	
	содерж. перекисей	разница с исходн.	содерж. перекисей	разница с исходн.	содерж. перекисей	разница с исходн.
Исходн. содерж. . . . .	7,8	—	20,3	—	36,3	—
Через 24 часа . . . . .	10,8	+3,8	22,4	+2,1	38,1	+1,8
" 48 час. . . . .	8,7	+0,8	28,5	+8,2	41,5	+5,2
" 72 часа . . . . .	4,3	-3,5	6,9	-13,4	40,7	+4,6

подтверждает предположение об образовании перекисных соединений в клетках флаведо и о транспорте этих соединений в глубь плода.

К аналогичным выводам приводят данные по динамике перекисей в тканях плодов, помещенных в анаэробные условия.

Интересные материалы были получены при изучении способности отдельных тканей синтезировать перекисные соединения. Исходя из приведенных нами наблюдений об активировании дыхания в механически поврежденных и аэрируемых тканях<sup>(6)</sup>, представлялось интересным выяснить, какое влияние окажет подобное воздействие на образование перекисей. Опыты показали, что способность к образованию перекисей в условиях аэрации у отдельных тканей неодинакова (см. табл. 3).

Таблица 3

Действие поранения и аэрации на образование перекисей тканями лимона

№ опыта	Время после разрезания	Флаведо		Альбедо		Мякоть	
		мл. 0,001 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ на 1 г	% от исходн.	мл. 0,001 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ на 1 г	% от исходн.	мл. 0,001 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ на 1 г	% от исходн.
I	Исходн. . . . .	5,41	—	6,06	—	23,57	—
	24 часа . . . . .	5,19	96	5,62	93	19,03	81
	48 час. . . . .	7,79	144	8,65	143	22,92	97
II	Исходн. . . . .	8,65	—	8,65	—	32,01	—
	24 часа . . . . .	9,08	105	14,49	168	32,87	103
	48 час. . . . .	11,68	135	25,09	290	32,22	101

В ряде опытов мы неизменно наблюдали, что способность синтезировать перекисные соединения присуща лишь тканям флаведо и альбедо, тогда как ткани мякоти самостоятельно синтезировать органические перекиси, повидимому, не способны. Данные эти подкрепляют положение, что характерное для мякоти высокое содержание перекисных соединений достигается в результате их миграции из тканей кожуры.

В неповрежденном плоде процессы биосинтеза соединений перекисного типа локализованы, повидимому, во флаведо, играющем в данном случае роль органа, снабжающего перекисями все остальные части плода.

В связи с этим представляется необходимым выяснить причины установленного в наших опытах отсутствия перекисных соединений в кожуре зеленых плодов. Вполне возможно, что снабжение кислородом

(вероятно, также в перекисной форме) тканей зеленых плодов осуществляется за счет материнского дерева через сосудистую систему. Функция снабжения перекисями внутренних тканей плода на этом этапе развития в клетках флаведо может отсутствовать как не оправданная биологически. Появление перекисных соединений в кожуре приурочено к первым этапам созревания плодов — к периоду, когда начинается атрофия проводящих путей плодоножки.

Не исключена, однако, возможность, что отсутствие органических перекисей в кожуре зеленых плодов определяется быстрым их потреблением внутренними тканями, интенсивность дыхания которых в это время весьма значительна.

Решение этого вопроса, как и ряда с ним связанных, может быть достигнуто лишь экспериментальным путем. Однако уже из полученных данных следует, что образование перекисей может служить одним из действенных путей снабжения кислородом тех растительных тканей, к которым затруднен доступ молекулярного кислорода. Сюда в первую очередь должны быть отнесены внутренние слои мясистых тканей перикарпия плодов, а также паренхима корне- и клубнеплодов.

Исследования в этом направлении нами продолжаются.

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

Поступило  
16 V 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Н. Бах, Сборн. избр. тв., 1937, стр. 3. <sup>2</sup> Д. М. Михлин и К. В. Пшеница, Биохимия, 11 (1946). <sup>3</sup> П. А. Колесников, ДАН, 64, 99 (1949). <sup>4</sup> А. М. Кузин и Р. Я. Школьник, ДАН, 66, 527 (1949). <sup>5</sup> H. Wieland и T. Macgill, Lieb. Ann., 483, 217 (1930). <sup>6</sup> Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская и Т. М. Иванова, Биохимия плодов и овощей, Сборн. I, изд. АН СССР, 1949, стр. 5.