

Е. В. САПОЖНИКОВА и А. ЮСУБОВ *

ПРЕВРАЩЕНИЕ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЯБЛОК

(Представлено академиком А. И. Опариным 2 X 1953)

Содержание пектиновых веществ в плодах обуславливает, в основном, их консистенцию и желирующую способность (2, 5). При созревании и хранении плодов происходят изменения в комплексе пектиновых веществ, связанные с размягчением мякоти. Как правило, нерастворимый пектин — протопектин переходит в растворимую форму и, возможно, при дальнейшем разложении используется в энергетических процессах (1). Известно, что при созревании и хранении плодов происходят превращения всех групп веществ под влиянием различных ферментов, в том числе и ферментов пектинового комплекса. Б. А. Рубин (1) подчеркивает, что ферментативный механизм этих процессов почти совершенно не изучен, хотя превращения пектиновых веществ являются одним из активных регуляторов процессов, происходящих в перикарпии плодов при созревании и хранении.

Суммируя данные последних работ (3, 4, 6), можно считать, что в растении имеются три фермента пектинового комплекса: протопектиназа, переводящая протопектин в растворимый пектин; пектин-эстераза, омыляющая эфирные связи метильных групп, и полигалактуроназа, расщепляющая диэтерифицированные части полигалактуронидных цепей. Пектин-эстераза и полигалактуроназа проявляют большую активность в плесневых грибах, откуда они получают для осветления вина, фруктовых соков и т. п.

Проведенные нами опыты по хранению яблок имели целью установить причины, обуславливающие различную способность к хранению разных сортов яблок. Исследованы сорта яблок с длительным периодом хранения (Сары турш, Джир Гаджи, Бойкен) и с ограниченным (Наполеон, Ширван гюзели, Пармен зимний золотой).

После съема с дерева хранение плодов проводилось в вентилируемом помещении при температуре окружающего воздуха от 17 до 10°. В плодах через определенные промежутки времени определялись растворимый пектин и протопектин; в отжатом соке — относительная вязкость вискозиметром Оствальда при 20° и растворимый пектин. Определение пектинов проводилось кальций-пектатным методом.

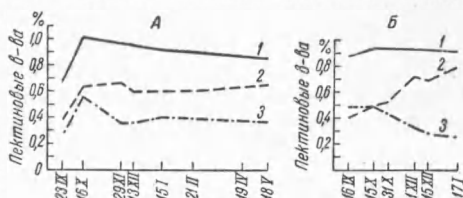


Рис. 1. Изменение пектиновых веществ при хранении яблок. А — Сары турш, Б — Наполеон. 1 — общий пектин, 2 — растворимый, 3 — протопектин

* А. Юсубов принимал участие в опытах по ферментативному превращению пектиновых веществ.

На рис. 1 показан ход изменения пектиновых веществ во время хранения у сорта Сары турш и Наполеон. В то время как у плохо хранящегося сорта Наполеон наблюдается быстрый переход протопектина в растворимый пектин, у Сары турш (хранящегося до июня) соотношение пектиновых веществ почти не изменяется.

На рис. 2 представлен ход изменения относительной вязкости и содержания пектина отжатого сока. У сортов плохо сохраняющихся—Наполеон и Ширван гюзели — наблюдается резкое повышение вязкости и увеличение количества растворимого пектина; у сортов долго хранящихся при тех же условиях относительная вязкость отжатого сока и содержание пектина изменяются незначительно.

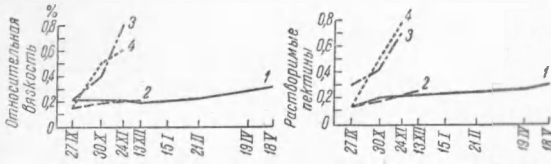


Рис. 2. Изменение относительной вязкости и содержания пектина отжатого сока. 1—Сары турш, 2—Джир Гаджи, 3—Ширван гюзели, 4—Наполеон

Б. А. Рубиным и Н. М. Сисакяном⁽⁸⁾ было установлено, что зимние и летние сорта яблок резко различаются по ферментативному превращению сахарозы. Нами это подтверждено на исследуемых сортах яблок.

Опыты по ферментативному превращению пектиновых веществ во время хранения проведены на четырех сортах яблок. На основании литературных данных^(3, 6, 7) относительно оптимальной температуры и рН для пектин-эстеразы и исходя из преимущественного содержания ферментов в форменных элементах клетки, была выработана следующая методика. Составлялась автолитическая смесь из 25 мл отжатого сока и 10 г мязи. Первый вариант оставлялся при естественном рН (3,45—4,06); во втором варианте рН доводился до 6,0 путем добавления 0,1 N NaOH. Контроль инактивировался кипячением. В качестве показателей, определяющих превращение пектиновых веществ, были приняты: изменения физического состояния автолитической смеси, содержание растворимого пектина и протопектина и относительная вязкость сока.

Таблица 1

Опыт по превращению пектиновых веществ яблок в автолитической смеси с добавлением 0,1 N NaOH (25 мл сока+10 г мязи, 30°, экспозиция 24 часа)

Сорт	измен. физич. состояния	О п ы т ы е						Инактивиров. кипячением				
		рН		пектин растворим. в соке в мг 25 мл		относит. вязкость		измен. физич. состояния	рН		пектин растворим.	
		в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце		в начале	в конце	в начале	в конце
Сары турш	Изменений нет	6,03	5,72	58,5	58,0	1,62	1,58	Изменений нет	5,59	5,72	58,5	52,0
Джир Гаджи	То же	6,04	5,34	56,7	58,2	1,72	1,71		—	—	—	—
Наполеон	Сплошной студень	6,02	5,34	125,0	76,0	5,87	2,01		6,0	5,40	149,5	152,0
Ширван гюзели 17 XI	Студень, сок прозрачный	6,04	—	94,2	50,0	4,73	1,55		5,90	5,60	199,7	191,0
Ширван гюзели 24 XI	То же	6,04	5,80	105,5	44,5	4,72	1,62	—	—	—	—	

При условиях, оптимальных для проявления деятельности пектин-эстеразы (см. табл. 1), становится ясным различие между сортами.

У сортов, долго хранящихся весьма ослаблено ферментативное превращение пектина, тогда как у сортов нележких проявляется активное действие пектин-эстеразы (падение вязкости) и, возможно, полигалактуроназы, на что указывает уменьшение количества растворимого пектина.

Контрольные образцы с ферментами, инактивированными кипячением, не дают изменений физического состояния смеси и заметного изменения количества пектиновых веществ.

Таблица 2

Опыт по превращению пектиновых веществ яблок в автолитической смеси при естественном рН (25 мл сока+10 г мяжи, 30°, экспозиция 24 часа)

Сорт	О п ы т ы е								Инактивиров. кипячением					
	рН		пектин растворим. в мг на 35 г смеси		протопектин в мг на 35 г смеси		относит. вязкость		рН		пектин растворим.		протопектин	
	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце
Сары турш 20 I	3,45	3,40	99,0	91,5	279,5	237,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Сары турш 26 XI	3,40	3,60	58,5	55,0	—	—	1,97	2,02	3,49	3,63	61,5	45,0	—	—
Джир Гаджи	4,06	4,36	53,8	53,0	—	—	1,81	1,74	—	—	—	—	—	—
Ширван гюзели 12 X	3,65	3,60	180,5	243,0	289,5	181,5	—	—	3,65	3,60	222,3	228,7	342,0	306,0
Ширван гюзели 24 XI	3,58	—	76,0	127,5	—	—	4,25	6,92	—	—	—	—	—	—
Наполеон	3,74	4,0	119,0	141,0	199,0	169,5	5,85	5,61	3,55	3,80	—	—	68,5	66,0

Такое же различие между сортами наблюдается в опытах при естественном рН сока (см. табл. 2). В данных условиях опыта можно скорее ожидать проявления активности протопектиназы. У долго хранящихся сортов никаких заметных изменений в соотношении пектиновых веществ и вязкости сока не наблюдается, тогда как у сортов Ширван гюзели и Наполеон отмечается увеличение растворимого пектина за счет протопектина и у Ширван гюзели, кроме того, заметное возрастание вязкости сока. В кипяченых пробах изменений в пектиновых веществах не наблюдается. Данный опыт доказывает присутствие протопектиназы, переводящей протопектин в растворимый пектин.

Опыты по изменению пектиновых веществ при хранении и ферментативному их превращению позволяют сделать вывод, что способность некоторых сортов яблок к длительному хранению связана с пониженной гидролитической активностью ферментативной системы и в первую очередь ферментов пектинового комплекса, активность которых вполне проявляется в сортах яблок, плохо сохраняющихся.

Поступило
25 III 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. А. Рубин, Биохимические основы хранения овощей, 1945. ² Ф. В. Церевитинов, Химия и товароведение свежих плодов и овощей, 1, 1949. ³ Н. В. Новотельнов, В. Е. Деева, Биохимия, 14, в. 4 (1949). ⁴ В. Л. Кретович, Основы биохимии растений, 1952. ⁵ Е. В. Сапожникова, Е. И. Бубнова, Биохимия плодов и овощей, сборн. 2, 1951. ⁶ Н. Lineweaver, E. F. Jansen, Advances in Enzymology, 11, 267 (1951). ⁷ Дж. Б. Самнер, Г. Сомерс, Химия ферментов и методы их исследования, 1948. ⁸ Б. А. Рубин, Н. М. Сисаян, Проблемы биохимии в мичуринской биологии, Сборн. 1, 1949.