

ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ТОВАРІВ

УДК 664.8.004.4:634.13

**Віктор КОЛТУНОВ,
Валерій МАЗУР**

ТЕПЛОЄМНІСТЬ ЗИМОВИХ СОРТІВ ГРУШІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Досліджено п'ять зимових сортів плодів груші, вирощених в умовах Правобережного Лісостепу України. Визначено окремі фізичні й теплофізичні параметри плодів груші: швидкість зниження температури до оптимальної при зберіганні в умовах холодильної камери та опілення до початкової температури перед їх реалізацією. Розраховано ентальпії при зазначених процесах, що уможливує регулювання виробництва холодоагенту та тривалість роботи вентиляторів при зберіганні плодів груші.

Ключові слова: збереженість, плоди груші, швидкість охолодження і нагрівання, фізичні та теплофізичні параметри плодів груші, температура, динамічна різниця, холодильна камера, маса плоду, теплоємність.

Колтунов В., Мазур В. Теплоемкость зимних сортов груши при хранении. Исследовано пять зимних сортов плодов груши, выращенных в условиях Правобережной Лесостепи Украины. Определены отдельные физические и теплофизические параметры плодов груши: скорость снижения температуры до оптимальной при хранении в условиях холодильной камеры и нагревания до начальной температуры перед их реализацией. Проведены расчеты энтальпии, что дает возможность регулировать производство хладагента и продолжительность работы вентиляторов в процессе хранения плодов груши.

Ключевые слова: сохранность, плоды груши, скорость охлаждения и нагревания, физические и теплофизические параметры плодов груши, температура, динамическая разница, холодильная камера, масса плода, теплоемкость.

Постановка проблеми. Плід, знятий з дерева, повільно старіє та гине, коли починається фізіологічне й мікробіологічне розкладання тканин. Загальмувати ці природні процеси можна тільки шляхом біологічної стабілізації.

Після знімання з дерева та при подальшому зберіганні до плодів припиняється приток поживних речовин за рахунок фотосинтезу, в їхніх тканинах відбуваються тільки витрати накопичених складних речовин у процесі дихання, що призводить до втрати маси й скорочення строку зберігання [1]. Дихальний газообмін обумовлює рівень окиснювально-відновлюваних процесів, а від їх скоординованості залежить стійкість плодів до несприятливих факторів зовнішнього середовища.

Плоди – відкриті біологічні системи, тому поряд із диханням взаємодія плодів із зовнішнім середовищем здійснюється через випаровування вологи, внаслідок чого вони в'януть. Цей фізіологічний процес збільшує не тільки втрати маси за рахунок природного убутку – але через послаблення тургору плоди стають уразливішими для мікроорганізмів.

Інтенсивність в'янення перебуває у прямій залежності від біологічного сорту плодів, ступеня його стиглості; швидкості охолодження після збирання до оптимальної температури зберігання й утримання такої та стабільної під час зберігання; встановлення оптимальної відносної вологості повітря та складу газового середовища. Отже, створенням відповідних фізичних умов зберігання можна уповільнити інтенсивність фізіологічних процесів – тим самим загальмувати старіння плодів, а саме – перестигання, руйнацію організму, появу в клітинах негативно діючих на плід продуктів метаболізму, послаблення стійкості до хвороб, що робить клітину чутливішою до впливів, які можуть викликати її загибель.

Проблему збереженості плодів і овочів, яка завжди є актуальною, розглянуто в роботах вчених А. С. Гінзбурга, В. Є. Гуль, В. М. Найченко та ін. [1–5]. Однак роботи щодо вивчення динаміки температури при зберіганні зимових сортів плодів груші в науковій літературі відсутні.

Мета роботи – визначення швидкості процесу зниження температури до оптимальної в зимових сортах груші при закладанні їх на зберігання.

Матеріали та методи. Для дослідження обрано поширені в Правобережному Лісостепу України зимові сорти плодів груші *Золоторотська, Етюд, Кюре, Конкорд, Южанка*. Динаміку температури та ентальпію [6] під час охолодження плодів до оптимальної температури зберігання в холодильних камерах і під час отеплення проведено згідно з "Методичними рекомендаціями по зберіганню плодів, овочів і винограду" [7]. Визначено теплоємність дослідних сортів груш, швидкість їх охолодження в холодильній камері до оптимального рівня при закладанні на зберігання, рівномірність охолодження, інтенсивність і динамічність зниження температури плоду, швидкість нагрівання плодів після закінчення терміну зберігання та проведення отеплення їх у передреалізаційний термін [8]. Зміни температури в центрі плода вимірювали термопарою.

Середні фізичні параметри (маса, діаметр, об'єм) плодів груші отримано як середнє арифметичне зі 100 плодів.

Результати дослідження. Отримані результати швидкості охолодження груш свідчать, що тривалість зниження температури до +0.5–1.0 °С у центрі плода залежить від ботанічного сорту, маси, форми й розміру об'єкта (табл. 1).

Таблиця 1

Зниження температури плодів груші залежно від сорту та фізичних параметрів

Ботанічний сорт	Маса плоду, г	Діаметр плоду, мм	Об'єм плоду, 10 ⁻⁶ м ³	Тривалість охолодження, год	Зниження температури, °С	Початкова температура, °С	Тривалість отеплення, год
<i>Золото-воротська</i>	171	66	161	8.0	1.0	19.2	5.5
<i>Етюд</i>	131	65	119	7.0	1.0	19.7	5.0
<i>Кюре</i>	210	74	198	11.0	0.5	17.2	7.5
<i>Конкорд</i>	180	69	166	7.5	0.6	17.0	6.0
<i>Южанка</i>	138	57	128	5.5	0.5	16.0	5.0

Найтриваліший час (11 год) відбувалося зниження температури до оптимальної у плодах сорту *Кюре*, які мали найбільшу масу та об'єм плоду. Швидше за всіх (5.5 год) охолоджувалися груші сорту *Южанка*. При майже однакових фізичних параметрах із сортом *Етюд* різниця у тривалості охолодження становила 1.5 °С на користь *Южанки*, в якій темпи зниження температури у відносних процентах були значно вищими, ніж у *Етюда* (табл. 2). Також подібні за фізичними параметрами сорти груш *Золотоворотська* та *Конкорд*. Проте температура першої з 19.2 до +1.0 °С знизилася за 8 год, а другої – з 17.0 до 0.6 °С – за 7.5 год.

Наочніше поетапний процес охолодження плодів можна прослідкувати на основі експериментальних даних (див. табл. 2). Якщо спостерігати хід зниження температури в центрі плодів кожні 0.5 год, то по всіх сортах помітне нерівномірне зниження між попереднім і наступним показником у відносних процентах, хоча такі стрибки важко помітити щодо значень у градусах Цельсія.

У всіх дослідних сортах найбільше зниження температури в центрі плода спостерігається в першу годину охолодження, після чого процес поступово починає уповільнюватися. У деякі періоди спостерігаються стрибки, які виражаються у прискоренні зниження температури, після чого знову починається уповільнення.

Таблиця 2

Швидкість охолодження плодів груші зимових сортів при зберганні

Час охолодження, год	Золотоворотська			Етюд			Кюре			Конкорд			Южанка		
	Інтенсивність														
	зниження температури, °С	динамічної різниці		зниження температури, °С	динамічної різниці		зниження температури, °С	динамічної різниці		зниження температури, °С	динамічної різниці		зниження температури, °С	динамічної різниці	
		°С	%		°С	%		°С	%		°С	%		°С	%
0	19.2	–	–	19.7	–	–	17.2	–	–	17	–	–	16.0	–	–
0.5	14.3	4.9	25.5	14.4	5.3	26.9	14.6	2.6	15.1	14.0	3.0	17.6	13.5	2.5	15.6
1.0	10.4	3.9	27.3	11.0	3.4	23.6	12.6	2.0	13.7	12.0	2.0	14.3	10.3	3.2	23.7
1.5	9.6	0.8	7.7	10.1	0.9	8.2	10	2.6	20.6	9.2	2.8	23.3	6.5	3.8	36.9
2.0	9.2	0.4	4.2	9.5	0.6	5.9	8.8	1.2	12	6.8	2.4	26.1	4.0	2.5	38.5
2.5	8.9	0.3	3.3	9.3	0.2	2.1	7.5	1.3	14.8	5.2	1.6	23.5	3.0	1.0	25.0
3.0	7.3	1.6	18.0	8.2	1.1	11.8	6.1	1.4	18.7	4.3	0.9	17.3	2.5	0.5	16.7
3.5	6.2	1.1	15.1	6.5	1.7	20.7	5.7	0.4	6.6	4.0	0.3	7.0	2.0	0.5	20.0
4.0	6.0	0.2	3.2	5.8	0.7	10.8	5.5	0.2	3.5	3.3	0.7	17.5	1.5	0.5	25.0
4.5	5.5	0.5	8.3	5.2	0.6	10.3	5.2	0.3	5.5	3.0	0.3	9.1	1.0	0.5	33.3
5.0	4.2	1.3	23.6	3.8	1.4	26.9	4.7	0.5	9.6	2.5	0.5	16.7	0.7	0.3	30.0
5.5	3.0	1.2	28.6	3.0	0.8	21.0	4.2	0.5	10.6	2.0	0.5	20.0	0.5	0.2	2.9
6.0	2.8	0.2	6.7	2.2	0.8	26.6	4	0.2	4.8	1.8	0.2	10.0		–	
6.5	2.5	0.3	10.7	1.6	0.6	27.3	3.8	0.2	5	1.3	0.5	27.8		–	
7.0	2.0	0.5	20.0	1.0	0.6	27.5	3.5	0.3	7.9	1.0	0.3	23.1		–	
7.5	1.5	0.5	25.0		–		3.2	0.3	8.6	0.6	0.4	40.0		–	
8.0	1.0	0.5	33.3		–		3.0	0.2	6.3					–	
8.5							2.5	0.5	16.6					–	
9.0							2.0	0.5	20					–	
9.5							1.5	0.5	25					–	
10.0							1.0	0.5	33.3					–	
10.5							0.7	0.3	30					–	
11.0							0.5	0.2	28.6					–	

Таблиця 3

Зміна ентальпії (ϵ , кДж/кг \cdot $^{\circ}\text{C}$) плодів груші зимових сортів при охолодженні

Час охолодження, год	<i>Золотоворотська</i>			<i>Етюд</i>			<i>Кюре</i>			<i>Конкорд</i>			<i>Южанка</i>				
	зниження ентальпії	динамічної різниці		зниження ентальпії	динамічної різниці		зниження ентальпії	динамічної різниці		зниження ентальпії	динамічної різниці		зниження ентальпії	динамічної різниці			
		ϵ	%		ϵ	%		ϵ	%		ϵ	%		ϵ	%	ϵ	%
0	70.3			68.3			63.7			61			58.2				
0.5	52.3	18.0	25.6	49.9	18.4		54.0	9.7	15.2	50.2	10.8	17.7	49.1	9.1	15.6		
1.0	38	14.3	27.4	38.1	11.8		46.7	7.3	13.5	43.1	7.1	14.1	37.5	11.6	23.6		
1.5	35.1	3.9	10.3	35.0	3.1		37.0	9.7	20.8	33.0	10.1	23.4	23.6	13.9	37.0		
2.0	33.7	1.4	4.0	32.9	2.1		32.6	4.4	11.9	24.4	9.6	29.1	14.6	9.0	38.1		
2.5	32.6	1.1	3.3	32.3	0.6		27.8	4.8	14.7	18.7	5.7	23.4	10.9	3.7	25.3		
3.0	26.7	5.9	18.1	28.4	3.9		22.6	5.2	18.7	15.4	3.3	17.6	9.1	1.8	16.5		
3.5	25.7	1.0	3.7	22.5	5.9		21.1	1.5	6.6	14.4	1.0	6.5	7.3	1.8	19.8		
4.0	22.0	3.7	14.4	20.1	2.4		20.4	0.7	3.3	11.8	9.6	18.0	5.5	1.8	21.7		
4.5	20.1	0.9	4.1	18.0	2.1		19.3	1.1	5.4	10.8	1.0	8.5	3.6	1.9	34.5		
5.0	15.4	4.7	23.4	13.2	4.8		17.4	1.9	9.8	9.0	1.8	16.7	2.5	1.1	30.5		
5.5	11.0	4.0	26.0	10.4	2.8		15.6	1.8	10.3	7.2	1.8	20.0	1.8	0.7	38.9		
6.0	10.3	0.7	6.4	7.6	2.8		14.8	1.8	11.5	6.5	0.7	9.7			–		
6.5	9.1	1.2	11.7	5.5	2.1		14.1	0.9	6.1	4.7	1.8	27.7			–		
7.0	7.3	1.8	19.8	3.5	2.0		13.0	1.1	7.8	3.6	1.1	23.4			–		
7.5	5.5	1.8	24.7		–		11.8	1.2	9.2	2.1	1.5	41.6			–		
8.0	3.6	1.9	34.5		–		11.1	0.7	5.9			–			–		
8.5			–				9.3	1.8	16.2			–			–		
9.0			–				7.4	1.9	20.4			–			–		
9.5			–				5.6	1.8	24.3			–			–		
10.0			–				3.7	1.9	33.9			–			–		
10.5			–				2.6	1.1	29.7			–			–		
11.0			–				1.8	0.8	44.4			–			–		

Таблиця 4

Швидкість отеплення плодів зимових сортів груші після зберігання

Час отеплення, год	Золотоворотська			Етюд			Кюре			Конкорд			Южанка		
	Інтенсивність														
	підвищення температури, °C	динамічної різниці		підвищення температури, °C	динамічної різниці		підвищення температури, °C	динамічної різниці		підвищення температури, °C	динамічної різниці		підвищення температури, °C	динамічної різниці	
		°C	%		°C	%		°C	%		°C	%		°C	%
0	1.0			1.0			0,5			0.6			0.5		
0.5	6.0	5.0	500.0	6.2	5.2	520.0	3.5	3.0	600.0	5.6	5.0	833.0	6.3	5.8	1160.0
1.0	8.2	2.2	36.6	8.5	2.3	37.1	6.2	2.7	77.1	8.7	3.1	55.4	9.3	3.0	47.6
1.5	10.5	2.3	28.0	11.0	2.5	29.4	8.5	2.3	37.1	10.8	2.1	24.1	11.5	2.2	23.7
2.0	12.7	2.2	21.0	13.0	2.0	18.2	11.8	3.3	38.8	12.8	2.0	18.5	13.8	2.3	20.0
2.5	14.7	2.0	15.7	14.7	1.7	13.1	13.5	2.3	19.5	14.5	1.7	13.3	15.4	1.6	11.6
3.0	15.7	1.0	6.8	16.0	1.3	8.8	15.0	1.5	11.1	15.8	1.3	9.0	16.8	1.4	9.1
3.5	17.2	1.5	9.6	17.5	1.5	9.4	15.7	0.7	4.7	16.6	1.2	7.6	17.5	0.7	4.2
4.0	17.8	0.6	3.5	18.2	0.7	4.0	16.2	0.5	3.2	17.3	0.7	4.2	18.0	0.5	2.9
4.5	18.3	0.5	2.8	18.5	0.3	1.6	16.8	0.6	3.7	18.0	0.7	4.0	18.5	0.5	2.8
5.0	18.8	0.5	2.7	19.0	0.5	2.7	17.5	0.7	4.2	18.3	0.3	1.7	19.0	0.5	2.7
5.5	19.0	0.2	1.1				17.8	0.3	1.7	18.8	0.5	2.7			
6.0				–			18.0	0.2	1.1	19.0	0.2	1.1			–
6.5				–			18.2	0.2	1.1				–		
7.0				–			18.5	0.3	1.6				–		
7.5				–			19.0	0.5	2.7				–		

На завершальному етапі охолодження, коли температура в центрі плоду наближається до оптимальної, в усіх сортах спостерігалось підвищення інтенсивності зниження температури, що наглядно видно з показника динамічної різниці (див. *табл. 2*).

Дзеркальним відображенням інтенсивності зміни температури в центрі плоду груш при їх охолодженні є зміна ентальпії (*табл. 3*).

Швидкість отеплення плодів відбувалося більш прискореними темпами, ніж охолодження (*табл. 4*). При переносі плодів у теплі приміщення через 30 хв в усіх сортах спостерігалось різке підвищення температури та тепловмісту, а в наступні 30 хв – ці процеси уповільнювалися впродовж 2–2.5 год залежно від сорту. Після нагрівання плодів до 12–13 °С починалося більш активне гальмування цього процесу – особливо за 3–3.5 год до досягання початкового рівня температури.

Різниця у швидкості охолодження та отеплення пояснюється тим, що проникнення холоду в центр плоду зустрічало опір за рахунок дихання, в результаті якого виділяється крім CO₂ і H₂O ще й 2824 кДж тепла. Отеплення проходило як за допомогою процесу дихання, так і за рахунок температури оточуючого середовища.

Висновки. Швидкість фізичних і теплофізичних процесів при охолодженні зимових сортів плодів груші залежить не тільки від температури оточуючого середовища, а й від генетичних властивостей сорту.

Динаміка зниження й підвищення температури плодів груші відбувається нерівномірно за один і той же проміжок часу, що треба враховувати при контролі за температурним режимом при їх зберіганні в холодильних камерах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Макашвили Г. А.* Методы биологической стабилизации плодов в процессе хранения / Г. А. Макашвили. — М. : Экономика, 1975. — 205 с.
2. *Гинзбург А. С.* Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов / А. С. Гинзбург, М. А. Громов. — М. : Агропромиздат, 1987. — 272 с.
3. *Гуль В. Е.* Полимеры для упаковки пищевой продукции / В. Е. Гуль // Тара и упаковка. — 1993. — № 3. — С. 24—25.
4. *Найченко В. М.* Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства / Найченко В. М. — К. : ФАДА ЛТД, 2001. — 211 с.
5. *Технологія виробництва овочів і плодів ; за ред О. Ю. Барабаша.* — К. : Вища шк., 2004. — 431 с.
6. *Колтунов В. А.* Якість плодоовочевої продукції та технологія її зберігання / В. А. Колтунов. — У 2-х ч. — Ч. II. — Якість і збереженість картоплі і овочів : монографія. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2004. — 568 с.
7. *Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований ; под общ. ред. С. Ю. Дженеева и В. Й. Иванченко.* — Ялта : Ин-т винограда и вина "Магарач", 1998. — 152 с.
8. *Колтунов В. А.* Технологія зберігання продовольчих товарів : лабораторний практикум / В. А. Колтунов. — К. : Київ. нац. торг.-ек. ун-т, 2003. — 341 с.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2013.

Koltunov V., Mazur W. Thermal capacity of pear fruit of winter varieties for storage.

Background. Fruits are open biological systems in which natural processes continue even after picking up the fruit from the tree. We can slow them only by biological stabilization, which requires the creation of appropriate physical storage conditions. Purpose of the study is to determine the speed of the process of lowering the temperature to the optimum for winter varieties of pears when laying them for storage.

Material and methods. Pear fruit of winter varieties *Zolotovorotska*, *Etiud*, *Cure*, *Concord*, *Yuzhanka* was studied. The dynamics of temperature and enthalpy [6] during cooling the fruit to the optimum storage temperature in refrigerated chambers and during warming was conducted in accordance with the "Guidelines for the storage of fruits, vegetables and grapes" [7]. Changes in temperature at the center of the fruit were measured by thermoteam.

Results. The longest time (11 h) for a decrease in temperature to the optimum required *Cure* sort that had the greatest weight and size of the fruit. The quickest of all (5.5 h) was cooled pear variety *Yuzhanka*. At about the same sort of physical parameters of *Etiud* difference in the duration of cooling was 1.5 °C for *Yuzhanka*, in which the rate of temperature decrease in the relative percentages was significantly higher than for *Etiud* (Table 2).

Progress in reducing the temperature in the center of the fruit is different: it is intense in the first hour of cooling, and then it starts to slow down. In some periods of the process there are significant jumps in the intensity of lowering the temperature of the fruit.

Heating rate of fruit was quicker than cooling (Table 4). With placing the fruit in a warm room after 30 minutes there was a sharp rise in temperature and heat content in all varieties. In the next 2–2.5 hours the intensity of these processes gradually decreased, and after heating to 12–13 °C increase in temperature to its initial level was slow.

Conclusion. Rate of physical and thermal processes during cooling pear fruit of winter varieties depends not only on the ambient temperature, but also on genetic characteristics of the variety.

Dynamics of decrease and increase of temperature of pear fruit is uneven at the same time that should be considered when monitoring the temperature conditions during storage in refrigerator.

Key words: storage ability, pear fruit, the rate of cooling and heating, physical and thermal pear fruit indicators, temperature, dynamic difference, refrigerator, fruit weight, heat capacity.

REFERENCES

1. *Makashvili G. A.* Metody biologicheskoy stabilizacii plodov v processe hranenija / G. A. Makashvili. — M. : Jekonomika, 1975. — 205 s.
2. *Ginzburg A. S.* Teplofizicheskie harakteristiki kartofelja, ovoshhej i plodov / A. S. Ginzburg, M. A. Gromov. — M. : Agropromizdat, 1987. — 272 s.
3. *Gul' V. E.* Polimery dlja upakovki pishhevoj produkcii / V. E. Gul' // Tara i upakovka. — 1993. — № 3. — S. 24—25.
4. *Najchenko V. M.* Praktikum z tehnologii zberigannja i pererobki plodiv ta ovochiv z osnovami tovaroznavstva / Najchenko V. M. — K. : FADA LTD, 2001. — 211 s.
5. *Tehnologija virobництва ovochiv i plodiv ; za red O. Ju. Barabasha.* — K. : Vishha shk., 2004. — 431 s.
6. *Koltunov V. A.* Jakist' plodoovochevoi produkcii ta tehnologija ii zberigannja / V. A. Koltunov. — U 2-h ch. — Ch. II. — Jakist' i zberezhenist' kartopli i ovochiv : monografija. — K. : Kiiv. nac. torg.-ekon. un-t, 2004. — 568 s.
7. *Metodicheskie rekomendacii po hraneniju plodov, ovoshhej i vinograda.* Organizacija i provedenie issledovanij ; pod obshh. red. S. Ju. Dzheneeva i V. J. Ivanchenko. — Jalta : In-t vinograda i vina "Magarach", 1998. — 152 s.
8. *Koltunov V. A.* Tehnologija zberigannja prodovol'chih tovariv : laboratornyj praktykum / V. A. Koltunov. — K. : Kyi'v. nac. torg.-ek. un-t, 2003. — 341 s.