

УДК 664.8.037.1

## **Сравнительный анализ качества охлажденных и замороженных яблок при длительном хранении**

Колодязная В.С. д.т.н., Леонова С.В., Данилов П.А.

[labri\\_13@mail.ru](mailto:labri_13@mail.ru)

Санкт-Петербургский Государственный Университет Низкотемпературных  
и Пищевых Технологий

*Установлены зависимости изменения физико-химических и биохимических показателей качества яблок летне - осенних сортов Осеннее полосатое и Антоновка от продолжительности хранения. Получены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости. На основании сравнительного анализа показателей качества охлажденных и замороженных яблок сортов Осеннее полосатое и Антоновка установлено, что в изменении активности терминальных оксидаз, содержание титруемой кислотности и рН наблюдаются существенные различия между охлажденными и замороженными образцами яблок, хранившимися в течение семи месяцев. Изменения в содержании суммы моно- и дисахаридов и аскорбиновой кислоты происходят идентичным образом независимо от сорта и способа холодильного хранения плодов.*

Ключевые слова: яблоки, хранение, замораживание

## **The comparative analysis of quality of the cooled and frozen apples at long storage**

Kolodyaznaya V. S., Leonova S.V. [labri\\_13@mail.ru](mailto:labri_13@mail.ru), Danilov P. A.

The St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Engineering

*Depending on changes in physical-chemical and biochemical indicators of quality apples summer - autumn varieties: Autumn stripes and Antonivka installed on the duration of storage. Regression equations that characterize these plots were obtained. Based on comparative analysis of quality chilled and frozen apple varieties: Autumn stripes and Antonivka found that a change in the activity of terminal oxidases, the contents of titratable acidity and pH are observed significant differences between chilled and frozen samples of apples were stored for seven months. Changes in total content of mono-and disaccharides and ascorbic acid occur in an identical fashion regardless of class and method of refrigeration storage of fruits.*

Keywords: apples, storage, freezing

Холодильное консервирование скоропортящихся пищевых продуктов является одним из эффективных способов сохранения качества и пищевой ценности при длительном хранении. В тоже время значительная часть плодов, в том числе яблок, подвергается тепловому консервированию, что приводит к существенным потерям биологически активных веществ под воздействием высоких температур.

Отечественными и зарубежными исследователями высказываются противоречивые мнения о целесообразности замораживания яблок [1, 2, 3]. В тоже время научный и практический интерес представляет замораживание яблок, особенно высокоурожайных летнее-осенних сортов, которые не пригодны для длительного хранения в охлажденном состоянии [4].

Цель исследования – провести сравнительный анализ качества яблок различных сортов при хранении в охлажденном и замороженном состоянии.

Объектами исследования выбраны яблоки летне-осенних сортов Осеннее полосатое и Антоновка, выращенные в коллекционном саду Павловской опытной станции ВИР им.Н. И. Вавилова по схеме 5×4м, урожай 2010 года. После мойки, очистки от кожуры и нарезки яблок кубиками с длиной ребра 10 мм готовили среднюю пробу. Затем образцы бланшировали в кипящем 1%-м растворе лимонной кислоты в течение 60 с [5]. Замораживание яблок проводилось в воздушной среде при температуре  $t = -24^{\circ}\text{C}$  в условиях естественной конвекции и при  $t = -35^{\circ}\text{C}$ , и скорости движения воздуха  $V = 4\text{ м/с}$ . Контрольные образцы хранились в охлажденном состоянии при  $t = (2 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ .

В свежих яблоках, после бланширования, замораживания, а также в процессе хранения в охлажденном и замороженном состоянии анализировали показатели качества плодов. Содержание пектиновых веществ в яблоках определяли в соответствии с методикой, основанной на реакции галактуроновой кислоты с карбазолом. Исследованы три фракции: 1 – водорастворимая (соль пектиновой кислоты); 2 – фракция промежуточной растворимости (солянокислая + уксуснокислая фракция, пектиновая кислота); 3 – нерастворимая в воде (протопектин). Содержание растворимых сахаров (глюкоза, сахароза, фруктоза) определяли на рефрактометре, восстановленную форму аскорбиновой кислоты - методом Тильманса, содержание органических кислот - титрометрическим методом в пересчете на яблочную кислоту, рН – на рН-метре 150 МА [4].

Измерения проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали методами математической статистики с нахождением доверительного интервала 0,95 с использованием компьютерных программ.

Изменение содержания отдельных фракций пектиновых веществ в яблоках при хранении в охлажденном и замороженном состоянии приведено в табл.1.

Таблица 1. – Изменение содержания пектиновых веществ в паренхимной ткани яблок при хранении в охлажденном и замороженном состоянии.

Состояние объекта	Фракции пектиновых веществ	Содержание пектиновых веществ в яблоках сортов:					
		Осеннее полосатое			Антоновка		
		Охлажденные	t = -24°C	t = -35°C	t = -24°C	t = -24°C	t = -35°C
Контроль (до замораживания)	Соль пектиновой кислоты	0,46 ± 0,02	0,46 ± 0,02	0,46 ± 0,02	0,68 ± 0,03	0,68 ± 0,03	0,68 ± 0,03
	Соляно кислая+ уксусно кислая фракция (пектиновая кислота)	1,51 ± 0,06	1,51 ± 0,06	1,51 ± 0,06	1,48 ± 0,06	1,48 ± 0,06	1,48 ± 0,06
	Протопектин	0,72 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,76 ± 0,03	0,76 ± 0,03	0,76 ± 0,03
	Сумма	2,69	2,69	2,69	2,92	2,92	2,92
Замороженный, через 2 месяца хранения	Соль пектиновой кислоты	0,39 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,41 ± 0,02	0,59 ± 0,02	0,63 ± 0,03	0,65 ± 0,03
	Соляно кислая+ уксусно кислая фракция (пектиновая кислота)	1,55 ± 0,06	1,53 ± 0,06	1,55 ± 0,06	2,08 ± 0,08	1,50 ± 0,06	1,49 ± 0,06
	Протопектин	0,74 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,76 ± 0,06
	Сумма	2,68	2,68	2,68	2,91	2,91	2,91
Замороженный, через 4 месяцев хранения	Соль пектиновой кислоты	0,30 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,48 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,55 ± 0,02
	Соляно кислая+	1,33	1,57	1,61	1,72	1,55 ± 0,06	1,58

	уксусно кислая фракция (пектин овая кислота)	±0,05	±0,06	±0,06	±0,07		±0,06
	Протопектин	0,61 ±0,02	0,75±0,03	0,72 ±0,03	0,67 ±0,03	0,77±0,03	0,70 ±0,03
	Сумма	2,24	2,67	2,66	2,87	2,89	2,83
Замороженный, через 7 месяцев хранения	Соль пектиновой кислоты	0,21± 0,01	0,27 ±0,01	0,24 ±0,01	0,30 ±0,01	0,48±0,02	0,40±0,02
	Соляно кислая+ уксусно кислая фракция (пектиновая кислота)	0,99± 0,04	1,23 ±0,05	1,35 ±0,05	1,40 ±0,06	1,30±0,05	1,33 ±0,05
	Протопектин	0,50± 0,02	0,61±0,02	0,64 ±0,03	0,49 ±0,02	0,67±0,03	0,59 ±0,03
	Сумма	1,7	2,11	2,23	2,19	2,45	2,32

Из приведённых в табл.1 данных следует, что содержание протопектина и суммы пектиновых веществ в яблоках обоих сортов, хранившихся в охлажденном состоянии, к концу срока хранения значительно меньше, чем в яблоках, подвергавшихся замораживанию. Так, константа скорости реакции второго порядка гидролиза для яблок сорта Осеннее полосатое, хранящихся в охлажденном состоянии, составляет  $K = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ 1/мес}\cdot\%$ , в замороженном при температуре  $t = -24^\circ\text{C} - 0,6 \cdot 10^{-2}$ ,  $t = -35^\circ\text{C} - 0,5 \cdot 10^{-2}$ ; для яблок сорта Антоновка –  $K = 0,7 \cdot 10^{-2}$ ,  $0,4 \cdot 10^{-2}$ ,  $0,3 \cdot 10^{-2}$  соответственно.

Содержание суммы моно – и дисахаридов в свежих яблоках сорта Осеннее полосатое - 15 %, в яблоках сорта Антоновка - 13,8%.

В процессе хранения в охлажденном состоянии, а так же бланширования и последующего хранения в замороженном состоянии содержание растворимых сахаров уменьшается (рис. 1).

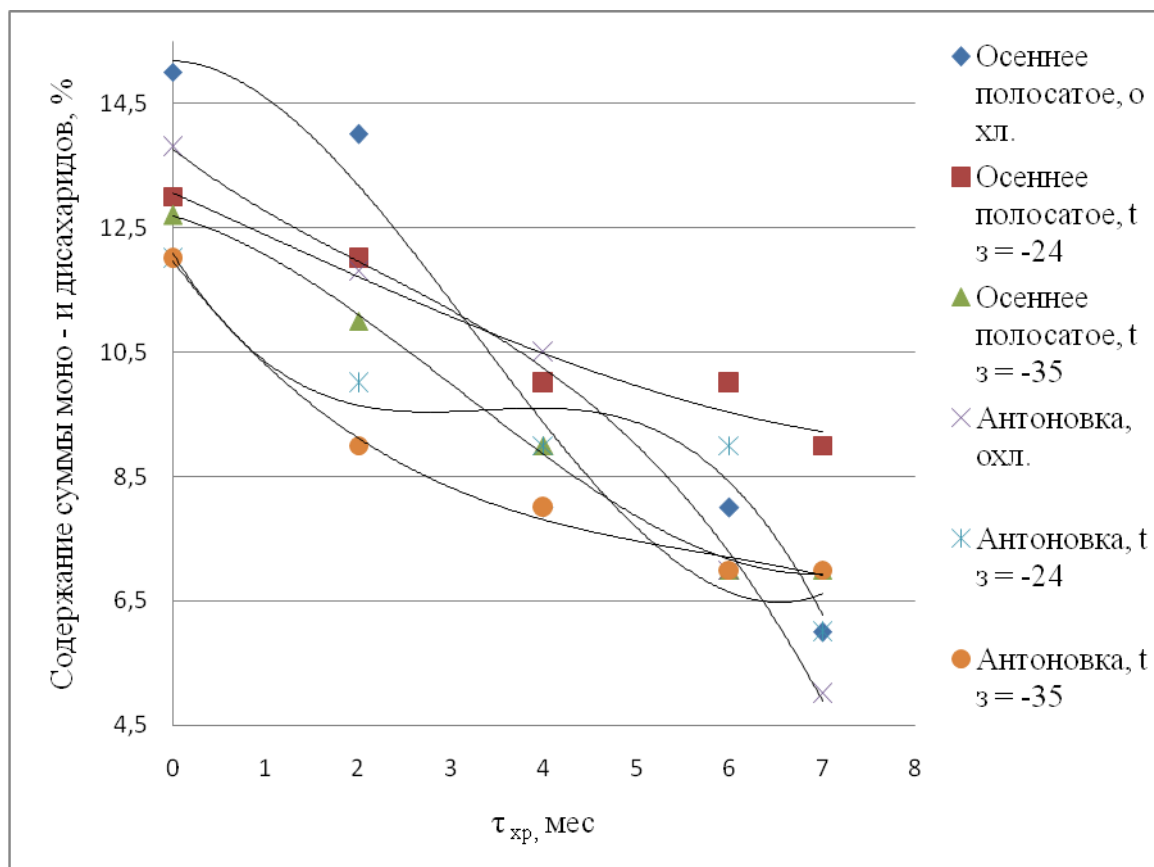


Рисунок 1. –Изменение содержания суммы моно – и дисахаридов в охлажденных и замороженных яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка при хранении.

Как следует из рис.1, сумма моно – и дисахаридов в яблоках уменьшается независимо от сорта и способа хранения. Для яблок, хранившихся в охлажденном состоянии, это связано с процессом дыхания, а для замороженных образцов уменьшение количества сахаров объясняется их неполным окислением с образованием органических кислот.

Получены уравнения регрессии, характеризующие изменение содержания моно- и дисахаридов в сортах:

- Осеннее полосатое, охл.  $y = - 0,59x^2 - 0,06x + 15,10 \quad R^2 = 0,926$
- Осеннее полосатое,  $t_з = -24 \text{ }^\circ\text{C}$   $y = 0,57x + 13,0 \quad R^2 = 0,946$
- Осеннее полосатое,  $t_з = -35 \text{ }^\circ\text{C}$   $y = - 0,124x^2 - 0,41x + 12,7 \quad R^2 = 0,997$
- Антоновка, охл.  $y = 0,18x^2 - 1,15x + 13,8 \quad R^2 = 0,997$
- Антоновка,  $t_з = -24 \text{ }^\circ\text{C}$   $y = 0,74x^2 - 2,4x + 12,0 \quad R^2 = 0,951$
- Антоновка,  $t_з = -35 \text{ }^\circ\text{C}$   $y = 0,29x^2 - 1,95x + 12,0 \quad R^2 = 0,994$

В ходе исследования проводилась регистрация и анализ изменения содержания аскорбиновой кислоты при различных способах холодильного хранения в яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка.

Содержание аскорбиновой кислоты в свежих яблоках сорта Осеннее полосатое - 21,6 мг/100г, в яблоках сорта Антоновка – 19,8 мг/100г. В

процессе бланширования и последующего замораживания происходит уменьшение содержания аскорбиновой кислоты: для сорта Осеннее полосатое – в среднем на 7% , для сорта Антоновка – на 9 %.

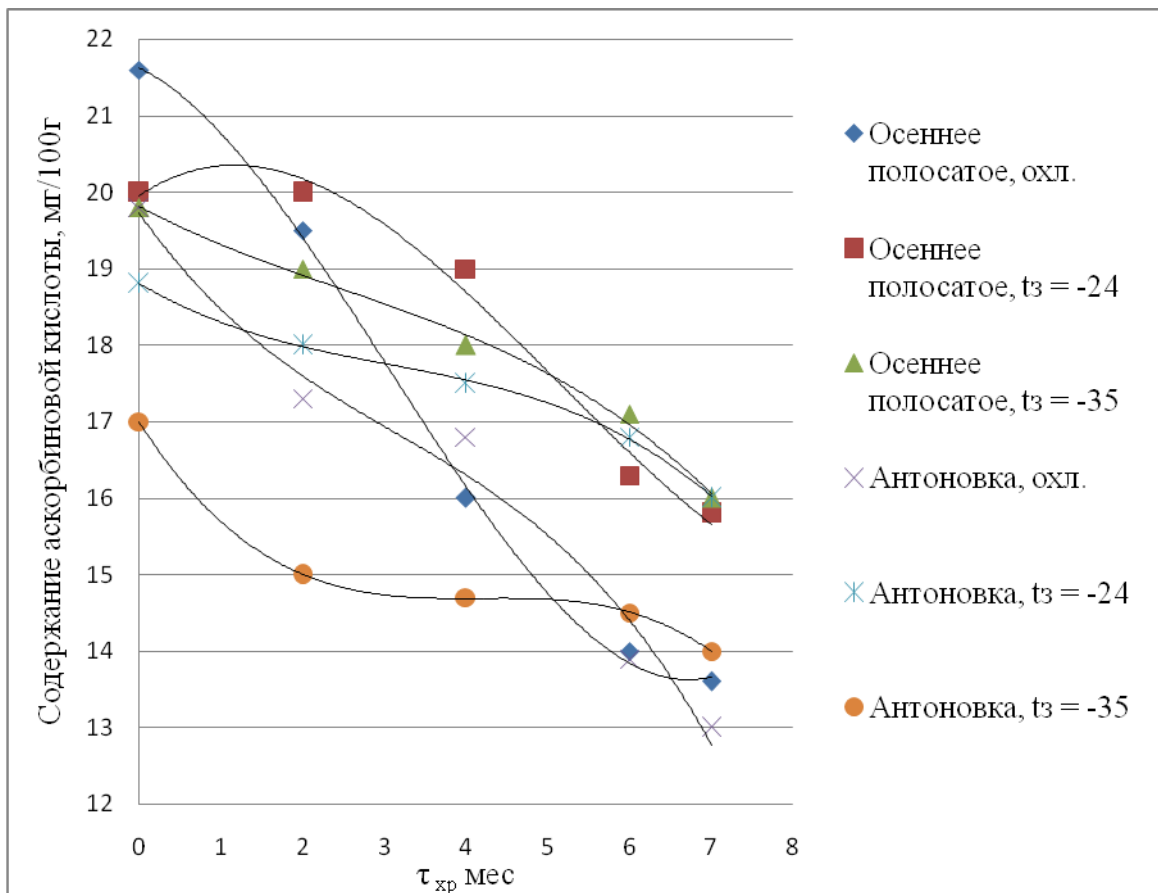


Рисунок 2. –Изменение содержания аскорбиновой кислоты в охлажденных и замороженных яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка при хранении.

Как следует из рис. 2, в процессе хранения яблок обоих сортов в охлажденном и замороженном состоянии количество аскорбиновой кислоты уменьшается, однако скорость реакции окисления аскорбиновой кислоты различна и зависит от сорта яблок и условий холодильного хранения. Так, константа скорости реакции второго порядка для яблок сорта Осеннее полосатое, хранящихся в охлажденном состоянии составляет  $K = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ 1/мес}\cdot\%$ , в замороженном при температуре  $t = -24^\circ\text{C} - 2,5 \cdot 10^{-2}$ ,  $t = -35^\circ\text{C} - 2,1 \cdot 10^{-2}$ ; для яблок сорта Антоновка –  $K = 5,7 \cdot 10^{-2}$ ,  $2,8 \cdot 10^{-2}$ ,  $2,1 \cdot 10^{-2}$  соответственно. Таким образом, максимальное содержание аскорбиновой кислоты через 7 мес хранения установлено в яблоках обоих сортов, замороженных при температуре  $-35^\circ\text{C}$ .

Получены уравнения регрессии, характеризующие изменение содержания аскорбиновой кислоты в сортах:

- Осеннее полосатое, охл.  $y = -0,38x^2 - 0,52x + 21,60 \quad R^2 = 0,998$

- Осеннее полосатое,  $t_3 = -24^\circ\text{C}$   $y = -0,35x^2 + 0,72x + 19,95$   $R^2 = 0,986$
- Осеннее полосатое,  $t = -35^\circ\text{C}$   $y = 0,08x^2 - 0,576x + 19,82$   $R^2 = 0,995$
- Антоновка, охл.  $y = 0,28x^2 - 1,5x + 19,80$   $R^2 = 0,978$
- Антоновка,  $t = -24^\circ\text{C}$   $y = 0,14x^2 - 0,63x + 18,80$   $R^2 = 0,999$
- Антоновка,  $t = -35^\circ\text{C}$   $y = 0,40x^2 - 1,67x + 17,0$   $R^2 = 0,9999$

Содержание органических кислот в свежих яблоках сорта Осеннее полосатое - 2,3%, в яблоках сорта Антоновка – 2,5%.

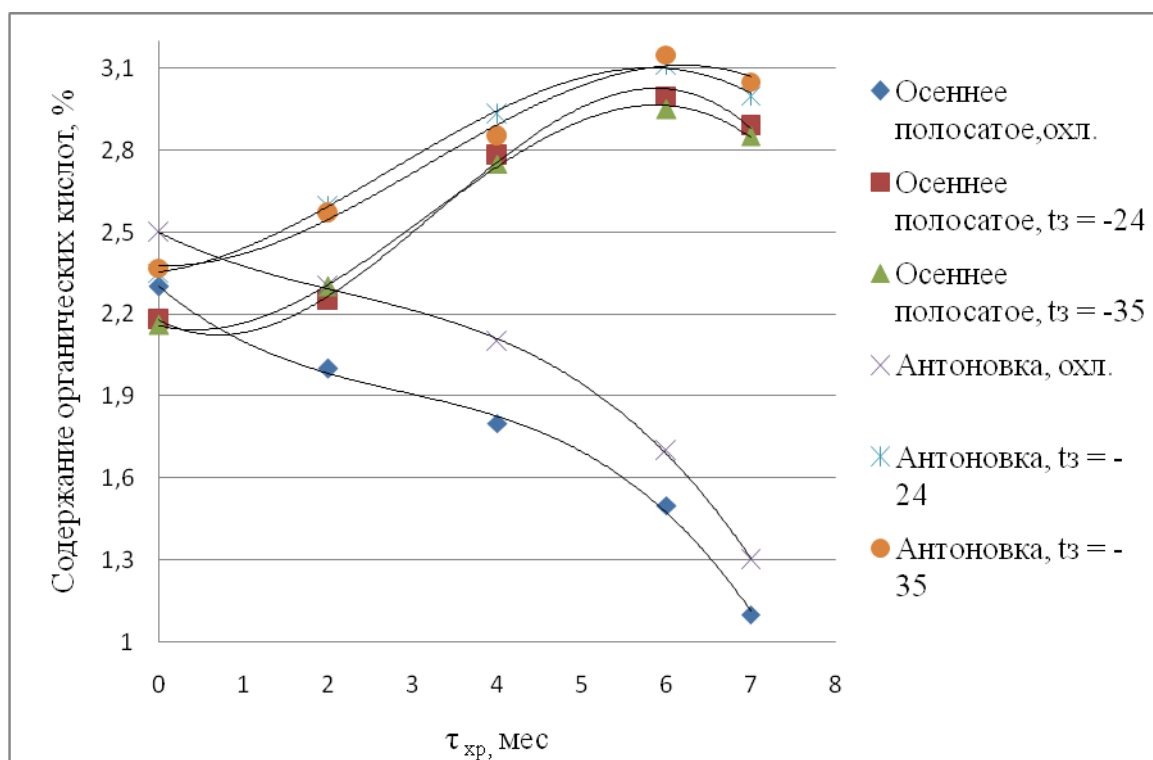


Рисунок 3. – Изменение содержания органических кислот в охлажденных и замороженных яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка при хранении.

Из полученных данных следует, что при замораживании и хранении яблок всех сортов в замороженном состоянии происходит увеличение органических кислот, а при хранении образцов в охлажденном состоянии, наоборот, прослеживается их уменьшение.

Получены уравнения регрессии, характеризующие изменение содержания органических кислот в сортах:

- Осеннее полосатое, охл.  $y = 0,06x^2 - 0,26x + 2,3$   $R^2 = 0,997$
- Осеннее полосатое,  $t_3 = -24^\circ\text{C}$   $y = 0,13x^2 - 0,16x + 2,3$   $R^2 = 0,997$
- Осеннее полосатое,  $t_3 = -35^\circ\text{C}$   $y = 0,09x^2 - 0,08x + 2,2$   $R^2 = 0,999$
- Антоновка, охл.  $y = 0,04x^2 - 0,15x + 2,5$   $R^2 = 0,999$
- Антоновка,  $t_3 = -24^\circ\text{C}$   $y = 0,05x^2 + 0,04x + 2,4$   $R^2 = 0,998$
- Антоновка,  $t_3 = -35^\circ\text{C}$   $y = 0,06x^2 - 0,01x + 2,4$   $R^2 = 0,989$

Изменение содержания органических кислот приводит к изменению рН (рис. 4.).

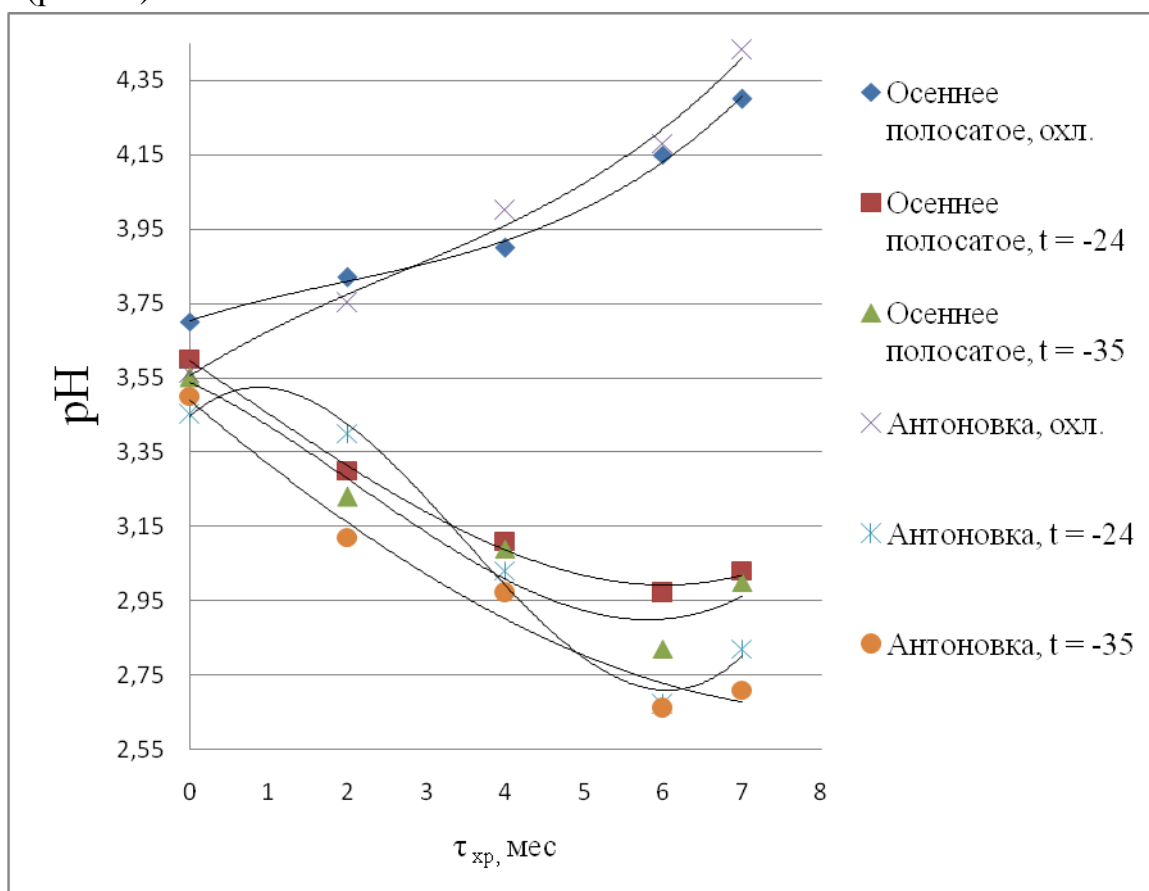


Рисунок 4. – Изменение рН в охлажденных и замороженных яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка при хранении.

Получены уравнения регрессии, характеризующие изменение рН в сортах:

- Осеннее полосатое, охл.  $y = -0,01x^2 + 0,07x + 3,7$   $R^2 = 0,996$
- Осеннее полосатое,  $t_3 = -24$  °С  $y = -0,14x + 3,6$   $R^2 = 0,994$
- Осеннее полосатое,  $t = -35$  °С  $y = -0,02x^2 - 0,1x + 3,54$   $R^2 = 0,943$
- Антоновка, охл.  $y = -0,02x^2 + 0,14x + 3,55$   $R^2 = 0,991$
- Антоновка,  $t = -24$  °С  $y = -0,12x^2 + 0,19x + 3,44$   $R^2 = 0,991$
- Антоновка,  $t = -35$  °С  $y = 0,01x^2 - 0,18x + 3,49$   $R^2 = 0,974$

Вывод: Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что в процессе длительного хранения яблок биологически активные вещества максимально сохраняются в плодах, замороженных при  $-35$  °С.

#### Список литературы

1. Стрингер М., Деннис К. Охлажденные и замороженные продукты. - СПб.: Профессия, 2004. – 495 с.;



2. Балан Е.Ф. и др. Био-энергетические основы холодильной технологии хранения фруктов и овощей. – Одесса – Кишинэу, 2004. – 244с.;

3. Семенов Б.Н. и др. Теоретические основы холодильной технологии и практические аспекты использования... Ч. 1. – Калининград – Издательство КГТУ. 2005. – 402с.;

4. Данилов П.А., Леонова С.В. Кинетика изменения содержания полисахаридов при хранении замороженных яблок различных сортов. Сборник трудов молодых ученых. Спб 2010 – С. 38.

5. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. – 520с.