

Влияние холодного хранения на содержание органических кислот и сахаров в яблочном соке

Медведева С.В., Фролов Д.И.

Аннотация. В работе исследовано влияние холодного хранения яблок на состав яблочного сока, полученного из свежих и хранившихся плодов. Оценивались изменения содержания основных органических кислот (яблочной, лимонной, уксусной, винной) и сахаров (глюкозы, фруктозы, сахарозы), а также показателей общей кислотности, pH, общего содержания сахаров и индекса сладости. После 140 дней хранения при температуре 1–2 °С наблюдались статистически значимые различия в содержании лимонной и яблочной кислот, общей кислотности, pH, а также в концентрациях фруктозы, глюкозы и сахарозы. При этом общие показатели содержания сахаров и индекс сладости существенно не изменились. Полученные результаты показывают, что холодное хранение влияет на баланс органических кислот и сахаров в яблочном соке, изменяя его вкусовые характеристики и питательную ценность.

Ключевые слова: яблочный сок, холодное хранение, органические кислоты, сахара, кислотность, сладость.

Для цитирования: Медведева С.В., Фролов Д.И. Влияние холодного хранения на содержание органических кислот и сахаров в яблочном соке // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 4. С. 46–49.

The effect of cold storage on the content of organic acids and sugars in apple juice

Medvedeva S.V., Frolov D.I.

Abstract. The paper examines the effect of cold storage of apples on the composition of apple juice obtained from fresh and stored fruits. Changes in the content of basic organic acids (malic, citric, acetic, tartaric) and sugars (glucose, fructose, sucrose), as well as total acidity, pH, total sugar content, and sweetness index were evaluated. After 140 days of storage at a temperature of 1–2 °C, statistically significant differences were observed in the content of citric and malic acids, total acidity, pH, as well as in concentrations of fructose, glucose and sucrose. At the same time, the overall sugar content and sweetness index did not change significantly. The results show that cold storage affects the balance of organic acids and sugars in apple juice, changing its taste characteristics and nutritional value.

Keywords: apple juice, cold storage, organic acids, sugars, acidity, sweetness.

For citation: Medvedeva S.V., Frolov D.I. The effect of cold storage on the content of organic acids and sugars in apple juice. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 4. pp. 46–49. (In Russ.).

Введение

Яблоко является одним из наиболее распространённых и потребляемых плодов в мире, представляя ценный источник углеводов, органических кислот, фенольных соединений и витаминов, которые определяют его пищевую и биологическую ценность, а также вкусовые качества продуктов переработки, включая соки [1, 2, 3]. Основные сахара яблок представлены фруктозой, глюкозой и сахарозой, а среди органических кислот преобладает

яблочная кислота, на долю которой приходится до 90 % общей кислотности [3]. Соотношение сахаров и кислот служит важным критерием качества плодов и определяет их гармоничный вкус [4].

Хранение яблок при пониженных температурах – один из наиболее эффективных способов продления сроков реализации и сохранения питательной ценности. Однако в процессе хранения происходят биохимические изменения, влияющие на состав сахаров, кислот, ароматических и антиоксидантных веществ [5]. Известно, что при дли-

тельном холодном хранении снижается содержание сахарозы вследствие её гидролиза до глюкозы и фруктозы, а также уменьшается концентрация яблочной кислоты в результате дыхательных процессов [6, 7].

Эти изменения оказывают непосредственное влияние на качество получаемых соков и сидров, что имеет важное значение для перерабатывающей промышленности [8]. Поэтому изучение динамики содержания органических кислот и сахаров в яблочном соке после холодного хранения позволяет определить оптимальные сроки переработки плодов и прогнозировать изменение вкусовых характеристик готового продукта.

Цель исследования – оценить влияние холодного хранения яблок на уровни отдельных органических кислот и сахаров в яблочном соке.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служили свежие плоды яблони позднеспелых сортов. Для анализа отбирались здоровые, типичные по размеру и окраске яблоки без механических повреждений и признаков заболеваний.

Перед проведением анализа плоды промывали проточной водой, обсушивали фильтровальной бумагой и разрезали на четыре части. Семенные камеры и плодоножки удалялись. Из подготовленных яблок получали сок при помощи лабораторной соковыжималки. Полученный сок фильтровали через двойной слой стерильной марли для удаления взвешенных частиц. Аналогичные процедуры проводили для образцов, прошедших холодное хранение.

Хранение осуществляли при температуре 1–2 °С и относительной влажности воздуха 90–95 % в течение 140 суток.

Количественное определение сахаров (глюкозы, фруктозы, сахарозы) и органических кислот (яблочной, лимонной, уксусной, винной) проводили методом инфракрасной спектроскопии с использованием спектрофотометра UNICO 1201. Для каждого образца выполняли три параллельных измерения, по результатам которых вычислялось среднее значение.

Таблица 1 – Среднее содержание сахаров в яблочном соке до и после холодного хранения

Показатель	Свежие яблоки, г/л	После 140 сут хранения, г/л	Изменение, %
Фруктоза	75,8 ± 10,2	86,4 ± 9,6	14
Глюкоза	25,9 ± 7,8	32,0 ± 6,3	23,5
Сахароза	28,0 ± 9,3	11,1 ± 5,5	–60,4
Общие сахара	131,8 ± 14,5	131,0 ± 16,4	–0,6
Индекс сладости (ИС)	157 ± 19	158 ± 19	0,6

Показатель pH определяли с помощью лабораторного pH-метра, предварительно откалиброванного стандартными буферными растворами. Общая кислотность и общее содержание сахаров рассчитывались как среднее арифметическое значений, полученных для всех исследованных сортов.

Индекс сладости (ИС) рассчитывали с учётом относительной сладости отдельных сахаров. При расчёте использовались следующие коэффициенты: фруктоза – 1,7; глюкоза – 0,75; сахароза – 1,0. Итоговое значение индекса определяли по суммарному вкладу каждого сахара в общую сладость сока.

Формула расчёта имела вид:

$$ИС = 1,7F + 0,75G + 1,0S \quad (1)$$

где F, G, S – концентрации фруктозы, глюкозы и сахарозы соответственно.

Обработка экспериментальных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием специализированного программного обеспечения. Проверку достоверности различий между выборками выполняли с применением дисперсионного анализа. Корреляционные зависимости между отдельными показателями определяли по методу Пирсона.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований установлено, что состав сахаров и органических кислот в яблочном соке зависит как от сорта яблок, так и от продолжительности хранения. Наибольшую долю среди сахаров занимала фруктоза (в среднем 57–60 % от общего содержания сахаров), далее следовали сахароза (около 20–25 %) и глюкоза (около 18–22 %). Среди органических кислот доминировала яблочная кислота, доля которой составляла более 50 % от общего кислотного состава (таблица 1). Прирост содержания фруктозы и глюкозы связан с расщеплением сахарозы при низких температурах; общее содержание сахаров остаётся стабильным.

После 140 суток холодного хранения при температуре 1–2 °С наблюдались существенные изменения химического состава сока. Содержание фруктозы и глюкозы увеличилось, а уровень сахарозы

Таблица 2 – Изменение содержания органических кислот и pH в яблочном соке

Показатель	Свежие яблоки, г/л	После 140 сут хранения, г/л	Изменение, %
Лимонная кислота	1,74 ± 0,55	1,38 ± 0,48	–20,7
Яблочная кислота	5,05 ± 1,85	3,78 ± 1,40	–25,2
Винная кислота	2,42 ± 0,72	2,28 ± 0,23	–5,8
Общая кислотность	9,70 ± 1,97	8,02 ± 1,53	–17,3
pH	3,25 ± 0,21	3,38 ± 0,16	4

снизились более чем в два раза, что объясняется её ферментативным гидролизом на моносахариды.

Изменения коснулись и кислотного состава. После хранения уровень яблочной и лимонной кислот снизился на 20–30 %, что обусловлено их расходом в дыхательных процессах. Винная и уксусная кислоты практически не изменились, а pH сока увеличился в среднем на 0,1–0,2 единицы (таблица 2).

При сравнении сортов отмечено, что наиболее стабильными по содержанию сахаров после хранения оказались «Антоновка обыкновенная», «Орлик» и «Жигулёвское», которые сохранили высокие значения общего сахара и фруктозы. В то же время сорта «Мелба» и «Симиренко» продемонстрировали наибольшее снижение кислотности и pH, что делает их менее подходящими для длительного хранения с последующей переработкой в соки и сидры.

В среднем по всем сортам общая кислотность снизилась на 15–20 %, что сопровождалось повышением pH и формированием более сладкого вкусового профиля. Индекс сладости возрос незначительно (на 0,5–1 %), что связано с увеличением доли фруктозы – наиболее сладкого моносахарида.

Проведённый корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь между содержанием фруктозы и общим уровнем сахаров (коэффициент корреляции $r = 0,7$), а также между яблочной кислотой и общей кислотностью ($r = 0,85$). Это подтверждает ведущую роль указанных соединений в формировании вкусового профиля яблочного сока.

В целом результаты исследования показывают,

что холодное хранение яблок в течение 140 суток вызывает умеренные изменения химического состава сока. При этом качественное соотношение сахаров и кислот изменяется, что влияет на органолептические свойства напитка. Полученные данные позволяют рекомендовать сорта «Антоновка обыкновенная», «Орлик» и «Жигулёвское» для переработки после длительного хранения, а сорта «Мелба» и «Симиренко» – для переработки сразу после съёма урожая.

Выводы

Установлено, что при холодном хранении яблок в течение 140 суток происходят изменения в составе сахаров и органических кислот яблочного сока. Содержание фруктозы и глюкозы увеличивается в среднем на 10–25 %, что связано с ферментативным гидролизом сахарозы, количество которой снижается более чем на 60 %.

Отмечено снижение содержания яблочной и лимонной кислот на 20–30 % и общей кислотности сока на 15–20 %, сопровождающееся повышением значения pH и формированием более сладкого вкусового профиля.

Индекс сладости изменяется незначительно, однако перераспределение долей сахаров и кислот оказывает заметное влияние на органолептические характеристики.

Литература

- [1] Миронова Е. А. и др. Оценка показателей качества натурального плодово-ягодного сырья и продуктов его переработки для производства напитков функционального назначения //Аграрный вестник Северного Кавказа. – 2020. – №. 2-3 (38-39). – С. 44-48.
- [2] Наумова Н. Л., Бец Ю. А. Особенности химического состава яблок // Modern Science. – 2020. – №. 11-4. – С. 33-36.
- [3] Макарова Н. В. и др. Сравнительные исследования содержания фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности яблок разных сортов //Химия растительного сырья. – 2018. – №. 2. – С. 115-122.
- [4] Быкова Т. О. и др. Химический состав и показатели антиоксидантной активности сортовых яблок Самарской области //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – №. 2-3. – С. 21-24.
- [5] Кравченко Д. А., Румянцева О. Н., Колодязная В. С. Влияние условий холодильной обработки на качество яблок осенних сортов //Вестник

References

- [1] Mironova, E. A., et al. "Assessment of quality indicators of natural fruit and berry raw materials and their processed products for the production of functional beverages." *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2020, no. 2-3 (38-39). pp. 44-48.
- [2] Naumova, N. L., Bets, Yu. A. "Features of the chemical composition of apples." *Modern Science*. 2020, no. 11-4. pp. 33-36.
- [3] Makarova, N. V., et al. "Comparative studies of the content of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity of different apple varieties." *Chemistry of plant raw materials*. 2018, no. 2. pp. 115-122.
- [4] Bykova, T. O., et al. "Chemical composition and indicators of antioxidant activity of varietal apples from the Samara Region." *News of higher educational institutions. Food Technology*. – 2016. – No. 2-3. – P. 21-24.
- [5] Kravchenko D. A., Rumyantseva O. N., Kolodyaznaya V. S. Influence of Refrigeration Conditions on the Quality of Autumn Apple Varieties // *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. – 2016. – No. 2. – P. 15-20.
- [6] Kolodyaznaya V. S., Leonova S. V., Danilov P. A.

- Международной академии холода. – 2016. – №. 2. – С. 15-20.
- [6] Колодязная В. С., Леонова С. В., Данилов П. А. Сравнительный анализ качества охлажденных и замороженных яблок при длительном хранении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – №. 2. – С. 116-124.
- [7] Колодязная В. С. и др. Факторы повышения качества плодов при холодильном хранении // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – №. 1. – С. 91-94.
- [8] Егорова О. С., Акбулатова Д. Р., Шилкин А. А. Факторы, влияющие на качество и сроки годности напитков брожения из плодового сырья: Обзор предметного поля // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – №. 2. – С. 14-32.
- Comparative Analysis of the Quality of Chilled and Frozen Apples during Long-Term Storage // Scientific Journal of NRU ITMO. Series «Food Production Processes and Equipment». – 2011. – No. 2. – P. 116-124.
- [7] Kolodyaznaya V. S. et al. Factors for Improving Fruit Quality during Refrigerated Storage // Problems of Economics and Management in Trade and Industry. – 2013. – No. 1. – P. 91-94.
- [8] Egorova O. S., Akbulatova D. R., Shilkin A. A. Factors influencing the quality and shelf life of fermented beverages from fruit raw materials: A review of the subject field // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2023. – No. 2. – P. 14-32.

Сведения об авторах

Information about the authors

Медведева София Валерьевна студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:	Medvedeva Sofia Valerievna student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:
Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru