

Научная статья

УДК 634.662/664.8.035.1

DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-2-3-13

Динамика биоактивных веществ плодов *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в модифицированной газовой среде

С.В. Несмелова^{1*}, Ю.Г. Базарнова¹, Е.С. Панюшкина², С.Ю. Хохлов²¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург, *nesmelova_sv@spbstu.ru²Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Россия, Ялта

Аннотация. Свежие плоды зизифуса настоящего (*Ziziphus jujuba* Mill.) отличаются высоким содержанием витамина С, фенольных соединений, органических кислот, сахаров и микроэлементов, однако имеют непродолжительный срок хранения. Изучали влияние модифицированной газовой среды на динамику биологически активных веществ плодов зизифуса при холодильном хранении (4 ± 2)°C для определения их хранимоспособности. Объектами исследования выбраны плоды сортов «китайский 2А» и «та ян цзао» урожая 2023 г., интродуцированные в Никитском ботаническом саду (Крым). В процессе холодильного хранения упакованных плодов, которое осуществляли в течение шести месяцев, определяли содержание сухих веществ (влаги), сахаров, свободных органических кислот, витамина С, общее содержание фенольных соединений и йода с периодичностью 1,5 месяца. Установлено, что в первый период хранения наблюдается снижение содержания исследуемых биологически активных веществ от 15 (моносахариды) до 25% (органические кислоты). Динамика фенольных соединений в процессе хранения выявила снижение их содержания в плодах сорта «та ян цзао», что связано с процессами окислительной дегградации, и увеличение в плодах сорта «китайский 2А», что обусловлено высвобождением агликонов при гидролизе их гликозидных форм. Рекомендуемая продолжительность хранения плодов *Ziziphus jujuba* Mill. сортов «китайский 2А» и «та ян цзао» в условиях использования модифицированной газовой среды – азот (70%) : диоксид углерода (29%) : кислород (1%) при температуре (4 ± 2)°C составляет около трех месяцев.

Ключевые слова: консервирование; холодильное хранение; модифицированная газовая среда; биологически активные вещества; *Ziziphus jujuba* Mill.

Original article

Dynamics of bioactive substances in the fruits of *Ziziphus jujuba* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

Svetlana V. Nesmelova^{1*}, Julia G. Bazarnova¹, Evgenia S. Panyushkina², Sergey Yu. Khokhlov²¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russia, St. Petersburg, *nesmelova_sv@spbstu.ru²Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Russia, Yalta

Abstract. Fresh fruits of jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) are distinguished by a high content of vitamin C, phenolic compounds, organic acids, sugars and microelements. However, their shelf life is short. The effect of a modified gas atmosphere on the dynamics of biologically active substances of jujube fruits during refrigerated storage (4 ± 2)°C was studied to determine their shelf life. The objects of the study were fruits of varieties "Kitayskiy 2A" and "Ta yan tszao" harvested in 2023 and introduced by the Nikitsky Botanical Garden, Crimea. Refrigerated storage of packaged fruits was carried out for 6 months. During the storage the content of dry matter (moisture), of sugars, free organic acids, vitamin C, phenolic compounds, and iodine was determined with a frequency of 1.5 months. It was found that during the first storage period the decrease in the content of the biologically active substances studied from 15% (monosaccharides) to 25% (organic acids) is observed. The dynamics of phenolic compounds during storage revealed the decrease of their content in the fruits of the jujube variety "Ta yan tszao" which is associated with oxidative degradation processes, and the increase in the content in the fruits of the jujube variety "Kitayskiy 2A" which is due to the release of aglycones during the hydrolysis of their glycoside forms. Recommended shelf life for fruits *Ziziphus jujube* Mill. of varieties "Kitayskiy 2A" and "Ta yan tszao" in modified gas atmosphere – nitrogen (70%) : carbon dioxide (29%) : oxygen (1%) at a temperature of (4 ± 2)°C is about 3 months.

Keywords: canning; refrigeration; modified gas atmosphere; biologically active substances; *Ziziphus jujube* Mill.

Введение

Среди субтропических культур, представляющих интерес как для ученых, так и для практиков, выделяется зизифус или унаби, пищевые и лекарственные свойства которого известны с древних времен. Исследования последних лет подтверждают уникальность биохимического состава различных частей растения и содержание в них биологически активных веществ (БАВ) с широким спектром физиологического действия на организм человека: гипотензивного, противоаритмического, гепатопротекторного, противоаллергического [1, 2], детоксикационного, антиоксидантного, нейропротекторного [3, 4], иммуномодулирующего, гипогликемического и др. [5].

Зизифус настоящий (*Ziziphus jujuba* Mill.) относится к семейству крушиновых (Rhamnaceae) и является одним из старейших фруктовых деревьев в мире, произрастающих в условиях субтропического и тропического климата [6]. Плоды зизифуса имеют овальную форму и ярко-коричневый цвет, чем схожи с плодами финика.

В России зизифус выращивают в Краснодарском и Ставропольском краях, республиках Адыгея, Дагестан и Крым. В Никитский ботанический сад (г. Ялта) культура была завезена из Китая в 1953 г [7]. Многолетняя селекционная работа ученых привела к получению новых сортов и форм зизифуса, значительно отличающихся друг от друга по своим помологическим характеристикам (размеру, форме, окраске кожицы и вкусу плодов) и содержанию биологически активных веществ [8, 9].

Известно, что зизифус настоящий относится к разновидности неклимактерических фруктов и имеет короткий срок годности после сбора урожая [10], поэтому проблема увеличения продолжительности его хранения представляет интерес для дальнейшего изучения. Мякинниковой и др. [11] спрогнозированы сроки холодильного хранения некоторых субтропических плодов по показателю активности воды и динамике органических кислот в процессе хранения. При этом рекомендованный срок холодильного хранения плодов зизифуса составляет один месяц, поэтому пролонгирование этих сроков представляет интерес как для увеличения периода их потребления в свежем виде, так и для регулирования поставок и перемещения на большие расстояния.

Одним из способов продления сроков годности свежих субтропических плодов является холодильное хранение с использованием герметичной упаковки и модифицированной газовой среды (МГС) [12, 13]. Современные подходы к хранению фруктов в измененной газовой атмосфере заметно разнятся между собой по составу газовых сред, температурным режимам, применяемым полимерным упаковкам, дополнительной обработке и приемам, направленным на улучшение сохраняемости продукции [14, 15]. Для хранения дышащих овощей и фруктов рекомендуется газовая среда с содержанием кислорода 2–10%, диоксида углерода 3–10%, азота 80–95% [16].

Исследованиями Крымской опытной станции установлены температурные, влажностные и газовые режимы хранения различных плодов [17]. При использовании регулируемой газовой среды (РГС) рекомендованный уровень кислорода и диоксида углерода 3–8% для плодов семечковых культур и до 16% диоксида углерода для косточковых. Другой вариант – РГС с супернизкими концентрациями кислорода и диоксида углерода 1,5–2,5% или использование модифицированной газовой среды, создаваемой в результате дыхания плодов в пакетах из полиэтиленовой пленки толщиной 30–60 мкм, при этом влажность воздуха в камерах варьировалась на уровне 80–95%, температура – от минус 2 до плюс 3°C в зависимости от культуры и сорта [17].

Подбор режимов холодильного хранения свежих плодов зизифуса с использованием различных методов упаковки представлен в работах [18–21], где показано, что применение модифицированной газовой среды увеличивает хранимостпособность свежих плодов зизифуса до 49 суток.

Цель данного исследования – изучить динамику биологически активных веществ плодов зизифуса при холодильном хранении с использованием МГС-упаковки для оценки их хранимостпособности.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выбраны зрелые плоды зизифуса настоящего (*Ziziphus jujuba* Mill.) сортов «китайский 2А» (рисунок 1а) и «та ян цзао» (рисунок 1б), урожая 2023 г. (Никитский ботанический сад, Крым). Сорта отличаются по размерам и форме плода, а также направлению использования: «китайский 2А» – столовый, «та ян цзао» – консервный [7]. Плоды сортировали, удаляли плодоножки,

распределяли по лоткам в количестве 0,2 кг и герметично упаковывали с использованием МГД – азот (70%) : диоксид углерода (29%): кислород (1%), после чего закладывали на хранение в холодильный шкаф с температурой $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. Использовали лотки из полипропилена (плотность 920 кг/м³, проницаемость по кислороду 1000 см³/м²), пленку из полиэтилентерефталата и полиэтилена (плотность 940 кг/м³, проницаемость по кислороду 120 см³/м²).

**а****б**

Рисунок 1 – Плоды *Ziziphus jujuba* Mill. сортов «китайский 2А» (а) и «та ян цзао» (б)
Figure 1. Fruits of *Ziziphus jujube* Mill.: varieties "Kitayskiy 2A" (a) and "Ta yan tszao" (b)

В процессе хранения образцов определяли следующие показатели: содержание влаги (сухих веществ) – термogrавиметрическим методом [22], сахаров – цианидным методом [23], свободных органических кислот – титриметрическим методом (с пересчетом на яблочную кислоту) [23], витамина С – модифицированным титриметрическим методом [24], общее содержание фенольных соединений – спектрофотометрическим методом (спектрофотометр Shimadzu UV-1280, Япония) с использованием реактива Фолина–Чокальтеу (в пересчете на галловую кислоту) [25]. Содержание йода в плодах зизифуса определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе типа ТА-Lab (ООО «НПП Томьаналит», Россия) по методике к прибору. Сохранность витамина С (X_c , %) определяли расчетным путем

$$X_c = \frac{X_t}{X_0} \cdot 100,$$

где X_t – содержание витамина С, определяемое в процессе хранения плодов, мг/100 г;

X_0 – исходное содержание витамина С в плодах (до закладки на хранение), мг/100 г.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программы Microsoft Excel по критерию Стьюдента–Фишера ($n = 3$).

Результаты и их обсуждение

Содержание влаги является важным показателем оценки качества плодов, который в значительной степени зависит от генотипа и условий выращивания [26]. Выявлено, что при использовании МГС-упаковки потери влаги в плодах в течение первых трех месяцев хранения незначительны и составляют около 0,8% (сорт «китайский 2А») и 0,9% (сорт «та ян цзао») по отношению к ее исходному содержанию (рисунок 2). Через 4,5 месяца хранения уровень влаги возрос на 0,6 и 0,4% соответственно, а к шести месяцам до 0,9–1,0%, что связано, очевидно, с интенсивностью дыхания плодов и условиями газообмена в модифицированной газовой среде [27, 28].

Для корректной оценки динамики исследуемых показателей плодов зизифуса при холодильном хранении значения рассчитывали, исходя из сухой массы навески.

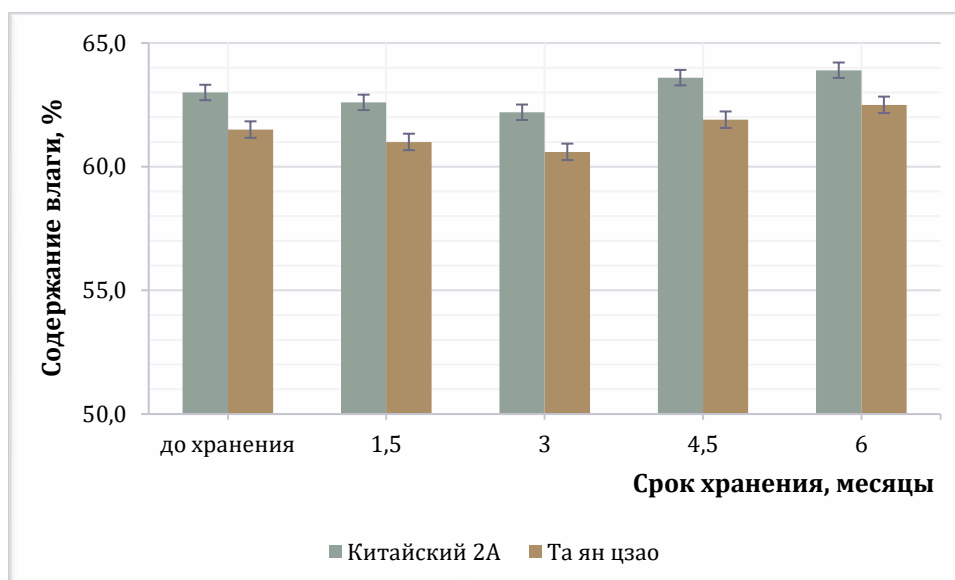
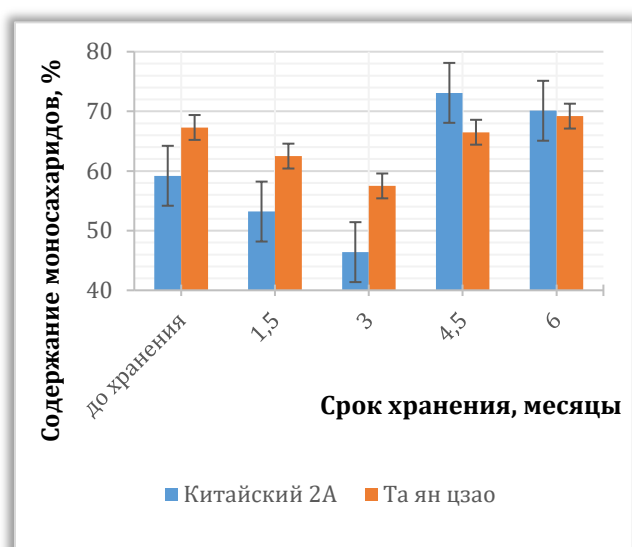
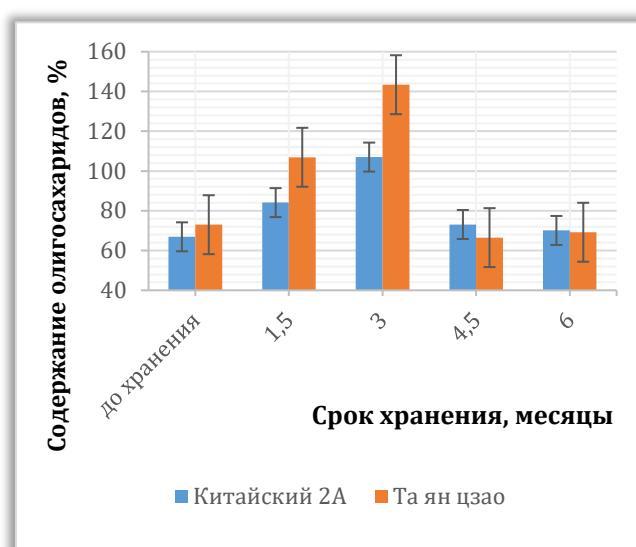


Рисунок 2 – Изменение содержания влаги в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС
Figure 2. Changes in moisture content in fruits of *Ziziphus jujube* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

В процессе холодильного хранения в модифицированной газовой среде происходит изменение содержания сахаров в плодах зизифуса (рисунок 3). Установлено, что в первые три месяца хранения уровень моносахаридов снижается примерно на 15–20% (рисунок 3а), что обусловлено, скорее всего, респираторной активностью плодов и биохимическими процессами. В условиях пониженных температур замедляются общие метаболические процессы, уменьшается активность ферментов, в результате чего ограничивается образование моносахаридов из более сложных углеводов. Кроме того, моносахариды могут конденсироваться, образуя олигосахариды. Таким образом, повышение содержания олигосахаридов относительно их исходного уровня в этот период (рисунок 3б) можно объяснить протеканием процессов конденсации моносахаридов и ферментативным гидролизом полисахаридов. В последующий период хранения (3–6 месяцев) исследуемых плодов отмечено увеличение количества моносахаридов и снижение олигосахаридов, что свидетельствует о преобладании процессов гидролитического распада последних.



а



б

Рисунок 3 – Изменение содержания моно- (а) и олигосахаридов (б) в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС

Figure 3. Changes in the content of mono- (a) and oligosaccharides (b) in fruits of *Ziziphus jujube* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

Важным показателем, определяющим дальнейшие технологии переработки плодов, является сахарокислотный индекс, который представляет собой отношение процентного содержания в плодах сахара к количеству органических кислот (рисунок 4а). Сахарокислотный индекс – лимитирующий показатель, коррелирующий со вкусовыми характеристиками плодовой продукции. Наибольшее его значение наблюдается после трех месяцев хранения исследуемых сортов зизифуса, что положительно отражается на вкусе плодов.

Снижение содержания органических кислот за первые три месяца хранения обусловлено метаболическими изменениями в процессе дыхания плодов. Последующая положительная динамика кислотности связана с процессом сбраживания сахаров (рисунок 4б) и накоплением кислот, о чем свидетельствуют изменения во вкусе и аромате плодов на конечном этапе их хранения.

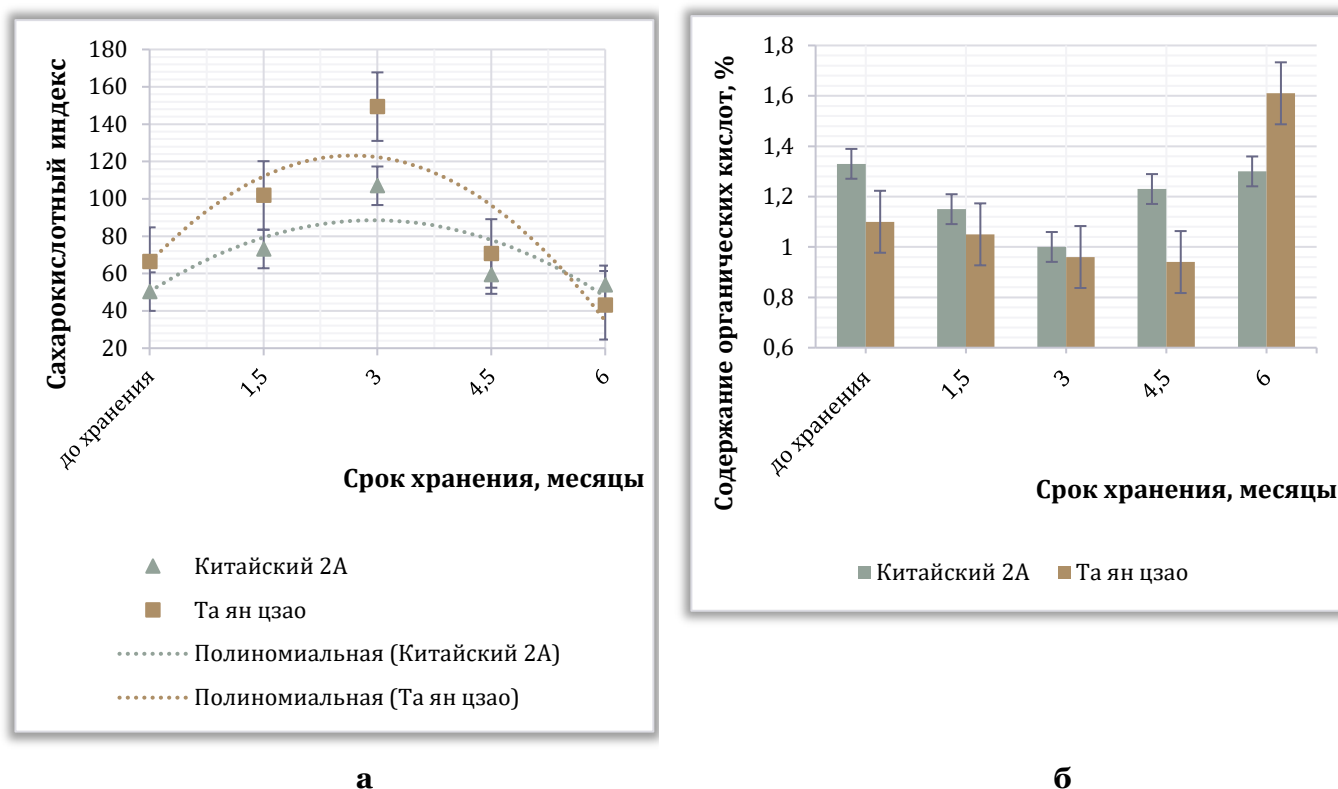


Рисунок 4 – Изменение сахарокислотного индекса (а) и содержания органических кислот (б) в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС
Figure 4. Changes in the sugar-acid index (a) and the content of organic acids (b) in fruits of *Ziziphus jujube* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

Значимым тестовым показателем, определяющим биологическую ценность и хранимospособность плодово-ягодного сырья, является аскорбиновая кислота. Известно, что в процессе хранения происходит ее разрушение, при этом общее содержание витамина С в плодах снижается. Использование МГС позволяет обеспечить лучшую сохранность витамина С [29] (рисунок 5). Остаточное содержание витамина С после шести месяцев хранения плодов зизифуса сорта «китайский 2А» составило около 68%, а сорта «та ян цзао» – около 65%. Таким образом, можно сделать вывод, что холодильное хранение плодов зизифуса с использованием модифицированной газовой среды предложенного состава целесообразно.

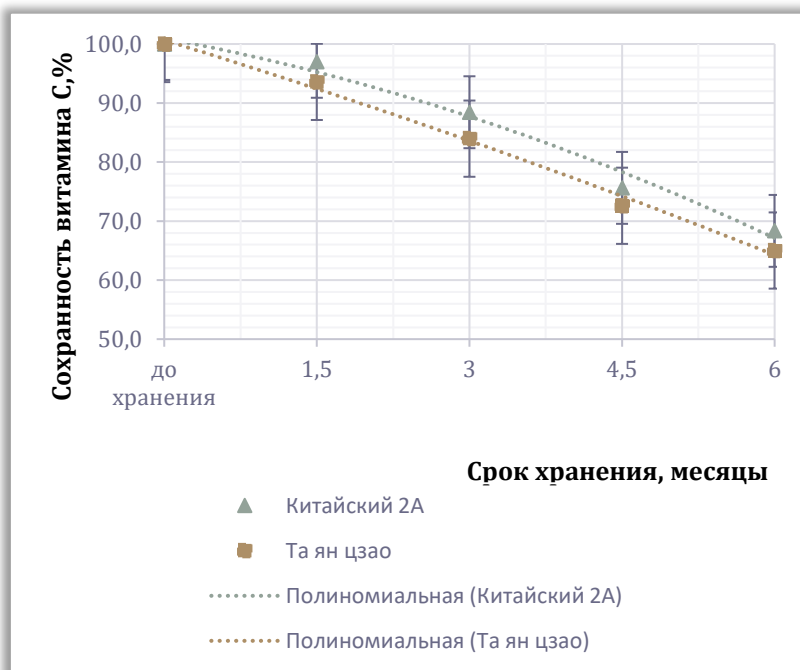


Рисунок 5 – Сохранность витамина С в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС
 Figure 5. Preservation of vitamin C in fruits of *Ziziphus jujube* Mill. undedr refrigerated storage in a modified gas atmosphere

При анализе динамики содержания фенольных соединений плодов зизифуса в процессе хранения (рисунок 6) видно, что в плодах сорта «та ян цзао» наблюдается некоторое снижение их уровня, связанное с процессами окисления, что согласуется с имеющимися в литературе сведениями [29, 30]. Увеличение содержания фенольных соединений в плодах сорта «китайский 2А» может быть обусловлено гидролизом их гликозидных форм и высвобождением агликонов [31].

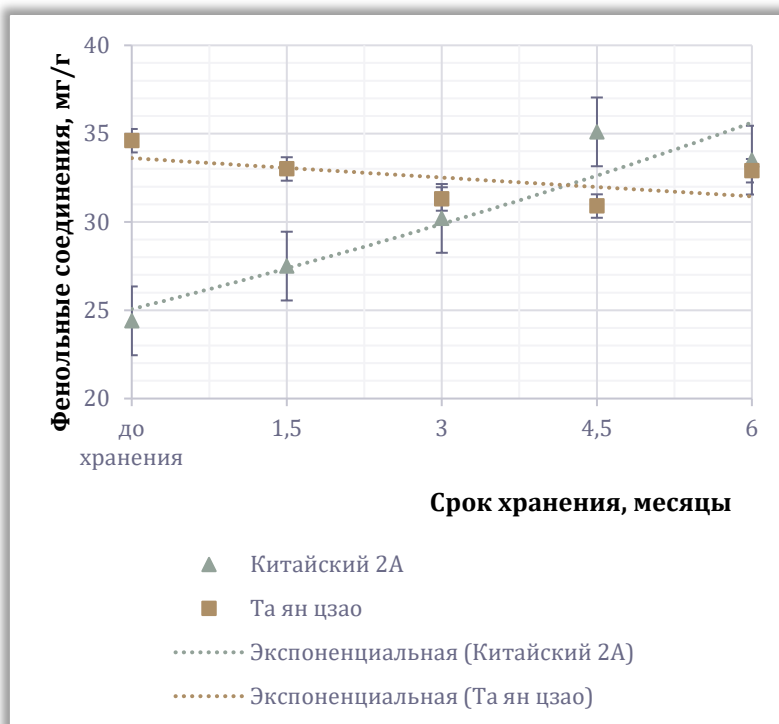


Рисунок 6 – Изменение содержания фенольных соединений в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС
 Figure 6. Changes in the content of phenolic compounds in fruits of *Ziziphus jujuba* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

Результаты исследований содержания йода показали, что плоды зизифуса богаты этим микроэлементом (85 и 70 мкг/100 г сухого вещества для сортов «китайский 2А» и «та ян цзао» соответственно). Употребление 100 г свежих плодов зизифуса покрывает суточную норму потребления йода (взрослые) на 10–20%. Однако, в процессе хранения плодов содержание в них йода снижается (рисунок 7).

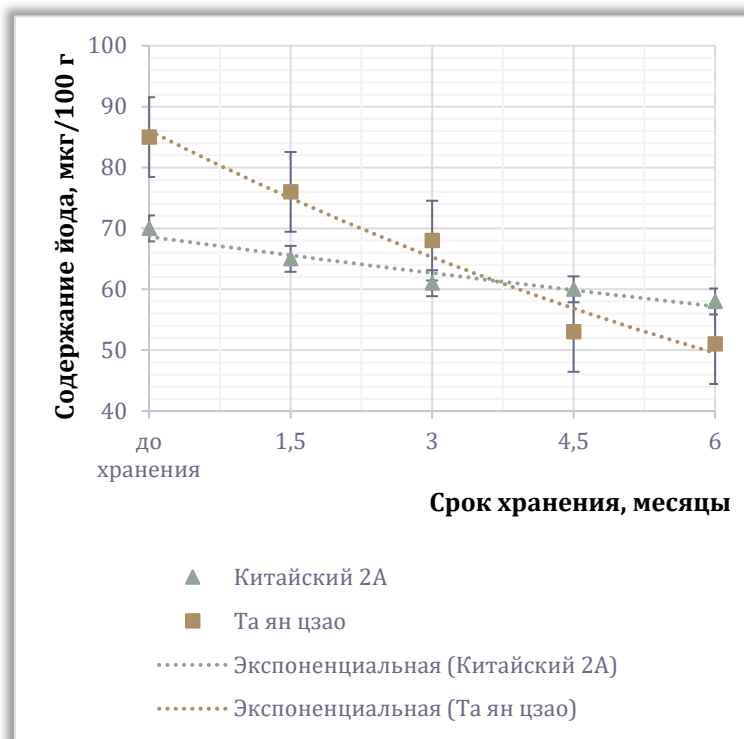


Рисунок 7 – Изменение содержания йода в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. при холодильном хранении в МГС

Figure 7. Changes in iodine content in fruits of *Ziziphus jujube* Mill. during refrigerated storage in a modified gas atmosphere

Так, для сорта «китайский 2А» сохранность йода к шести месяцам хранения составила около 83%, а для сорта «та ян цзао» – 60%. Можно предположить, что сохранность йода в плодах зизифуса связана с сортовыми особенностями.

Заключение

Подбор параметров хранения при использовании МГС-упаковки (состав газовой среды, температурный и влажностный режим) осуществляется индивидуально для каждого вида продукта, с учетом его респираторной активности.

Установлено, что холодильное хранение свежих плодов зизифуса с использованием МГС – азот (70%) : диоксид углерода (29%) : кислород (1%) – способствует пролонгированию сроков их годности. Пониженные температуры в сочетании с газовой средой ингибируют активность ферментов, замедляют процессы дозревания и старения свежих плодов, обеспечивая надлежащее их качество. При этом минимальное содержание кислорода в упаковке положительно сказывается на вкусе, аромате и текстуре плодов зизифуса в процессе хранения, поскольку в этих условиях снижается их респираторная активность и продуцирование этилена.

Анализ биологически активных веществ в плодах *Ziziphus jujuba* Mill. сортов «китайский 2А» и «та ян цзао» подтвердил их высокую пищевую ценность. Оба сорта показали примерно одинаковую динамику биоактивных веществ в процессе хранения.

Сравнительная оценка полученных результатов выявила, что лимитирующими показателями в процессе хранения свежих плодов зизифуса являются сахара и органические кислоты, на уровень которых в значительной степени влияет стадия зрелости плодов при закладке на хранение. Установлено, что в течение первых трех месяцев хранения исследуемых сортов видна взаимосвязь между изменениями

сахаров и органических кислот, что объясняется их респираторной активностью в условиях модифицированной газовой среды. Динамика фенольных соединений подтверждает необходимость закладки на хранение плодов, не достигших полной зрелости (стадия технической зрелости).

Изменение биологически активных веществ плодов *Ziziphus jujuba* Mill. сортов «китайский 2А» и «та ян цзао» с учетом показателей, лимитирующих их качество, свидетельствует, что продолжительность хранения плодов при температуре (4 ± 2)°C в условиях использования модифицированной газовой среды азот (70%) : диоксид углерода (29%) : кислород (1%) составляет не более трех месяцев.

Литература

1. Барнаулов О.Д. Краткий обзор лекарственных свойств унаби *Ziziphus jujuba* // Традиционная медицина. 2016. № 2. С. 50–61.
2. Сухарева И.А., Мустафаева Э.Ш., Фомочкина И.И. Перспективы применения биологических свойств зизифуса в лечении и профилактике ряда заболеваний // Таврический медико-биологический вестник. 2022. Т. 25. № 4. С. 75–81. DOI: 10.29039/2070-8092-2022-25-4-75-81
3. Ruan W., Liu J., Zhang S., Huang Y., Zhang Y., Wang Z. Sour Jujube (*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*): A bibliometric review of its bioactive profile, health benefits and trends in food and medicine applications. *Foods*. 2024, V. 13, Is. 5, article 636. DOI: 10.3390/foods13050636
4. Liu S., Lv Y., Tang Z., Zhang Y., Xu H., Zhang D., Cui C., Liu H., Sun H., Song Z., Wei S. *Ziziphus jujuba* Mill., a plant used as medicinal food: A review of its phytochemistry, pharmacology, quality control and future research. *Phytochemistry Reviews*. 2021, V. 20, pp. 507–541. DOI: 10.1007/s11101-020-09709-1
5. Lu Y., Bao T., Mo J., Ni J., Chen W. Research advances in bioactive components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 2021, V. 22, no. 6, pp. 431–449. DOI: 10.1631/jzus.B2000594.
6. Хохлов С.Ю., Панюшкина Е.С., Мельников В.А. Оценка показателей качества плодов зизифуса // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 128. С.133–136. DOI: 10.25684/NBG.boolt.128.2018.17
7. Шишова Т.В. Генетические ресурсы зизифуса в НБС-ННЦ и их использование // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2023. № 148. С. 106–113. DOI: 10.25684/0513-1634-2023-148-106-113
8. Шишкина Е.Л., Чернобай И.Г. Изучение содержания БАВ в плодах субтропических культур зизифуса и фейхоа (*Ziziphus jujuba* Mill. and *Feijoa sellowiana* Berg) // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 132–138. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-132-138
9. Пономаренко Л.В. Биологические особенности китайского финика (Унаби) в Западном Предкавказье // European Research. 2016. № 2. С. 22–28.
10. Moradinezhad F., Naeimi A., Farhangfar H. Influence of edible coatings on postharvest quality of fresh Chinese jujube fruits during refrigerated storage. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 2018, V. 1, Is. 1, pp. 1–14. DOI: 10.22077/jhpr.2018.1119.1002
11. Мякинникова Е.И., Касьянов Г.И. Особенности технологии хранения и переработки субтропических плодов // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 96. С. 373–385.
12. Moradinezhad F., Dorostkar M. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality attributes and sensory evaluation of fresh jujube fruit. *International Journal of Fruit Science*. 2021, V. 21, Is. 1, pp. 82–94. DOI: 10.1080/15538362.2020.1858470
13. Fang Y., Wakisaka M. A review on the modified atmosphere preservation of fruits and vegetables with cutting-edge technologies. *Agriculture*. 2021, V. 11, Is. 10, article 992. DOI: 10.3390/agriculture11100992
14. Марцинкевич Д.И., Криворот А.М., Караник О.С., Максименко М.Г., Долматович В.И. Влияние модифицированной газовой среды на сохранение качества и продление периода потребления свежих плодов яблони ранних сроков созревания // Плодоводство: сб. тр. Минск: Изд-во Белорусская наука, 2021. Т. 33. С. 179–184. DOI: 10.47612/0134-9759-2021-33-179-184
15. Цыганкова К.Ю., Сумина Н.А., Масловский С.А. Анализ опыта применения полимерных упаковок в технологиях хранения плодоовощной продукции // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сб. тр. Москва: Алеф, 2023. С. 136–140. DOI: 10.34755/IROK.2023.12.94.047
16. Першакова Т.В., Кабалина Д.В. Современные технологии хранения фруктов // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 131. С. 1056–1066. DOI: 10.21515/1990-4665-131-087
17. Горб Н.Н., Денисова О.А. Результаты многолетних исследований Крымской опытной станции садоводства в вопросах хранения и переработки плодово-ягодной продукции // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2023. № 3. С. 35–48. DOI: 10.25684/2712-7788-2023-3-168-35-48
18. Moradinezhad F., Ghesmati M., Khayat M. Postharvest calcium salt treatment of fresh jujube fruit and its effects on biochemical characteristics and quality after cold storage. *Journal of Horticultural Research*. 2019, V. 27, Is. 2, pp. 39–46. DOI: 10.2478/johr-2019-0009

19. Lu G.-L., Yang S.-L., Zhang X.-F., Zheng B.-W., He W.-J. Effect of ice-temperature storage and modified atmosphere packaging on the texture and physiological characteristics of winter jujube. *Modern Food Science & Technology*. 2014, V. 30, Is. 8, pp. 219–224.
20. Jat L., Pareek S., Kaushik R. A. Colour changes in Indian jujube fruit under modified atmosphere packaging. *Current Opinion in Agriculture*. 2012, V. 1, Is. 1, article 19.
21. Ozturk B., Aglar E., Gun S., Karakaya O. Change of fruit quality properties of jujube fruit (*Ziziphus jujuba*) without stalk and with stalk during cold storage. *International Journal of Fruit Science*. 2020, V. 20, Is. sup3, pp. S1891–S1903. DOI: 10.1080/15538362.2020.1834901
22. Khan B., Ali J., Ali S., Shahzad S., Basharat M., Jabeen Z., Waris M., Fahmid S. Quality response of jujube (*Zizyphus jujuba*) varieties to different packing materials. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2017, V. 4, Is. 8, pp. 143–151. DOI: 10.22192/ijarbs.2017.04.08.019
23. Причко Т.Г., Германова М.Г. Оценка качественных показателей плодов унаби и перспективы их использования при переработке // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63. С. 326–335. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-326-335
24. Попов В.С., Смятская Ю.А. Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2020. № 4. С. 43–53. DOI: 10.15593/2224-9400/2020.4.04
25. Ершова И.В. Содержание биологически активных фенольных соединений в сибирских плодах и ягодах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 44–47.
26. Yan M., Wang Y., Watharkar R., Pu Y., Wu C., Lin M., Lu D., Liu M., Bao J., Xia Y. Physicochemical and antioxidant activity of fruit harvested from eight jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars at different development stages. *Scientific Reports*. 2022, V. 12, Is. 1, article 2272. DOI: 10.1038/s41598-022-06313-5
27. Chen Y., Hung Y., Chen M., Lin M., Lin H. Enhanced storability of blueberries by acidic electrolyzed oxidizing water application may be mediated by regulating ROS metabolism. *Food Chemistry*. 2019, V. 270, pp. 229–235. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.095
28. Zhang J., Li C., Wei M., Ge Y., Tang Q., Xue W., Zhang S., Wang W., Lv J. Effects of trisodium phosphate treatment after harvest on storage quality and sucrose metabolism in jujube fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019, V. 99, Is. 12, pp. 5526–5532. DOI: 10.1002/jsfa.9814
29. Wang B., Huang Q., Venkatasamy C., Chai H., Gao H., Cheng N., Cao W., Lv X., Pan Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT—Food Science and Technology*. 2016, V. 66, pp. 56–62. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.005
30. Aldhanhani A.R.H., Ahmed Z.F.R., Tzortzakakis N., Singh Z. Maturity stage at harvest influences antioxidant phytochemicals and antibacterial activity of jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* Lamk. and *Ziziphus spina-christi* L.). *Annals of Agricultural Sciences*. 2022, V. 67, Is. 2, pp. 196–203. DOI: 10.1016/j.aos.2022.12.003
31. Ziyatdinova G.K., Budnikov H.C. Natural phenolic antioxidants in bioanalytical chemistry: state of the art and prospects of development. *Russian Chemical Reviews*. 2015, V. 84, no. 2, pp. 194–224. DOI: 10.1070/RCR4436.

References

1. Barnaulov O.D. The short review of medicinal properties *Ziziphus jujuba*. *Traditional Medicine*. 2016, no. 2, pp. 50–61. (In Russian)
2. Sukhareva I.A., Mustafaeva E.Sh., Fomochkina I.I. Prospects for the application of the biological properties of jujube in the treatment and prevention of a number of diseases. *Tavricheskiy Mediko-Biologicheskii Vestnik*. 2022, V. 25, no. 4, pp. 75–81. DOI: 10.29039/2070-8092-2022-25-4-75-81. (In Russian)
3. Ruan W., Liu J., Zhang S., Huang Y., Zhang Y., Wang Z. Sour Jujube (*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*): A bibliometric review of its bioactive profile, health benefits and trends in food and medicine applications. *Foods*. 2024, V. 13, Is. 5, article 636. DOI: 10.3390/foods13050636
4. Liu S., Lv Y., Tang Z., Zhang Y., Xu H., Zhang D., Cui C., Liu H., Sun H., Song Z., Wei S. *Ziziphus jujuba* Mill., a plant used as medicinal food: A review of its phytochemistry, pharmacology, quality control and future research. *Phytochemistry Reviews*. 2021, V. 20, pp. 507–541. DOI: 10.1007/s11101-020-09709-1
5. Lu Y., Bao T., Mo J., Ni J., Chen W. Research advances in bioactive components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 2021, V. 22, no. 6, pp. 431–449. DOI: 10.1631/jzus.B2000594.
6. Khokhlov S.U., Panyushkina E.S., Melnikov V.A. Evaluation of qualitative indicators for *zizyphus* fruits. *Bull. of the State Nikita Botan. Gard*. 2018, no. 128, pp. 133–136. DOI: 10.25684/NBG.boolt.128.2018.17. (In Russian)
7. Shishova T.V. Genetic resources of jujube in the NBG-NSC and their use. *Bull. of the State Nikita Botan. Gard*. 2023, no. 148, pp. 106–113. DOI: 10.25684/0513-1634-2023-148-106-113. (In Russian)
8. Shishkina E.L., Chernobay I.G. The study of the content of BAS in subtropical fruits (*Ziziphus jujuba* Mill. and *Feijoa sellowiana* Berg). *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2018, V. 54, pp. 132–138. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-132-138. (In Russian)
9. Ponomarenko L.V. Biological characteristics of the Chinese date (Unabi) in Western Ciscaucasia. *European Research*. 2016, no. 2, pp. 22–28. (In Russian)

10. Moradinezhad F., Naeimi A., Farhangfar H. Influence of edible coatings on postharvest quality of fresh Chinese jujube fruits during refrigerated storage. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 2018, V. 1, Is. 1, pp. 1–14. DOI: 10.22077/jhpr.2018.1119.1002.
11. Myakinnikova E.I., Kasyanov G.I. Peculiarities of subtropical fruits storage and processing technology. *Scientific Journal of KubSAU*. 2014, no. 96, pp. 373–385. (In Russian)
12. Moradinezhad F., Dorostkar M. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality attributes and sensory evaluation of fresh jujube fruit. *International Journal of Fruit Science*. 2021, V. 21, Is. 1, pp. 82–94. DOI: 10.1080/15538362.2020.1858470
13. Fang Y., Wakisaka M. A review on the modified atmosphere preservation of fruits and vegetables with cutting-edge technologies. *Agriculture*. 2021, V. 11, Is. 10, article 992. DOI: 10.3390/agriculture11100992
14. Martsinkevich D.I., Krivorot A.M., Karanik O.S., Maksimenko M.H., Dolmatovich V.I. Influence of a modified gas environment on quality preservation and consumption period extension on the fresh apple-tree fruits of early ripening period. *Plodovodstvo*. Minsk, Belorusskaya nauka Publ. 2021, V. 33, pp. 179–184. DOI: 10.47612/0134-9759-2021-33-179-184. (In Russian)
15. Tsygankova K.Yu., Sumina N.A., Maslovsky S.A. Analysis of the experience of using polymer packages in fruit and vegetable storage technologies. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i mirovogo soobshchestva v epokhu tsifrovizatsii. Collection of works*. Moscow, Aleph Publ., 2023, pp. 136–140. DOI: 10.34755/IROK.2023.12.94.047. (In Russian)
16. Pershakova T.V., Kabalina D.V. Ways to provide stability of raw material during storage. *Scientific Journal of KubSAU*. 2017, no. 131, pp. 1056–1066. DOI: 10.21515/1990-4665-131-087. (In Russian)
17. Gorb N.N., Denisova O.A. Results of long-term research of the crimean experimental horticulture station on storage and processing of fruit and berry products. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*. 2023, no. 3, pp. 35–48. DOI: 10.25684/2712-7788-2023-3-168-35-48. (In Russian)
18. Moradinezhad F., Ghesmati M., Khayyat M. Postharvest calcium salt treatment of fresh jujube fruit and its effects on biochemical characteristics and quality after cold storage. *Journal of Horticultural Research*. 2019, V. 27, Is. 2, pp. 39–46. DOI: 10.2478/johr-2019-0009
19. Lu G.-L., Yang S.-L., Zhang X.-F., Zheng B.-W., He W.-J. Effect of ice-temperature storage and modified atmosphere packaging on the texture and physiological characteristics of winter jujube. *Modern Food Science & Technology*. 2014, V. 30, Is. 8, pp. 219–224.
20. Jat L., Pareek S., Kaushik R. A. Colour changes in Indian jujube fruit under modified atmosphere packaging. *Current Opinion in Agriculture*. 2012, V. 1, Is. 1, article 19.
21. Ozturk B., Aglar E., Gun S., Karakaya O. Change of fruit quality properties of jujube fruit (*Ziziphus jujuba*) without stalk and with stalk during cold storage. *International Journal of Fruit Science*. 2020, V. 20, Is. sup3, pp. S1891–S1903. DOI: 10.1080/15538362.2020.1834901
22. Khan B., Ali J., Ali S., Shahzad S., Basharat M., Jabeen Z., Waris M., Fahmid S. Quality response of jujube (*Zizyphus jujuba*) varieties to different packing materials. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2017, V. 4, Is. 8, pp. 143–151. DOI: 10.22192/ijarbs.2017.04.08.019
23. Prichko T.G., Germanova M.G. Assessment of quality indicators of unabi fruits and prospects for their use in processing. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020, no. 63, pp. 326–335. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-326-335. (In Russian)
24. Popov V.S., Smyatskaya Yu.A. A modified titrimetric method for the quantitative determination of vitamin C in colored plant extracts. *PNRPU Bulletin. Chemical Technology and Biotechnology*. 2020, no. 4, pp. 43–53. DOI: 10.15593/2224-9400/2020.4.04. (In Russian)
25. Ershova I.V. Content of biologically active phenolic compounds in Siberian fruits and berries. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016, V. 30, no. 9, pp. 44–47. (In Russian)
26. Yan M., Wang Y., Watharkar R., Pu Y., Wu C., Lin M., Lu D., Liu M., Bao J., Xia Y. Physicochemical and antioxidant activity of fruit harvested from eight jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars at different development stages. *Scientific Reports*. 2022, V. 12, Is. 1, article 2272. DOI: 10.1038/s41598-022-06313-5
27. Chen Y., Hung Y., Chen M., Lin M., Lin H. Enhanced storability of blueberries by acidic electrolyzed oxidizing water application may be mediated by regulating ROS metabolism. *Food Chemistry*. 2019, V. 270, pp. 229–235. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.095
28. Zhang J., Li C., Wei M., Ge Y., Tang Q., Xue W., Zhang S., Wang W., Lv J. Effects of trisodium phosphate treatment after harvest on storage quality and sucrose metabolism in jujube fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019, V. 99, Is. 12, pp. 5526–5532. DOI: 10.1002/jsfa.9814
29. Wang B., Huang Q., Venkitasamy C., Chai H., Gao H., Cheng N., Cao W., Lv X., Pan Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT—Food Science and Technology*. 2016, V. 66, pp. 56–62. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.005
30. Aldhanhani A.R.H., Ahmed Z.F.R., Tzortzakis N., Singh Z. Maturity stage at harvest influences antioxidant phytochemicals and antibacterial activity of jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* Lamk. and *Ziziphus spina-christi* L.). *Annals of Agricultural Sciences*. 2022, V. 67, Is. 2, pp. 196–203. DOI: 10.1016/j.aos.2022.12.003

31. Ziyatdinova G.K., Budnikov H.C. Natural phenolic antioxidants in bioanalytical chemistry: state of the art and prospects of development. *Russian Chemical Reviews*. 2015, V. 84, no. 2, pp. 194–224. DOI: 10.1070/RCR4436.

Информация об авторах

Светлана Владимировна Несмелова – аспирант Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Юлия Генриховна Базарнова – д-р техн. наук, профессор, директор Высшей школы биотехнологий и пищевых производств
Евгения Сергеевна Панюшкина – младший научный сотрудник
Сергей Юрьевич Хохлов – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заместитель директора

Information about the authors

Svetlana V. Nesmelova, Graduate Student of the Graduate School of Biotechnology and Food Science
Julia G. Bazarnova, D. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Graduate School of Biotechnology and Food Science
Evgenia S. Panyushkina, Junior Researcher
Sergey Yu. Khokhlov, Ph.D. (Agr.), Principal Researcher, Deputy Director

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 31.01.2025

Одобрена после рецензирования 21.03.2025

Принята к публикации 24.03.2025

The article was submitted 31.01.2025

Approved after reviewing 21.03.2025

Accepted for publication 24.03.2025