

**Ж. А. Рупасова, Ф. И. Привалов, С. Н. Авраменко, А. В. Ушакова, А. С. Саян,
Н. Б. Павловский, А. В. Ральцевич, Т. В. Шпитальная, М. Н. Вашкевич**

*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, email: auramenkastas@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СЕЗОНА НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ СОРТОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ (*LONICERA CAERULEA* L.) И СТЕПЕНЬ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ОБЫЧНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ ПРИ НИЗКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2023 и 2025 гг. биохимического состава плодов 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей – Aurora, Honey bee, Indigo Gem, Wojtek, Zojka и районированного сорта Ленинградский великан по содержанию ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений и степени его трансформации в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах. У всех или большинства таксонов жимолости прохладная и дождливая погода мая – июня 2025 г. способствовала обогащению плодов относительно более благоприятного по погодным условиям сезона 2023 г. органическими соединениями разной химической природы и повышению их нутриентной ценности по совокупности 14 биохимических характеристик, наименьшему – у сорта Ленинградский великан и наиболее значительному – у новых тестируемых таксонов, особенно у сортов Indigo gem и Zojka. Несмотря на сравнительно непродолжительный период хранения плодов жимолости, ограниченный 8 сутками, выявлена существенная трансформация их биохимического состава, в которой обозначились сходные у всех таксонов закономерности, проявившиеся в значительном обеднении свободными органическими, аскорбиновой и гидроксикоричными кислотами, отчасти пектиновыми веществами, антоциановыми пигментами при снижении общего количества биофлавоноидов, на фоне обогащения сухими веществами, катехинами, флавонолами, растворимыми сахарами при увеличении показателя сахарокислотного индекса и неоднозначных изменений в содержании дубильных веществ. Показано, что направленность и степень выразительности выявленных тенденций в значительной мере определялись генотипом растений и химической природой органических соединений. Установлено, что наименьшей, причем сходной зависимостью от гидротермического режима сезона, характеризовался процесс трансформации биохимического состава плодов у сортов Indigo gem и Aurora, тогда как наибольшей – у сортов Honey bee и Zojka при промежуточном, сходном положении у сортов Wojtek и Ленинградский великан.

Ключевые слова: вегетационный период, погодные условия, жимолость синяя, сорт, плоды, хранение, органические кислоты, углеводы, фенольные соединения

**J. A. Rupasova, F. I. Privalov, S. N. Avramenko, A. V. Ushakova, A. S. Sayan, N. B. Pavlovsky, A. V. Raltsevich,
T. V. Shpitalnaya, M. N. Vashkevich**

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, email: auramenkastas@gmail.com

THE EFFECT OF SEASONAL HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLUE HONEYSUCKLE (*LONICERA CAERULEA* L.) FRUITS AND THE DEGREE OF ITS TRANSFORMATION DURING STORAGE IN A CONVENTIONAL GAS ATMOSPHERE AT A LOW POSITIVE TEMPERATURE

Abstract. This paper presents the findings of a comparative study conducted in the southern agroclimatic zone of Belarus during the 2023 and 2025 growing seasons. These seasons differed in terms of hydrometeorological conditions. The study examined the biochemical composition of the fruits of five newly introduced blue honeysuckle varieties—Aurora, Honey Bee, Indigo Gem, Wojtek, Zojka, and the regionalized variety Leningradsky Velikan—regarding the content of various organic acids, carbohydrates, and phenolic compounds. The study also examined the degree of their transformation during storage in a standard gas atmosphere at low positive temperatures. For the majority of taxa classified within the genus *Lonicera*, the cool and rainy weather conditions experienced during May and June of 2025 contributed to the enrichment of the fruits, in comparison to the relatively more favorable weather conditions observed during the 2023 season. A set of 14 biochemical characteristics was utilized to assess the organic compounds of various chemical natures and the increase in their nutritional value. The smallest increase was observed in the Leningradsky Velikan variety, while the most significant increase was observed in the new tested taxa, particularly in the Indigo Gem and Zojka varieties. Despite the relatively brief storage period of honeysuckle fruits, which is limited to eight days, a substantial transformation in their biochemical composition was observed. This transformation revealed patterns common to all taxa, manifested in a marked depletion of free organic acids, ascorbic acid, and hydroxycinnamic acids, as well as, to some extent, pectin substances and anthocyanin pigments. This depletion was accompanied by a decrease in the total amount of bioflavonoids, against a background of enrichment with dry matter, catechins, flavonols, and soluble sugars, along with an increase in the sugar-acid index and ambiguous changes in tannin content. The direction and degree of expression of the identified trends were found to be largely determined by the plant genotype and the chemical nature of the organic compounds. The biochemical composition of fruits was found to be most influenced by the seasonal hydrothermal regime in the Indigo Gem and Aurora varieties, with the greatest impact observed in the Honey Bee and Zojka varieties, and an intermediate response seen in the Wojtek and Leningradsky Velikan varieties.

Keywords: vegetation period, weather conditions, *Lonicera caerulea*, variety, fruits, storage, organic acids, carbohydrates, phenolic compounds

Ж. А. Рупасава, Ф. І. Прывалаў, С. М. Аўраменка, Г. У. Ушакова, А. С. Саян, М. Б. Паўлоўскі,
А. В. Ральцэвіч, Т. В. Шпітальная, М. М. Вашкевіч

Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, email: auramenkastas@gmail.com

УПЛЫЎ ГІДРАТЭРМІЧНАГА РЭЖЫМУ СЕЗОНА НА БІЯХІМІЧНЫ СКЛАД ПЛАДОЎ САРТОЎ БРУЖМЕЛЮ СІНЯГА (*LONICERA CAERULEA* L.) І СТУПЕНЬ ЯГО ТРАНСФАРМАЦЫІ Ў ПРАЦЭСЕ ЗАХОЎВАННЯ Ў ЗВЫЧАЙНЫМ ГАЗАВЫМ АСЯРОДДЗІ ПРЫ НИЗКАЙ СТАНОЎЧАЙ ТЭМПЕРАТУРЫ

Анотацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання ў паўднёвай агракліматычнай зоне Беларусі ў кантрастныя па гідратэрмічным рэжыме сезоны 2023 і 2025 гг. біяхімічнага складу пладоў 5 новых інтрадукаваных гатункаў бружмелю сіняга – Aurora, Honey bee, Indigo Gem, Wojtek, Zojka і раяніраванага сорту Ленінградскі волат па колькасці шэрагу арганічных кіслот, вугляводаў і фенольных злучэнняў і ступені яго трансфармацыі ў працэсе захоўвання ў звычайным газавым асяроддзі пры нізкіх станючых тэмпературах. Ва ўсіх або большасці таксонаў бружмелю халаднаватае і дажджлівае надвор'е мая – чэрвеня 2025 г. спрыяла ўзбагачэнню пладоў адносна больш спрыяльнага па ўмовах надвор'я сезона 2023 г. арганічнымі злучэннямі рознай хімічнай прыроды і павышэнню іх нутрыентнай каштоўнасці па сукупнасці 14 біяхімічных характарыстык, найменшаму – у сорта Ленінградскі волат і найбольш значнаму – у новых тэсціруемых таксонах, асабліва ў сартах Indigo gem і Zojka. Нягледзячы на параўнальна непрацяглы перыяд захоўвання пладоў бружмелю, абмежаваны 8 суткамі, выяўлена істотная трансфармацыя іх біяхімічнага саставу, у якой адзначаны падобныя ва ўсіх таксонаў заканамернасці, якія праяўляюцца ў значным аб'ядненні свабоднымі арганічнымі, аскарбінавай і гідракісарычнымі кіслотамі, часткова пекцінавымі рэчывамі, антацыянавымі пігментамі пры зніжэнні агульнай колькасці бяфлаваноідаў, на фоне абагачэння сухімі рэчывамі, катэхінамі, флаваноламі, растваральнымі цукрамі пры павелічэнні паказчыка цукракіслотнага індэкса і неадназначных змяненняў у складзе дубільных рэчываў. Паказана, што накіраванасць і ступень выразнасці выяўленых тэндэнцый у значнай меры вызначаліся генатыпам раслін і хімічнай прыродай арганічных злучэнняў. Устаноўлена, што найменшай, прычым падобнай залежнасцю ад гідратэрмічнага рэжыму сезона характарызаваўся працэс трансфармацыі біяхімічнага складу пладоў у сартоў Indigo gem і Aurora, тады як найбольшай – у сартоў Honey bee і Zojka пры прамежавым падобным становішчы ў сартоў Wojtek і Ленінградскі волат.

Ключавыя словы: вегетацыйны перыяд, умовы надвор'я, бружмель сіні, сорт, плады, захоўванне, арганічныя кіслоты, вугляводы, фенольныя злучэнні

Введение. В связи с возросшим в последние годы интересом населения Беларуси к культуре жимолости синей (*Lonicera caerulea*) особый научный и практический интерес обретают вопросы хранения плодов, кратковременность периода которого ограничивает возможности реализации и поставок ягодной продукции на внутренний и внешний рынки. Наиболее приемлемым в этом плане представляется их хранение в холодильных установках при низких положительных температурах. По нашим наблюдениям, его продолжительность в этих условиях не превышает 10–11 суток [1]. Как показали результаты исследований с плодами жимолости урожая 2023 г., не прекращающиеся при этом процессы их жизнедеятельности обуславливали обезвоживание тканей и сопровождалось расходом части накопленных органических соединений, а следовательно, и изменением качества и органолептических свойств ягодной продукции. Вместе с тем в многолетнем цикле наблюдений установлено значительное влияние погодных условий вегетационного периода на биохимический состав последней [2], что, в свою очередь, могло отразиться на степени его трансформации в период хранения.

Целью настоящих исследований являлось установление влияния гидротермического режима сезона на накопление ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений в плодах 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей – Aurora, Honey bee, Indigo gem, Wojtek и Zojka и районированного в Беларуси сорта Ленинградский великан из коллекционного фонда Центрального ботанического сада НАН Беларуси, а также на степень изменений содержания в них органических соединений разной химической природы в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах.

Материалы и методика исследования. Исследования выполнены в южной агроклиматической зоне Беларуси в условиях сезонов 2023 и 2025 гг. в рамках полевых и лабораторных экспериментов с обозначенными выше таксонами опытных растений, выращивание которых осуществляли по общепринятой технологии на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. По достижении плодами состояния съемной зрелости их собирали и закладывали на хранение. В качестве тары использовали одноразовые пищевые пластиковые контейнеры с отверстиями объемом 400 мл (Т 602 для ягод и фруктов с крышками Т 601). Образцы, сформированные только из внешне здоровых плодов обозначенных сортов жимолости, хранили в лабораторном холодильнике при низких положительных температурах $+4 \pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 50 %.

Исследование биохимического состава их усредненных проб осуществляли перед закладкой на хранение и при его завершении в связи с утратой потребительских свойств. На обозначенных этапах лабораторного эксперимента определяли содержание в плодах органических соединений, относящихся к разным классам действующих веществ. При этом содержание сухих веществ учитывали по ГОСТ [3], свободных (титруемых) органических кислот (общей кислотности) – объемным методом [4], аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4], гидроксикоричных кислот (в пе-

речете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [5], растворимых сахаров – ускоренным фенол-серноокислотным полумикрометодом [6], пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [7], дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [8], основных компонентов биофлавоноидного комплекса, в том числе антоциановых пигментов, – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [9] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [10]; собственно антоцианов и катехинов (с использованием ванилинового реактива) – спектрофотометрическим методом [4, 11]; флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [4]. Оценку влияния погодных условий вегетационного сезона на степень изменений интегрального уровня нутриентной ценности плодов сортов жимолости по совокупности 14 биохимических характеристик за период хранения осуществляли на основе авторского способа ранжирования объектов, защищенного патентом [12]. Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Поскольку основной задачей настоящих исследований являлось установление зависимости биохимического состава плодов жимолости синей и степени его трансформации от гидротермического режима периода формирования, то рассмотрение полученных результатов предварим анализом погодной ситуации в данный период. Как следует из табл. 1, первые два весенних месяца 2023 г. оказались заметно теплее, чем обычно, при обилии атмосферных осадков. Несмотря на острый дефицит влаги в мае на фоне значительных перепадов температуры воздуха со снижением даже в июне ее минимальных значений до отрицательных, у всех таксонов опытных растений наблюдалось ускорение на 1,5–2 недели, по сравнению с предыдущими сезонами, сроков прохождения всех фенологических фаз при заметном отставании в необходимом количестве тепла. Это позволило рассматривать погодные условия периода формирования плодов жимолости в 2023 г. как весьма благоприятные для их развития. В связи с более ранним, причем одновременным у всех сортов, наступлением фазы плодоношения начало эксперимента в указанном сезоне пришлось уже на 30 мая, а его завершение – на 7 июня.

Таблица 1. Среднемесячные характеристики гидротермического режима периода формирования плодов *Lonicera caerulea* (по данным Белгидромета)

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	Средняя	Норма	% от нормы	Максимальная	Минимальная	Сумма	Норма	% от нормы
2023 г.								
Март	3,3	0,9	367	18,7	–6,5	84	37	227
Апрель	8,6	7,7	112	20,6	–3,0	42	41	102
Май	12,8	13,6	94	26,7	–3,3	5	66	8
Июнь	17,3	16,5	105	28,5	–0,3	119	78	152
2025 г.								
Март	5,5	0,9	611	19,1	–11,7	48	37	130
Апрель	9,5	7,7	123	27,4	–4,9	27	41	66
Май	10,7	13,6	80	26,0	–3,5	80	66	121
Июнь	16,9	16,5	102	29,4	8,2	117	78	150

Гидротермический режим весенних месяцев 2025 г. заметно отличался от такового в 2023 г. Наиболее выразительно межсезонные различия проявились в марте, характеризовавшемся в 1,7 раза более существенным, чем в первом сезоне, превышением средних многолетних значений среднемесячной температуры воздуха, но при более существенных ее перепадах на фоне вдвое меньшего количества атмосферных осадков. Температурный фон апреля лишь в 1,1 раза превосходил таковой в 2023 г., но наблюдавшийся при этом заметный дефицит влаги в определенной степени сдерживал развитие растений жимолости, чему способствовало также заметное похолодание в мае, сопровождавшееся дождливой погодой с превышением в 1,2 раза многолетней нормы выпадения осадков. Июнь отличался сопоставимым с установленным в 2023 г. температурным фоном, но при этом еще более значительным по сравнению с маем превышением нормы по количеству осадков, достигавшему 1,5-кратной величины, сопоставимой с таковой в предыдущем сезоне. На наш взгляд, гидротермический режим сезона 2025 г. с затяжным характером дождливой и сравнительно прохладной погоды в период формирования плодов жимолости в мае – июне не мог не отразиться на сезонном развитии растений, протекавшем с определенным запаздыванием сроков прохождения основных фенологических фаз и заметной разбежкой у исследуемых сортов времени созревания плодов. В связи с этим начало эксперимента по исследованию трансформации их биохимического состава в процессе хранения пришлось на разные, причем более поздние сроки по сравнению с 2023 г. Так, у сортов Ленинградский великан, Wojtek и Indigo get закладка плодов на хране-

ние произведена 11 июня, а закончился эксперимент 18 июня, тогда как у сортов Aurora, Zojka и Honey bee эти сроки оказались смещенными – 17 и 25 июня соответственно.

Сравнительное исследование биохимического состава плодов перечисленных таксонов жимолости синей, сформированных в условиях сезонов 2023 и 2025 гг., выявило заметные генотипические и межсезонные различия, подтверждаемые значительной шириной диапазонов варьирования большинства анализируемых признаков в сортовом ряду и двулетнем цикле наблюдений (табл. 2). Обращает на себя внимание отчетливое сходство в годы наблюдений диапазонов варьирования в сортовом ряду содержания сухих, пектиновых и дубильных веществ, свободных органических кислот, растворимых сахаров и показателя сахарокислотного индекса, что свидетельствовало об относительно слабой зависимости данных показателей от погодных условий вегетационного периода. Однако для аналогичных диапазонов варьирования остальных биохимических характеристик показаны весьма значительные межсезонные различия, состоявшие в их расширении в 2025 г. относительно 2023 г. для параметров накопления аскорбиновой и гидроксикоричных кислот и заметном сужении для таковых всех компонентов биофлавоноидного комплекса. Это однозначно указывало на усиление генотипических различий в первом случае и нивелирование таковых во втором.

Таблица 2. Диапазоны варьирования в сортовом ряду характеристик биохимического состава плодов *Lonicera caerulea* (в сухом веществе)

Показатель	2023 г.	2025 г.
Сухие вещества, %	11,80–14,50	11,60–14,60
Свободные органические кислоты, %	13,40–27,50	13,30–30,30
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	295,300–402,3	508,00–1 217,00
Гидроксикоричные кислоты, мг/100 г	441,70–560,10	485,00–781,00
Растворимые сахара, %	32,00–54,30	33,00–50,30
Сахарокислотный индекс	1,31–3,42	1,26–3,80
Пектиновые вещества, %	4,94–8,76	4,78–8,70
Собственные антоцианы, мг/100 г	4 190,00–18 223,00	4 420,00–13 640,00
Лейкоантоцианы, мг/100 г	1 745,00–5 511,00	2 168,00–6 168,00
Сумма антоциановых пигментов, мг/100 г	7 897,00–22 298,00	9 126,00–15 808,00
Катехины, мг/100 г	536,00–1 357,00	556,00–1 115,00
Флавонолы, мг/100 г	1 924,00–4 121,00	2 350,00–4 053,00
Сумма биофлавоноидов, мг/100 г	10 665,00–27 776,00	12 090,00–20 639,00
Дубильные вещества, %	3,10–3,87	2,70–3,94

Так, если в 2023 г. расхождения крайних позиций в приведенных диапазонах для органических кислот не превышали 1,3–1,4 раза, то в 2025 г. они уже достигали 1,6–2,4-кратной величины при противоположной картине межсезонных различий по данному признаку у всех компонентов биофлавоноидного комплекса. Например, в первый год наблюдений расхождения в содержании антоциановых пигментов, катехинов и флавонолов на границах обозначенных диапазонов соответствовали 2,1–4,5-кратной величине, тогда как во второй они сократились до 1,7–3,1-кратного размера. При этом в 2025 г. границы диапазонов варьирования в сортовом ряду содержания лейкоантоцианов, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот сместились в область более высоких, чем в 2023 г., значений, во всех остальных случаях – в область более низких.

Нетрудно убедиться в существенной зависимости содержания органических соединений в плодах исследуемых сортов жимолости синей от погодных условий вегетационного периода, о величине которой можно судить по данным табл. 3. При этом на фоне показанных выше межсезонных различий температурного режима и количества выпавших осадков в период формирования плодов в большинстве случаев обнаружена явная общность тенденций в изменении параметров накопления ряда соединений, но степень данных преобразований определялась генотипом опытных растений. Так, у всех или большинства таксонов жимолости весьма прохладная и дождливая погода мая – июня 2025 г. способствовала обогащению плодов по сравнению с сезоном 2023 г. на 55–240 % аскорбиновой кислотой, наиболее значительному у сорта Honey bee, и на 6–74 % гидроксикоричными кислотами, особенно у сорта Indigo gem, сопровождавшемуся обеднением их на 13–19 % свободными органическими кислотами, активизация накопления которых на 52 и 84 % (обусловившая снижение на 32 и 43 % сахарокислотного индекса) выявлена лишь у сортов Honey bee и Zojka. У остальных же таксонов жимолости величина данного показателя, характеризующего сладость вкуса плодов, превышала установленную в 2023 г. на 11–19 %. Такой положительный результат связан с тем, что межсезонные различия в содержании растворимых сахаров были незначительными и варьировались в сортовом ряду в диапазоне 3–7 %, причем независимо от их ориентации темпы биосинтеза данных углеводов превышали таковые титруемых кислот.

Таблица 3. Межсезонные (2023/2025 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов сортов *Lonicera caerulea*, %

Показатель	Сорт					
	Ленинградский великан	Аурога	Zojka	Wojtek	Indigo gem	Honey bee
Сухие вещества	–	+18,6	–6,3	+5,4	–4,3	–9,4
Свободные органические кислоты	–16,4	–13,5	+83,6	–18,9	–13,4	+51,5
Аскорбиновая кислота	+54,9	+109,5	+194,5	+67,7	+178,2	+240,3
Гидроксикоричные кислоты	+6,8	+6,9	–	+50,0	+73,6	+5,6
Растворимые сахара	–7,4	–3,1	+4,5	–3,6	+3,1	+3,5
Сахарокислотный индекс	+11,1	+11,8	–43,1	+19,1	+19,3	–31,9
Пектиновые вещества	–	–	–10,1	–	+28,2	–3,2
Собственно антоцианы	+5,5	+44,9	–28,8	–	–12,6	–40,0
Лейкоантоцианы	+27,0	–60,7	+253,4	+19,0	+29,2	+11,2
Сумма антоциановых пигментов	+15,6	+5,9	+25,5	+5,4	+7,0	–30,6
Катехины	–27,3	–	–9,0	–16,1	+3,8	–17,8
Флавонолы	+22,1	–	+9,8	+16,6	+19,4	–
Сумма биофлавоноидов	+13,4	+5,1	+20,3	+6,3	+8,9	–25,7
Дубильные вещества	–17,2	–9,8	–	–	–	–
Суммарный результат	+88,1	+115,6	+494,3	+150,9	+340,4	+153,5

Примечание. – – отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента межсезонных различий при $p < 0,05$.

Что касается пектиновых веществ, то межсезонные различия в их содержании проявились лишь в плодах трех таксонов жимолости и состояли в его снижении на 3–10 % у сортов Honey bee и Zojka и увеличении на 28 % у сорта Indigo gem. Особый научный и практический интерес представляло исследование влияния погодных условий вегетационного периода на состояние биофлавоноидного комплекса плодов ввиду его значительной физиологической ценности для человеческого организма [13]. Как следует из табл. 3, в условиях сезона 2025 г. у большинства сортов наблюдалась активизация по сравнению с 2023 г. накопления в плодах на 5–26 % антоциановых пигментов, особенно у сорта Zojka, характеризовавшегося наибольшим в сортовом ряду увеличением содержания лейкоантоцианов (до 253 %).

Следует отметить, что именно эти соединения в основном обеспечивали позитивные сдвиги в общем количестве данных пигментов, поскольку активизация биосинтеза собственно антоцианов на 6 и 45 % выявлена лишь у двух таксонов жимолости – районированного сорта Ленинградский великан и нового тестируемого сорта Ауорога, тогда как в остальных случаях наблюдалось отставание от сезона 2023 г. по данному признаку на 13–40 % (наибольшее – у сорта Honey bee, для которого показано аналогичное отставание на 31 % также по общему количеству антоциановых пигментов).

Во второй год наблюдений заметной активизацией накопления на 10–22 % в плодах большинства таксонов жимолости отмечены также флавонолы, что наиболее выразительно проявилось у сорта Indigo gem и особенно у сорта Ленинградский великан при отсутствии межсезонных различий по данному показателю у сортов Ауорога и Honey bee. Вместе с тем в большинстве случаев, несмотря на ослабление по сравнению с 2023 г. биосинтеза не только собственно антоцианов, но и на 9–27 % катехинов, особенно у сорта Ленинградский великан, для общего количества биофлавоноидов показаны в основном позитивные сдвиги на 5–20 % относительно 2023 г., наиболее значительные у сорта Zojka (см. табл. 3). Поскольку данные соединения обладают высокой Р-витаминной активностью и являются мощными антиоксидантами [13], то усиление их накопления в плодах тестируемых таксонов жимолости во второй год исследований, обусловленное проявлением их защитной функции при приспособлении растений к неблагоприятным погодным условиям сезона 2025 г., следует рассматривать как положительное явление.

Нетрудно убедиться, что на фоне выявленных сходных тенденций в изменении исследуемых характеристик плодов жимолости в зависимости от гидротермического режима сезона выразительность их проявления определялась генотипом растений и химической природой органических соединений. Для интегральной оценки степени обогащения биохимического состава плодов в условиях сезона 2025 г., учитывая влияние всех обозначенных факторов, для каждого тестируемого сорта жимолости осуществлено суммирование приведенных в табл. 3 относительных размеров статистически значимых межсезонных различий показателей с учетом их знака, дающее представление о величине суммарного результата. Как видим, в неблагоприятных погодных условиях сезона 2025 г. у всех сортов данного вида наблюдалось улучшение относительно 2023 г. качественного состава плодов в целом на 88–494 %, наименее значительное – у районированного сорта Ленинградский великан, обусловленное его выработавшейся за многолетний период адаптацией к местным почвенно-климатическим условиям, тогда как у новых тестируемых таксонов жимолости данный показатель оказался существенно выше, особенно у сортов Indigo gem и Zojka, что свидетельствовало о наиболее выраженной их зависимости от комплекса биотических

и абиотических факторов. В соответствии со снижением степени межсезонных различий биохимического состава плодов по совокупности биохимических характеристик, указывающем на повышение его устойчивости к абиотическим факторам в районе интродукции, исследуемые сорта были расположены в следующей последовательности: Zojka > Indigo gem > Honey bee = Wojtek > Aurora > Ленинградский великан.

Логично предположить, что выявленные межсезонные и таксономические различия в биохимическом составе плодов жимолости в начале эксперимента могли отразиться на темпах и степени его трансформации в процессе их хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах. При этом для установления доминирующих тенденций в динамике органических соединений разной химической природы в зависимости от генотипа растений и гидротермического режима сезона представлялось целесообразным дать сравнительную оценку степени расхождений в их содержании на начальном и завершающем этапах хранения плодов, сформированных в условиях сезонов 2023 и 2025 гг.

Таблица 4. Относительные различия с исходным уровнем биохимических характеристик плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на завершающем этапе хранения в условиях обычной газовой среды при температуре $+4 \pm 1$ °C, %

Показатель	Сорт											
	Ленинградский великан		Aurora		Zojka		Wojtek		Indigo gem		Honey bee	
	2023 г.	2025 г.	2023 г.	2025 г.	2023 г.	2025 г.	2023 г.	2025 г.	2023 г.	2025 г.	2023 г.	2025 г.
Сухие вещества	–	+6,9	+8,5	+9,3	–6,3	–	–	+7,4	+6,5	+6,8	+9,4	+6,0
Свободные органические кислоты	–18,9	–15,0	–29,5	–17,9	–32,1	–4,5	–18,9	–12,1	–16,6	–14,2	–32,5	–7,9
Аскорбиновая кислота	–20,8	–13,6	–21,0	–44,1	–20,3	–42,6	–22,0	–11,9	–40,0	–9,5	–24,1	–41,7
Гидроксикоричные кислоты	–16,5	–10,6	–20,9	–6,5	–41,9	–15,9	–17,8	–11,3	–50,0	–11,1	–17,6	–8,0
Растворимые сахара	+8,7	+2,8	+7,9	+6,4	+22,9	–	+11,1	+5,8	+29,1	+5,2	+10,0	–
Сахарокислотный индекс	+33,6	+20,0	+52,7	+30,4	+82,3	+6,8	+37,4	+19,9	+55,6	+22,5	+62,7	+11,9
Пектиновые вещества	–3,3	–	–4,0	–	–13,8	–	–	–	–7,3	–	–	–
Собственно антоцианы	–13,6	–11,3	–6,9	–17,6	–25,8	–6,9	–11,6	–5,4	–5,2	–8,0	–12,1	–4,9
Лейкоантоцианы	–14,6	–	–12,7	+22,0	+59,1	–8,9	–6,9	–8,7	–31,0	–13,1	–	–15,1
Сумма антоциановых пигментов	–14,1	–5,1	–9,1	–12,2	–9,5	–8,0	–10,4	–6,3	–12,2	–9,7	–5,7	–7,9
Катехины	+14,6	+12,7	+11,4	+7,5	+25,0	+7,1	+6,8	+13,2	+29,5	+10,3	+6,5	+5,4
Флавонолы	+19,5	+4,3	+8,8	+2,4	+25,0	+5,5	+10,8	+2,2	+36,0	+3,6	+7,0	+2,5
Сумма биофлавоноидов	–5,7	–2,4	–4,9	–8,7	–	–4,9	–6,2	–4,1	–3,5	–6,7	–3,2	–5,1
Дубильные вещества	–25,5	+11,5	–19,3	+9,1	–24,2	+3,9	–34,2	+4,6	–23,5	+8,7	–28,7	+4,3
Отрицательные сдвиги	–133,0	–58,0	–128,3	–107,0	–173,9	–91,7	–128,0	–59,8	–189,3	–72,3	–123,9	–90,6
Положительные сдвиги	+76,4	+58,0	+89,3	+87,1	+214,3	+23,3	+66,1	+53,1	+156,7	+57,1	+95,6	+30,1
Амплитуда сдвигов	209,4	116,0	217,6	194,1	388,2	115,0	194,1	112,9	346,0	129,4	219,5	120,7
Результирующий показатель	–56,6	0	–39,0	–19,9	+40,4	–68,4	–61,9	–6,7	–32,6	–15,2	–28,3	–60,5

Примечание. – – отсутствие статистически значимых различий по t-критерию Стьюдента с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Как следует из табл. 4, несмотря на весьма непродолжительный период хранения плодов жимолости, ограниченный лишь 8 сутками, в их биохимическом составе обнаружены значительные изменения, характеризовавшиеся как индивидуальными особенностями данного процесса у опытных объектов, так и наличием отчетливо выраженных общих закономерностей. Так, в оба года исследований на протяжении обозначенного периода у сортов Aurora, Indigo gem и Honey bee отмечено незначительное (на 6–9 %) увеличение содержания сухих веществ, обусловленное потерями влаги, причем у сортов Wojtek и Ленинградский великан это наблюдалось лишь в 2025 г. при отсутствии значимых различий с исходным уровнем данного показателя у сорта Zojka, у которого в 2023 г. обнаружено даже его достоверное снижение на 6 %. Вместе с тем в оба сезона в процессе хранения плодов происходило их существенное обеднение всеми определявшимися органическими кислотами, подтверждаемое снижением к окончанию эксперимента содержания титруемых кислот на 5–33 %, наиболее значительное в 2023 г., особенно у новых интродуцируемых сортов Aurora, Zojka и Honey bee, аскорбиновой кислоты – на 14–44 %, наибольшее – у этих же таксонов жимолости в 2025 г., а у сорта Indigo gem – в 2023 г. При этом в оба года исследований наименее выразительной, причем сходной, деградацией витамина С характеризовались районирован-

ный сорт Ленинградский великан и интродуцируемый сорт Wojtek. Обеднение плодов гидроксикоричными кислотами в процессе хранения при наибольшей выразительности в 2023 г. варьировалось в сортовом ряду в двулетнем цикле в диапазоне 7–50 %, причем максимальным снижением их содержания отмечены сорта Zojka и Indigo gem.

Аналогичная картина наблюдалась нами ранее в подобном эксперименте с плодами новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой [14], что указывало на общебиологическую природу данного явления. При этом нельзя не заметить, что темпы деградации исследуемых органических кислот в процессе хранения плодов жимолости в значительной степени определялись генотипом опытных растений. На наш взгляд, столь выразительная деструкция обозначенных органических кислот обусловлена их интенсивным расходом в дыхательном процессе в качестве основного энергетического и трофического ресурса [15], а значительная скорость утилизации в плодах данных соединений указывала на чрезвычайно высокую активность их метаболизма даже при хранении в условиях пониженных температур. Что касается трансформации углеводного комплекса плодов жимолости в процессе хранения, то участие продуктов распада пектиновых веществ в качестве запасного энергетического материала в дыхательном газообмене [16] значительно уступало таковому органических кислот и проявилось лишь в 2023 г., причем не у всех опытных объектов, тогда как в 2025 г. достоверных различий в содержании пектинов на начальном и завершающем этапах эксперимента не выявлено вовсе. На этом фоне у всех таксонов жимолости происходило заметное обогащение плодов растворимыми сахарами, наиболее выраженное в первый год исследований и обусловленное показанным выше распадом пектинов и органических кислот с образованием моно- и дисахаридов [16], что обусловило улучшение вкусовых свойств ягодной продукции. Это подтверждалось соответствующим увеличением показателя ее сахарокислотного индекса на 34–82 % в 2023 г. и 7–30 % в 2025 г. относительно исходного уровня на фоне весьма выразительных генотипических различий (см. табл. 4). Столь выразительные межсезонные расхождения при этом обусловлены менее значительным в 2025 г., нежели в 2023 г., обогащением плодов растворимыми сахарами при менее существенной деградации титруемых кислот.

Особый интерес представляло выявление особенностей трансформации биофлавоноидного комплекса плодов жимолости, обладающего значительной Р-витаминной и антиоксидантной активностью и определяющей их основную потребительскую ценность. Как следует из табл. 4, в период их хранения установлены неоднозначные изменения в содержании основных компонентов данного комплекса, обусловленные, по мнению В. В. Арасимовича [17], специфическим действием каждого из них на процессы окислительного фосфорилирования и дыхания. В данном случае наблюдалось обогащение плодов флавонолами, взаимодействующими со свободными радикалами, перекисями и металлами с образованием стабильных хелатов и тем самым задерживающими окисление катехинов и антоцианов, что должно было способствовать сохранению соединений. При этом наиболее выразительно это проявилось в эксперименте с плодами урожая 2023 г., что отмечалось выше и для других биохимических характеристик. Для сравнения покажем, что если в данном сезоне увеличение содержания флавонолов относительно исходного уровня составляло 7–36 %, то в 2025 г. оно не превышало 2–6 %. При этом темпы активизации биосинтеза флавонолов в значительной степени определялись генотипом опытных растений. Благодаря способности данных соединений к сдерживанию окислительных процессов в период хранения плодов жимолости наблюдалось заметное накопление в них восстановленных соединений, в частности катехинов, подтверждаемое увеличением их содержания относительно исходного уровня на 7–25 % в 2023 г. и 5–13 % в 2025 г.

В отличие от флавонолов и катехинов в трансформации антоцианового комплекса в процессе хранения плодов жимолости выявлено доминирование отрицательных тенденций на фоне заметных генотипических различий в их выразительности, что привело к снижению общего содержания антоциановых пигментов в эти годы на 6–14 и 5–12 % соответственно. Заметно, что такое снижение было обусловлено деструкцией обоих компонентов комплекса – антоцианов и лейкоантоцианов (см. табл. 4). Лишь в единичных случаях (в 2023 г. у сорта Zojka и в 2025 г. у сорта Aurora) в результате взаимопревращений данных соединений установлено существенное обогащение плодов лейкоантоцианами на фоне максимального в сортовом ряду истощения в них запасов собственно антоцианов. При этом столь заметные у данных таксонов жимолости различия темпов накопления указанных соединений в процессе хранения плодов почти не повлияли на изменение суммарного количества антоциановых пигментов.

Нетрудно убедиться, что степень трансформации Р-витаминного комплекса плодов жимолости в период хранения в значительной степени определялась не только химической природой его отдельных компонентов, но и генотипом опытных растений. Заметим, что, несмотря на весьма выразительные изменения в содержании основных групп биофлавоноидов, для их общего количества в большинстве случаев не выявлено существенных различий с его исходным уровнем. Тем не менее на завершающем этапе хранения плодов показано их обеднение полифенолами на 3–6 % в 2023 г. и 2–9 % – в 2025 г., наиболее значительное – в первом сезоне у сортов Ленинградский великан и Wojtek, а во втором – у сортов Indigo gem и Aurora (см. табл. 4).

Принимая во внимание многостороннее позитивное физиологическое действие данных соединений на организм человека, в том числе антиоксидантное, их деградацию в период хранения плодов следует рас-

смагивать как негативное явление. Что касается дубильных веществ (танинов), являющихся продуктами полимеризации и конденсации лейкоантоцианов и катехинов [13], то в годы исследований в изменении их содержания в период хранения плодов установлены прямо противоположные тенденции, состоявшие в снижении относительно исходного уровня на 19–34 % в первом сезоне и увеличении на 4–9 % – во втором.

Как видим, несмотря на сравнительно непродолжительный период хранения плодов жимолости при низких положительных температурах, ограниченный всего 8 сутками, происходила существенная трансформация их биохимического состава, в которой обозначились сходные у всех таксонов жимолости закономерности, в значительной степени дублировавшие таковые у растений сем. *Ericaceae* – голубики высокорослой и клюквы крупноплодной [14]. Они состояли в значительном обеднении ягодной продукции свободными органическими, аскорбиновой и гидроксикоричными кислотами, отчасти пектиновыми веществами, антоциановыми пигментами при снижении общего количества биофлавоноидов на фоне ее обогащения сухими веществами, катехинами, флавонолами, растворимыми сахарами при увеличении показателя сахарокислотного индекса и неоднозначных изменений в содержании дубильных веществ. Вместе с тем направленность и степень выразительности выявленных тенденций в значительной мере определялись генотипом растений и химической природой органических соединений.

С целью определения степени трансформации биохимического состава плодов жимолости в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах и выявления таксона с наименьшими потерями действующих веществ, а также установления сезона, обеспечившего наибольшую стабильность нутриентной ценности ягодной продукции по совокупности 14 показателей, был использован методический прием, основанный на сопоставлении у исследуемых объектов на завершающем этапе хранения плодов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от исходного уровня исследуемых характеристик [12]. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений независимо от их знака можно судить о степени трансформации биохимического состава плодов в целом, тогда как величина соотношения относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий его характеристик с исходными показателями являлась оценочным критерием изменения интегрального уровня нутриентной ценности плодов тестируемых сортов за период хранения.

Представленные в табл. 5 данные, характеризовавшие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе плодов опытных таксонов жимолости в процессе хранения, показали наличие заметных генотипических и межсезонных различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов, свидетельствовавших о существенной их зависимости от химической природы органических соединений, сортовой принадлежности растений и погодных условий вегетационного периода. Обращает на себя внимание, что на фоне преобладания отрицательных сдвигов в биохимическом составе плодов их относительные размеры, как и положительных в 2023 г., заметно превышали таковые в 2025 г., что, в свою очередь, обусловило весьма выразительные межсезонные различия амплитуды выявленных сдвигов, варьировавшейся в эти годы в сортовом ряду в диапазонах 194,1–388,2 и 112,9–194,1 % соответственно, при минимальных значениях в обоих случаях у сорта *Wojtek*, что указывало на наибольшую степень трансформации качественного состава его плодов в процессе хранения. При этом наибольшими его изменениями в первый год исследований характеризовались сорт *Indigo gem* и особенно сорт *Zojka*, тогда как во второй год – сорт *Auroga*. Напомним, что несмотря на неблагоприятный характер погодных условий периода созревания плодов в 2025 г. с пониженным температурным фоном и обилием осадков, было установлено его более выраженное позитивное влияние на биосинтез большинства действующих веществ по сравнению с аналогичным периодом 2023 г. На наш взгляд, данное обстоятельство могло оказать определенное влияние на темпы деструкции и взаимопревращений органических соединений в процессе хранения плодов, что подтверждалось столь выразительными межсезонными различиями амплитуды выявленных сдвигов. Заметим, что различия максимального и минимального значений этого показателя в 2025 г. заметно уступали таковым в 2023 г., что свидетельствовало об определенном ослаблении влияния генотипа растений на степень трансформации биохимического состава плодов в процессе хранения.

Вместе с тем независимо от погодных условий периода их формирования у всех таксонов жимолости наблюдалось снижение нутриентной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик, оцениваемое величиной кратного размера соотношения суммарных значений положительных и отрицательных сдвигов относительно исходного уровня, условно принятого за 1 (см. табл. 5). Исключением из общей закономерности в 2023 г. явился лишь сорт *Zojka*, у которого за период хранения выявлено не ухудшение, а наоборот, улучшение качества плодов в 1,2 раза, а в 2025 г. – районированный сорт Ленинградский великан, для которого показано отсутствие изменений данного параметра. На наш взгляд, это объясняется тем, что во время хранения плодов наряду с расходом ряда действующих веществ в качестве дыхательных субстратов, обусловившем снижение их содержания по сравнению с исходным уровнем, имело место также их накопление, связанное со взаимопревращениями ряда органических соединений, не охваченных настоящими исследованиями, в частности крахмала, целлюлозы, терпеноидов и др. Заметим, что с аналогичным явлением мы сталкивались ранее в подобных экспериментах с плодами голубики высокорослой [14].

Таблица 5. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий с исходным уровнем содержания органических соединений в плодах сортов *Lonicera caerulea* на завершающем этапе хранения в условиях обычной газовой среды при температуре +4 ± 1 °С

Сорт	Относительные размеры сдвигов, %				
	Положительные	Отрицательные	Амплитуда	Положительные / отрицательные	Отрицательные / положительные
2023 г.					
Ленинградский великан	76,4	133,0	209,4	0,58	1,74
Aurora	89,3	128,3	217,6	0,70	1,44
Zojka	214,3	173,9	388,2	1,23	0,81
Wojtek	66,1	128,0	194,1	0,52	1,94
Indigo gem	156,7	189,3	346,0	0,83	1,21
Honey bee	95,6	123,9	219,5	0,77	1,30
2025 г.					
Ленинградский великан	58,2	58,0	116,2	1,00	1,00
Aurora	87,1	107,0	194,1	0,81	1,23
Zojka	23,3	91,7	115,0	0,25	3,94
Wojtek	53,1	59,8	112,9	0,89	1,13
Indigo gem	57,1	72,3	129,4	0,79	1,27
Honey bee	30,1	90,6	120,7	0,33	3,01

Сопоставление в сортовом ряду соотношения относительных размеров разноориентированных сдвигов в биохимическом составе плодов в процессе хранения, приведенных в табл. 5, выявило существенные генотипические и межсезонные различия в степени снижения их нутриентной ценности, в соответствии с которой опытные объекты были расположены в следующей последовательности: 2023 г. – Zojka > Indigo gem > Honey bee > Aurora > Ленинградский великан > Wojtek; 2025 г. – Ленинградский великан > Wojtek > Aurora > Indigo gem > Honey bee > Zojka.

Нетрудно убедиться в значительных межсезонных различиях приведенных рядов, обусловленных индивидуальными у каждого таксона жимолости темпами трансформации биохимического состава плодов в процессе хранения при низких положительных температурах в зависимости от гидротермического режима периода их формирования. При этом в 2025 г. наблюдалась перегруппировка сортов Zojka, Indigo gem и Honey bee, характеризовавшихся в 2023 г. наименьшим снижением нутриентной ценности плодов, в область с наиболее значительным ее снижением, и наоборот, для сортов Ленинградский великан и Wojtek показана противоположная закономерность при сохранении в оба сезона одной и той же позиции у сорта Aurora. На основе сравнения в сортовом ряду степени снижения питательных и витаминных свойств плодов на фоне контрастных погодных условий вегетационного периода для каждого таксона жимолости дана количественная оценка зависимости показателя от абиотических факторов, в порядке усиления которой построен следующий ряд тестируемых объектов:

Indigo gem = Aurora > Wojtek = Ленинградский великан > Honey bee > Zojka.
 1,05 1,16 1,71 1,73 2,33 4,92

Как видим, наименьшей, причем сходной зависимостью от гидротермического режима сезона характеризовался процесс трансформации биохимического состава плодов при хранении у сортов Indigo gem и Aurora, тогда как наибольшей – у сортов Honey bee и Zojka при промежуточном, сходном положении у сортов Wojtek и Ленинградский великан.

Выводы. В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси на фоне контрастных погодных условий сезонов 2023 и 2025 г. биохимического состава плодов 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей – Aurora, Honey bee, Indigo gem, Wojtek, Zojka и районированного сорта Ленинградский великан, выбранного в качестве эталона сравнения, по содержанию ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений и степени его трансформации в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах установлена значительная зависимость данных показателей от гидротермического режима вегетационного периода. У всех или большинства таксонов жимолости прохладная и дождливая погода мая – июня 2025 г. способствовала обогащению плодов относительно более благоприятного по погодным условиям сезона 2023 г. органическими соединениями разной химической природы и повышению их нутриентной ценности по совокупности 14 биохимических характеристик (наименьший – у районированного сорта Ленинградский великан и наиболее значительный – у новых тестируемых таксонов, особенно у сортов Indigo gem и Zojka).

Несмотря на сравнительно непродолжительный период хранения плодов жимолости, ограниченный 8 сутками, установлена существенная трансформация их биохимического состава, в которой обозначились сходные у всех таксонов закономерности, состоявшие в значительном обеднении свободными органическими, аскорбиновой и гидроксикоричными кислотами, отчасти пектиновыми веществами, антоциа-

новыми пигментами при снижении общего количества биофлавоноидов, на фоне обогащения сухими веществами, катехинами, флавонолами, растворимыми сахарами и увеличении показателя сахарокислотного индекса, а также неоднозначных изменений в содержании дубильных веществ.

Показано, что направленность и степень выразительности выявленных тенденций в значительной мере определялись генотипом опытных растений и химической природой органических соединений. Установлено, что наименьшей, причем сходной зависимостью от гидротермического режима сезона характеризовался процесс трансформации биохимического состава плодов у сортов Indigo gem и Aurora, тогда как наибольшей – у сортов Honey bee и Zojka при промежуточном, сходном положении у сортов Wojtek и Ленинградский великан.

Список использованных источников

1. Влияние генотипа растений жимолости синей (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) и погодных условий вегетационного периода на лежкоспособность плодов при низкой положительной и комнатной температурах / Н. Б. Павловский, Ж. А. Рупасова, А. В. Ральцевич [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2024. – № 2. – С. 153–161.
2. Влияние генотипа растений и абиотических факторов на изменчивость биохимических характеристик плодов голубики высокорослой при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова, Н. Б. Павловский, К. А. Добрянская [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2024. – № 3. – С. 39–47.
3. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. – Введен 01.07.1991. – М. : Стандартинформ. – 11 с.
4. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
5. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. ... канд. фармацевт. наук : 15.00.02 / Марсов Николай Григорьевич ; Яросл. гос. мед. акад. – Пермь, 2006. – 200 с.
6. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.
7. Технохимический контроль консервного производства : учеб. для вузов по спец. «Технология консервирования» / А. Т. Марх, Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. – М. : Агропромиздат, 1989. – 303 с.
8. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. Вып. 1: Общие методы анализа. – М. : Медицина, 1987. – С. 286–287.
9. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // Journal of the Science of Food and Agriculture. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
10. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Труды 3-го Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. С. 451–461.
11. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева, Г. И. Калинкина, Н. Э. Коломиец [и др.] // Фармация. – 2013. – Т. 3, № 3. – С. 19–21.
12. Патент ВУ 17648, МПК А01Н 1/04 (2006.01), А01G 1/00 (2006.01). Способ ранжирования таксонов растения : № а 20101502 : заявлено 20.10.2010 : опубл. 30.10.2013 / Рупасова Ж. А., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Решетников В. Н. ; заявитель : Центр ботан. сад НАН Беларуси. – 7 с.
13. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Мн. : Ураджай, 1981. – 80 с.
14. Генотипические особенности трансформации биохимического состава плодов *Vaccinium corymbosum* L. в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах / Ж. А. Рупасова, С. Н. Авраменко, А. В. Ушакова [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 2. – С. 34–41.
15. Грушева, Т. П. Изменение химического состава плодов колонновидных сортов яблони при хранении / Т. П. Грушева, И. Н. Остапчук // Плодоводство. – 2015. – Т. 27. – С. 286–293.
16. Арасимович, В. В. Обмен углеводов при созревании и хранении плодов яблони / В. В. Арасимович, Н. П. Пономарева. – Кишинев : Штиинца, 1976. – 106 с.
17. Арасимович, В. В. Биохимия созревания плодов / В. В. Арасимович // Физиология сельскохозяйственных растений. – 1998. – Т. 10. – С. 62–82.

Поступила 21.09.2025