


СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЗАМОРОЖЕННЫХ ПЛОДОВ МАЛИНЫ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В УСЛОВИЯХ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

М.А. Раченко¹ , д.с.-х.н
Е.Н. Киселева¹, ведущий инженер
Л.Е. Камышова¹, ведущий инженер
А.М. Раченко², магистрант

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, Россия, matmod@sifibr.irk.ru.

²ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия, rector@igsha.ru

Аннотация

В статье проведен анализ биохимического состава плодов малины красной (*Rubus idaeus* L.) с ремонтантным и традиционным типом плодоношения. Также сравнивался биохимический состав плодов ремонтантной малины разных сроков созревания (летнего и осеннего). Большое внимание уделено содержанию: сахаров, витаминов С, А, В1, В2, Е и РР и микроэлементов. Объектами исследования послужили плоды сортимента (сортов и отборных форм) малины коллекционного участка СИФИБР СО РАН и КФХ Иркутского района после заморозки. В качестве контроля использовали плоды сортов малины с традиционным типом плодоношения (Колокольчик и Патриция). Испытуемыми стали плоды малины с ремонтантным типом плодоношения сортов: Евразия, Пингвин, Золотые купола, Оранжевое чудо, Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье, Шапка Мономаха, Геракл, Жар птица, Брянское диво, Недосыгаемая и формы: 32-151-1, 37-15-4, 1-220-1, 7-Х-11, 16-136-6. Исследования проводили согласно общепринятой программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Определение сахаров проводили на жидкостном хроматографе SHIMADZU. Определение витаминов проводили на жидкостном хроматографе «Agilent G 1322». Определение тяжелых металлов проводили методом атомной абсорбции на спектрофотометре SHIMADZU AA-7000. При сравнении результатов исследования отмечена закономерность между содержанием фруктозы и органолептической оценкой плодов малины ремонтантной осеннего сбора. Отмечены сорта с относительно высоким содержанием сахаров: Рубиновое ожерелье, Недосыгаемая и формы 7-Х-11 и минимальным – Евразия. Выделены сорта с повышенным содержанием в плодах витамина С – Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье, формы: 37-15-4 и 1-220-1. Сорта Жар птица и Рубиновое ожерелье, Пингвин, Геракл, Оранжевое чудо, Колокольчик, форма 16-136-6 отметили, как источники микроэлементов. По результатам оценки отмечено, что плоды малины традиционных сортов по содержанию витаминов и сахаров не выделяются от большинства сортов малины ремонтантной. Содержание витамина С в плодах у большинства ремонтантных сортов по срокам сбора отличается незначительно. Для выделения лучшей родительской формы в селекции нового адаптивного для южного Предбайкалья сорта важно учесть сорта с высокой питательной

ценностью плодов: Жар птица (повышенное содержание трех микроэлементов, сахарозы и витаминов А, В1, В2, Е, РР); Недосыгаемая (повышенное содержание трех микроэлементов, фруктозы, глюкозы и витамина А); Рубиновое ожерелье (повышенное содержание трех микроэлементов, фруктозы, сахарозы и витамина С).

Ключевые слова: *Rubus idaeus* L., плоды, сахара, витамины, микроэлементы, отбор, модель сорта

SELECTION EVALUATION OF FROZEN RASPBERRY FRUITS BY BIOCHEMICAL PARAMETERS IN THE CONDITIONS OF THE CISBAIKALIA

M.A. Rachenko¹ , Doctor of Sciences (Agriculture)

E.N. Kiseleva¹, leading engineer

L.E. Kamyshova¹, leading engineer

A.M. Rachenko², master's student

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Science, 132 Lermontova Str., Irkutsk, Russia, matmod@sifibr.irk.ru.

²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Irkutsky district, Irkutsk region, Russia, rector@igsha.ru

Abstract

The article provides a comparative assessment of the biochemical composition of primocane- and traditionally-fruiting raspberry fruits. The biochemical composition of primocane-fruiting raspberry fruits of different ripening periods (summer and autumn) is compared. Much attention is paid to the content of: sugars, vitamins C, A, B1, B2, E and PP, as well as microelements. The research objects were raspberry assortment fruits (varieties and selected forms) from the collection site of Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia) and the farm enterprise (Irkutsk region, Russia). Fruits of traditionally-fruiting European red raspberry varieties (Kolokolchik and Patriitsiya) were used as the control. Fruits of primocane-fruiting European red raspberry varieties (Yevraziya, Pingvin, Zolotyie kupola, Oranzhevoye chudo, Brilliantovaya, Rubinovoye ozherelye, Shapka Monomakha, Gerakl, Zhar ptitsa, Bryanskoye divo, and Nedosyagayemaya) as well as forms 32-151-1, 37-15-4, 1-220-1, 7-X-11, 16-136-6 were used as test samples. The experiments were carried out according to the generally accepted program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops. Sugars were determined using the SHIMADZU liquid chromatograph. Vitamins were determined using the Agilent G 1322 liquid chromatograph. Heavy metals were determined by atomic absorption using the SHIMADZU AA-7000 spectrophotometer. When comparing the research results, a regularity between the fructose content and the organoleptic assessment of primocane-fruiting raspberry fruits of the autumn harvest was noted. The varieties relatively high in sugar (Rubinovoye ozherelye, Nedosyagayemaya, and forms 7-X-11) and one with minimal sugar content (Yevraziya) were registered. The varieties with a high content of vitamin C in fruits were identified: Brilliantovaya, Rubinovoye ozherelye, forms 37-15-4 and 1-220-1. Such varieties as Zhar ptitsa, Rubinovoye ozherelye, Pingvin, Gerakl, Oranzhevoye chudo,

Kolokolchik, and form 16-136 were registered as sources of microelements. According to the assessment results, it was noted that European red raspberry fruits did not stand out from most primocane-fruiting raspberry varieties in terms of the content of vitamins and sugars. The content of vitamin C in fruits of most primocane-fruiting raspberry varieties differed slightly in terms of the harvest time. To select the best parental form in the breeding of a new adaptive variety for the southern Cisbaikalia, it is important to take into account varieties with a high nutritional value of fruits: Zhar ptitsa (high concentration of three microelements, sucrose and vitamins A, B1, B2, E, PP); Nedosyagayemaya (high concentration of three microelements, fructose, glucose and vitamin A); Rubinovoye ozherelye (high concentration of three microelements, fructose, sucrose and vitamin C).

Key words: *Rubus idaeus*, fruits, sugars, vitamins, microelements, selection, variety model

Введение

На первом этапе селекции нового сорта, адаптивного для южного Предбайкалья, необходимо провести оценку сортимента, успешно возделываемого в местных условиях. Для формирования модели сорта учитываются следующие показатели: устойчивость к неблагоприятным факторам (жаро-, засухо- и морозостойкость), устойчивость к фитопатогенам и вредителям, высокие товарно-производственные качества (крупноплодность, продуктивность, плотность, дружность созревания, пригодность к хранению и механизированной уборке и др.) (Шарафутдинова, 2009, Rachenko, 2021). Наряду с вышесказанным важное значение имеет качество плодов, особенно в северных регионах, где наблюдается недостаток биологически активных веществ в продуктах. Биохимический состав плодов определяется различными показателями, которые всесторонне характеризуют их свойства, потребительскую ценность и назначение (Матназарова, 2019). Сбалансированное и полезное питание невозможно представить без потребления плодов и ягод – ценных источников витаминов, антиоксидантов, макро- и микроэлементов, а также других полезных веществ (Чугунова, 2019). Результаты многочисленных исследований, проведенных рядом ученых, показывают, что хранение плодов малины в замороженном состоянии позволяет сохранить высокую пищевую и лечебно-профилактическую ценность в течение шести месяцев (Причко, 2015, Чугунова, 2019, Haffner, 2002). После заморозки или недлительного хранения имеет место незначительное снижение витамина С (на 15...26%), катехинов (2,5...10,0%), антоцианов (4...10%) (Причко, 2015). В условиях нашего региона длительное потребление витаминной продукции возможно только в виде замороженных плодов и ягод. Поэтому приступая к селекционной работе, наряду с другими критериями необходимо выявить сорта, плоды которых сохраняют питательную ценность в процессе хранения.

Целью исследования стало проведение сравнительной оценки сортов малины обыкновенной, традиционного и ремонтантного типа плодоношения разных сроков созревания, по биохимическому составу плодов и выделение лучших по изучаемым компонентам.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительную характеристику имеющимся сортам и отборным формам малины традиционного и ремонтантного типа плодоношения по питательной ценности.

2. Сравнить питательную ценность плодов малины ремонтантного типа плодоношения при различных сроках сбора.

3. Выделить лучшие сорта по питательной ценности.

Материалы, методы и объекты исследований

Объектом исследования послужили сорта и отборные формы малины красной (*Rubus idaeus* L.) коллекционных участков СИФИБР СО РАН и КФХ Иркутского. В работе были исследованы плоды сортов малины с традиционным типом плодоношения (Колокольчик и Патриция) и плоды малины с ремонтантным типом плодоношения сортов: Евразия, Пингвин, Золотые купола, Оранжевое чудо, Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье, Шапка Мономаха, Геракл, Жар птица, Брянское диво, Недосыгаемая и формы: 32-151-1, 37-15-4, 1-220-1, 7-X-11 и 16-136-6. Исследования проводили согласно программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Седов, Огольцова, 1999, Седов, 1995, Рязанова, 2013).

Плоды малины летней анализировались в один срок (начало июля). Образцы для исследования плодов ремонтантной малины отбирали в начале созревания (начало августа) и конце плодоношения (конец сентября). Собирали их в солнечный день, через несколько дней после полива или дождя, ближе к полудню, после испарения утренней росы в емкости из пластика объемом 1000 мл. Плоды постепенно охлаждали до температуры +4...+6°C в течение 2...4 часов, затем плоды быстро замораживали (в климатической камере МКТ фирмы Binder) при температуре -35°C, при постоянной циркуляции воздуха, слоем толщиной 3...4 см. Замороженную малину укладывали в пластиковые контейнеры массой 250 г, герметично упаковывали и хранили в низкотемпературных холодильных камерах при температуре -20°C (Неменуцкая, 2009). Экспертизу проводили у плодов одинакового срока хранения (1 месяц).

Определение сахаров проводили на жидкостном хроматографе SHIMADZU, тип Prominence, оснащенный рефрактометрическим детектором RID-20A. Определение витаминов проводили на жидкостном хроматографе «Agilent G 1322», оснащенный флуориметрическим и диодно-матричным детекторами. Для приготовления растворов и элюентов использовали деионизированную воду, полученную на установке AquaMAXUltra и ацетонитрил 0-го сорта. Определение тяжелых металлов проводили методом атомной абсорбции на спектрофотометре SHIMADZU AA-7000, согласно принятым стандартам (ГОСТ Р 54635-2011, ГОСТ 25999-83, ГОСТ Р 50479-93, ГОСТ Р 54634-2011, ГОСТ Р ЕН 14130-2010, ГОСТ 32167-2013, ГОСТ30178-96, ГОСТ 27997-88). Все исследования проводили в трехкратной биологической и трехкратной аналитической повторности.

Статистическую обработку результатов проводили по стандартной методике (Седов, 1999, Рязанова, 2013) с использованием программы Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Сахара

Основное влияние на вкусовые качества плодов малины оказывает содержание сахаров (Атрощенко, 2013). В плодах малины сахара представлены, в основном, фруктозой и глюкозой, а сахарозой в меньшей степени. Это позволяет считать плоды малины диетическими. Накопление сахаров в плодах происходит неоднородно. В начале вегетации идет интенсивное накопление фруктозы, с увеличением суммы эффективных температур повышается содержание сахарозы (Янчук, 2014). В регионе исследования активное накопление сумм эффективных температур выше 10°C, необходимых для плодообразования и влияющих на качество плодов, приходится на период с июня по

август. В 2019 и 2020 годах сложились благоприятные условия для формирования растениями урожая. По сравнению с многолетними данными в 2020 году отмечался недостаток осадков в июне (23 мм), который восполнялся регулярными поливами. При накоплении активных температур разница по годам незначительная. Летние месяцы отличались высокими среднесуточными температурами (16,7 и 17,0 в июне, 19,7 и 19,9 в июле и 16,7 и 17,0°C в августе). Известно, что существует сильная корреляция между уровнем содержания химических веществ и погодными условиями в период созревания урожая (Евдокименко, 2012). Поэтому можно сказать, что высокие температуры способствовали накоплению сахаров, а обильные осадки не благоприятствовали этому, содержание сахаров и характеру их накопления в плодах по годам исследования не имеют значительных отклонений. По итогам оценки, полученных результатов установлено, что плоды ремонтантного типа плодоношения осеннего сбора урожая по накоплению фруктозы превосходят плоды летнего сбора, в среднем почти на 4%. С глюкозой наблюдаем обратный результат. Плоды летнего сбора содержат в среднем на 5,6% глюкозы больше, чем осеннего сбора. Содержание сахарозы колеблется незначительно (рисунок 1). Среднее содержание общих сахаров у плодов ремонтантной малины составило 6,12%, традиционной – 5,42%.

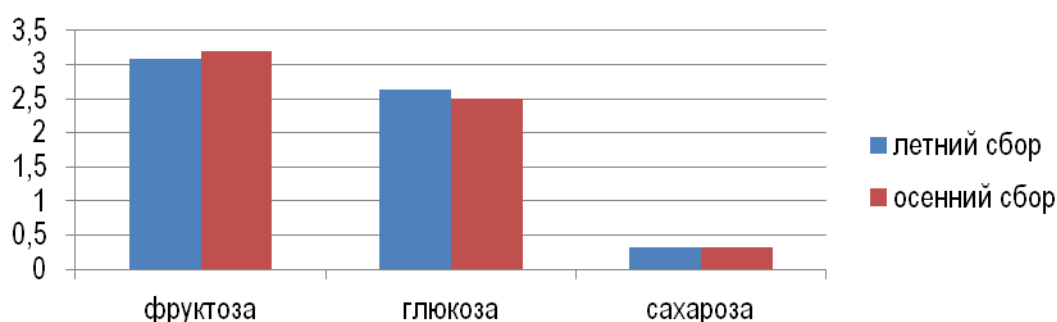


Рисунок 1 – Сравнение содержания сахаров в малине ремонтантного типа плодоношения летнего и осеннего сбора, %

Среди ремонтантной малины выделяются сорта, плоды которых содержат более высокое количество моносахаров: Рубиновое ожерелье, Недосыгаемая и формы 7-X-11 (от 4...5%) каждого из компонентов). Низкое содержание (менее 2%) – наблюдается у плодов сорта Евразия. Содержание дисахарида (сахарозы) минимальное от 0,2% у плодов формы 7-X-11 и сортов: Оранжевое чудо, Рубиновое ожерелье, Недосыгаемая. Максимальное содержание – до 0,4% выявлено у плодов сортов: Жар птица, Бриллиантовая и формы 37-15-4 (таблица 1). Плоды сорта Бриллиантовая и 37-15-4 получили высокий балл (около 4,5) при органолептической оценке вкусовых качеств (Киселева и др., 2020).

По содержанию суммы сахаров в плодах выделяются сорта ремонтантной малины Рубиновое ожерелье (на 48% выше среднего показателя), Недосыгаемая (на 54%), Брянское диво (на 16%), и форма 7-X-11 (на 38%). Наименьший показатель сахаристости в плодах сорта Евразия (на 40% ниже среднего показателя).

При сравнении плодов малины ремонтантного и традиционного типа плодоношения содержание фруктозы и глюкозы в среднем выше у ремонтантных сортов на 8-14 %. По содержанию сахарозы существенных отличий нет (рисунок 2).

Плоды сорта Патриция можно отметить, как содержащие большее количество сахаров, чем плоды сорта Колокольчик.

В итоге можно сказать, что в плодах малины сортов ремонтантного типа плодоношения у всех сроков созревания в составе сахаров преобладает фруктоза.

Таблица 1 – Среднее содержание сахаров в плодах малины, разных сроков созревания, %

Сорт	Фруктоза		Глюкоза		Сахароза	
	Летний сбор	Осенний сбор	Летний сбор	Осенний сбор	Летний сбор	Осенний сбор
Пингвин	2,32	2,38	2,24	2,10	0,34	0,36
Евразия	2,10	1,80	1,60	1,24	0,27	0,23
Геракл	2,34	2,29	2,07	1,98	0,36	0,40
Жар птица	2,58	2,82	2,93	2,27	0,36	0,45
Бриллиантовая	3,19	3,44	2,69	2,49	0,38	0,42
Оранжевое чудо	2,65	3,04	2,27	2,50	0,29	0,20
Золотые купола	2,14	2,81	2,04	1,95	0,32	0,36
Рубиновое ожерелье	4,55	5,18	4,07	4,24	0,26	0,20
Шапка Мономаха	2,78	2,63	2,35	2,00	0,40	0,36
Брянское диво	3,69	4,15	2,80	2,60	0,36	0,40
37-15-4	3,67	3,55	2,70	2,31	0,40	0,44
1-220-2	2,36	2,43	2,19	2,21	0,24	0,30
32-151-1	2,82	2,54	2,33	2,10	0,35	0,38
7-X-11	4,05	-	4,00	-	0,22	-
Недосягаемая	5,00	-	4,02	-	0,24	-
16-136-6	3,47	-	2,32	-	0,38	-
Колокольчик	2,49	-	2,01	-	0,33	-
Патриция	3,12	-	2,50	-	0,38	-
НСР ₀₅	0,43	0,42	0,32	0,24	0,07	0,09

По сладости фруктоза имеет коэффициент 1,73 (в то время как сахароза 1,0, а глюкоза 0,75). Количественное содержание фруктозы определяет сладость плодов. Сладость один из основных критериев оценки вкусовых качеств ягод.

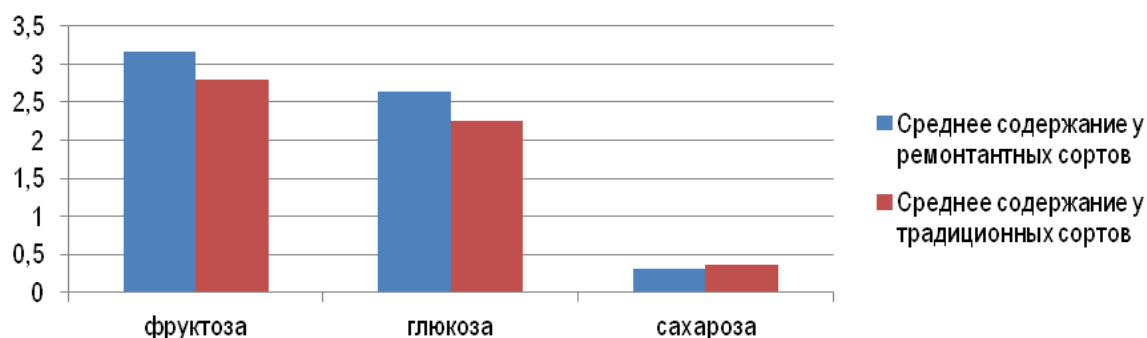


Рисунок 2 – Сравнение среднего содержания сахаров в малине ремонтантного и традиционного типов плодоношения сбора, %

По результатам исследования плоды малины ремонтантной, в частности осеннего сбора, можно охарактеризовать как диетически ценные. Особенно выделяются сорта Рубиновое ожерелье, Недосягаемая и форма 7-X-11. При создании модели сорта эти сорта будут учтены для сохранения и преумножения данной характеристики. В работах исследователей (Евдокименко, 2008; Евдокименко, 2012) так же были выделены сорта Рубиновое ожерелье и Недосягаемая с наибольшим содержанием сахаров. Существенных отличий по накоплению сахаров с данными исследованиями нет. Также не отмечено кардинальных различий по содержанию моно- и дисахаридов в малине в других работах (Акимова и др., 2020).

Витамины

Роль витаминов велика в обменных процессах, протекающих в организме. В большем количестве организму необходимы витамины С, Е и РР. Витамин С незаменим в обмене веществ, важен для функционирования соединительной и костной ткани (Naidu, 2003). Витамин Е оказывает влияние на все виды обменных процессов в организме участвует в процессах циркуляции и свертываемости крови, в синтезе гормонов, в формировании коллагеновых волокон, в биосинтезе белков и развитии плаценты (Хацкевич, 2003). Витамин РР важен в жировом, углеводном и белковом обмене клеток, регулирует окислительно-восстановительные процессы в организме (Хацкевич, 2003).

По результатам исследования можно сказать, что плоды малины являются источником витаминов С, Е и РР (таблица 2).

Таблица 2 – Среднее содержание витаминов в плодах малины

Наименование	Содержание витаминов, мг/100г					
	А	В1	В2	С	Е	РР
Малина ремонтантная	0,02	Менее 0,01	0,01	8,24	0,23	0,26
Малина летняя	0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	7,31	0,18	0,19
НСР ₀₅	0,008	0,004	0,004	0,067	0,065	0,032

Плоды малины с традиционным типом плодоношения по содержанию витаминов значительно уступает сортам малины с ремонтантным типом плодоношения (таблица 2) Содержание витамина С ниже на 12,7 %, витамина Е на 27,7 %, витамина РР на 36,8 % в плодах традиционной малины по сравнению с ремонтантной (таблица 3).

Таблица 3 – Среднее содержание витаминов С, РР и Е в плодах разных сроков созревания, мг/100 г

Сорт	Витамин С		Витамин Е		Витамин РР	
	Летний сбор	Осенний сбор	Летний сбор	Осенний сбор	Летний сбор	Осенний сбор
Пингвин	6,19	6,22	0,21	0,27	0,29	0,25
Евразия	7,21	6,51	0,24	0,24	0,20	0,22
Геркулес	6,18	6,24	0,17	0,18	0,19	0,22
Жар птица	6,18	6,23	0,37	0,39	0,37	0,39
Бриллиантовая	12,11	11,35	0,25	0,24	0,30	0,31
Оранжевое чудо	8,14	8,21	0,31	0,30	0,28	0,30
Золотые купола	7,43	7,19	0,20	0,20	0,31	0,30
Рубиновое ожерелье	11,14	9,06	0,30	0,30	0,35	0,33
Шапка Мономаха	7,18	7,13	0,22	0,19	0,21	0,19
Брянское диво	7,34	7,50	0,21	0,20	0,27	0,28
37-15-4	13,10	11,14	0,31	0,29	0,42	0,37
1-220-2	10,12	10,10	0,27	0,24	0,34	0,32
32-151-1	7,14	7,39	0,24	0,25	0,30	0,34
7-Х-11	7,18	7,24	0,27	0,28	0,26	0,28
Недосыгаемая	6,78	6,99	0,26	0,27	0,27	0,29
16-136-6	7,14	7,19	0,22	0,23	0,19	0,21
Колокольчик	7,29	-	0,19	-	0,17	-
Патриция	7,33	-	0,16	-	0,20	-
НСР ₀₅	1,93	1,86	0,037	0,032	0,043	0,037

В среднем, большинство сортов ремонтантной малины летнего сбора содержат витамина С ненамного, но выше (особенно выделяется сорт с большим содержанием витамина С в летнем сборе – Рубиновое ожерелье (11,14 и 9,8 мг/100г) и форма 37-15-4 (13,10 и 11,4 мг/100г)). Содержание других витаминов по срокам сбора колеблется незначительно. С наибольшим содержанием витамина С в плодах можно выделить сорта: Бриллиантовая (11,35 и 12,11 мг/100г), Рубиновое ожерелье (9,06 и 11,4 мг/100г), формы: 37-15-4 (11,4 и 13,1 мг/100г) и 1-220-1 (10,11 мг/100г). Высокое содержание витаминов: Е и РР (0,37 и 0,39 мг/100г) отмечено у сорта Жар птица. Традиционные сорта Патриция и Колокольчик по содержанию витаминов равнозначны.

Плоды малины традиционного типа плодоношения по содержанию витамина С существенно не отличаются от большинства сортов малины ремонтантной. Отмечены ремонтантные сорта со наибольшим содержанием витамина С в плодах: Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье и форма 37-15-4. В большинстве, содержание витамина С у ремонтантных сортов по срокам сбора отличается незначительно, кроме сорта Рубиновое ожерелье и формы 34-15-4. По содержанию витаминов Е, РР, А, В1 и В2, малина, выращенная в условиях Южного Предбайкалья, существенно не отличается от малины, исследуемой в Тамбовской области (Акимова и др. 2020). По содержанию витамина С имеются существенные различия, но они входят в диапазон допустимых потерь после заморозки плодов.

Микроэлементы

Микроэлементы значимые химические вещества, влияющие на слаженность работы многих процессов в организме. Они необходимы для кроветворения, процессов обмена кислородом (дыхания), нормального синтеза различных гормонов.

По результатам исследования выделяются сорта с относительно высоким содержанием кальция в плодах: Пингвин, Геракл, Оранжевое чудо, Колокольчик, форма 16-136-6. Высокое содержание железа в образцах отмечено у сортов: Жар птица, Рубиновое ожерелье и форм 37-15-4 и 1-220-1. Цинком богаты плоды сорта: Евразия, Жар птица, Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье, Недосягаемая и формы: 37-15-4, 1-220-1, 32-151-1, 7-Х-11. Марганцем и медью богаты плоды сортов Жар птица, Рубиновое ожерелье и Недосягаемая (таблица 4).

Самое низкое содержание меди, марганца и цинка в плодах отмечено у сортов: Шапка Мономаха и Брянское диво. Желтоплодные сорта: Оранжевое чудо и Золотые купола отмечены пониженным содержанием железа. Плоды формы 37-15-4 содержат небольшое количество кальция.

Сорта малины традиционной уступают ремонтантной по содержанию марганца, меди, цинка, железа, но превосходят по содержанию кальция (особенно выделяется сорт Колокольчик). Традиционные сорта малины по содержанию большинства из исследуемых микроэлементов равнозначны. Наблюдается небольшое различие по содержанию кальция в сторону увеличения у сорта Колокольчик.

В содержании микроэлементов в плодах у малины ремонтантной по срокам созревания существенных изменений не наблюдается.

В результате анализа функциональной ценности были отмечены сорта с наибольшей питательной ценностью (таблица 5).

При создании модели сорта для южного Предбайкалья необходимо учесть сорта с высокой питательной ценностью. Среди них можно отметить сорта: Жар птица (повышенное содержание трех микроэлементов, сахарозы и витаминов А, В1, В2, Е, РР); Недосягаемая (повышенное содержание трех микроэлементов, фруктозы, глюкозы и

витамина А); Рубиновое ожерелье (повышенное содержание трех микроэлементов, фруктозы, сахарозы и витамина С) (таблица 5).

Таблица 4 – Среднее содержание микроэлементов в плодах малины разных сроков созревания, мг/кг

Сорт	Медь		Марганец		Цинк		Железо		Кальций	
	Летний	Осенний	Летний	Осенний	Летний	Осенний	Летний	Осенний	Летний	Осенний
	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор	сбор
Пингвин	1,71	1,73	2,24	2,22	2,00	1,96	12,09	11,72	430,1	421,7
Евразия	1,74	1,77	2,31	2,45	2,02	2,05	14,21	13,51	356,4	380,3
Геракл	1,61	1,63	2,15	2,14	1,81	1,77	11,48	11,64	403,7	401,8
Жар птица	1,97	1,82	2,43	2,41	2,12	2,10	16,10	16,13	356,7	331,9
Бриллиантовая	1,63	1,79	2,33	2,33	2,15	2,15	13,12	14,32	351,5	360,4
Оранжевое чудо	1,58	1,58	2,16	2,10	1,93	1,96	8,14	8,21	425,3	413,3
Золотые купола	1,62	1,54	2,05	2,03	1,96	1,83	7,43	7,19	410,1	407,2
Рубиновое ожерелье	1,80	1,85	2,31	2,36	2,17	2,15	14,17	15,26	374,3	352,3
Шапка Мономаха	1,58	1,57	2,22	2,18	1,70	1,71	12,48	12,23	410,3	407,9
Брянское диво	1,72	1,61	2,20	2,18	1,68	1,66	12,30	11,87	420,2	422,2
37-15-4	1,84	1,73	2,20	2,22	2,10	2,11	15,80	16,14	289,3	306,2
1-220-2	1,68	1,94	2,20	2,31	2,15	2,18	15,12	14,10	364,2	377,4
32-151-1	1,85	1,75	2,33	2,30	2,03	2,02	12,18	12,39	401,4	418,5
7-Х-11	1,71	-	2,25	-	2,04	-	13,18	13,22	327,7	333,5
Недосягаемая	1,83	-	2,42	-	2,02	-	12,88	12,96	396,6	398,6
16-136-6	1,53	-	2,01	-	1,68	-	7,14	7,19	420,1	425,2
Колокольчик	1,55	-	2,02	-	1,71	-	7,29	-	412,9	-
Патриция	1,56	-	2,03	-	1,69	-	7,33	-	404,6	-
Среднее содержание у ремонтантных сортов	1,70	1,71	2,23	2,24	1,95	2,00	12,31	12,58	386,3	387,94
Среднее содержание у традиционных сортов	1,56	-	2,03	-	1,70	-	7,31	-	408,8	-
НСР ₀₅	0,178	0,187	0,093	0,091	0,078	0,066	0,864	0,963	23,25	37,34

Таблица 5 – Лучшие сорта по биохимическим показателям

Сорт	Функциональная ценность			Количество превышающих показателей (показатели)
	сахаров	витаминов	микроэлементов	
Жар птица	+	+	+	5 (медь, марганец, цинк, сахара, витамины А, В1, В2, Е, РР)
Рубиновое ожерелье	+	+	+	5 (медь, марганец, цинк, фруктоза, сахара, витамин С)
Недосягаемая	+	+	+	5 (медь, марганец, цинк, фруктоза, глюкоза, витамин А)

Заключение

Большинство сортов малины ремонтантной не отличается по содержанию сахаров и витаминов в плодах от малины летнего срока созревания.

Содержание витамина С в плодах у большинства ремонтантных сортов по срокам сбора отличается незначительно, кроме сортов: Евразия, Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье и формы 37-15-4, где превышение витамина в летних сборах колеблется от 6 до 23%.

Сорт Жар птица выделяется более высоким содержанием витаминов Е и РР в образцах по сравнению с исследуемыми сортами и формами. Повышенное содержание витамина С отмечено у сортов Бриллиантовая, Рубиновое ожерелье, формы: 37-15-4 и 1-220-1.

По количеству железа, марганца, цинка и меди отмечены плоды сортов Жар птица и

Рубиновое ожерелье. Высокое содержание кальция – Пингвин, Геракл, Оранжевое чудо, Колокольчик, форма 16-136-6.

Благодарности

Благодарность выражается ЦКП «Биоаналитика» и ЦКП «Биоресурсный центр» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск, Россия) за возможность использования в исследованиях оборудования и коллекционного материала. Авторы выражают благодарность коллективу информационного отдела СИФИБР СО РАН, оказавшим содействие в подготовке перевода статьи. Выражается признательность лаборатории токсикологии ФГБУ «Иркутская МВЛ», за помощь в исследовании биохимического состава плодов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 220-232. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>
2. Атрощенко Г.П., Щербакова Г.В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов ремонтантной малины в условиях Ленинградской области // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2013. № 4. С 1-5. URL: <https://journal-vniispk.ru/pdf/2013/4/3.pdf>
3. ГОСТ Р 54635-2011 Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с.
4. ГОСТ 25999-83 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витаминов В1 и В2. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с.
5. ГОСТ Р 50479-93 Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина РР. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.
6. ГОСТ Р 54634-2011 Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
7. ГОСТ Р ЕН 14130-2010 Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.
8. ГОСТ 32167-2013 Мед. Метод определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2018. 17 с.
9. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с.
10. ГОСТ 27997-88 Корма растительные. Методы определения марганца. М.: Стандартинформ, б.г., 7 с.
11. Евдокименко С.Н., Никулин А.Ф., Бохан И.А. Оценка сортов ремонтантной малины по биохимическим показателям ягод // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. №3. С. 1-5.
12. Евдокименко С.Н. Селекционные возможности улучшения качественных показателей плодов ремонтантных форм малины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. №1. С 26-28.
13. Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М., Камышова Л.Е. Производственно-биологическая оценка сортов ремонтантной малины в условиях юга Предбайкалья // Вестник ИргСХА. 2020. № 101. С. 31-40. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-31-40.

14. Матназарова Д.И. Биохимическая оценка ягод малины – начальный этап селекции на улучшение химического состава плодов // Вестник аграрной науки. 2019. № 6(81). С. 166-170. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.166
15. Неменушная Л.А., Степанищева Н.М., Соломатин Д.М. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции. Научный аналитический обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 172 с.
16. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В. Влияние заморозки на показатели качества ягод малины // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. № 4. С. 40-45.
17. Рязанова Л.Г., Проворченко А.В., Горбунов И.В. Основы статистического анализа результатов исследований в садоводстве: учебно-методическое пособие. Краснодар: КубГАУ, 2013. 61 с.
18. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И. Оценка сортов по химическому составу плодов // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 160-167.
19. Седов Е.Н., Седова З.А., Стрельцина С.А. Селекция на продуктивность и качество продукции. // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. Орёл: ВНИИСПК, 1995. С. 48-58.
20. Хацкевич Ю.Г. Хранение плодов и овощей. Минск: Харвест, 2003. 192 с.
21. Чугунова О.В., Заворохина Н.В., Вяткин А.В. Исследование антиоксидантной активности и ее изменения при хранении плодово-ягодного сырья Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11. С. 59-65. DOI: 10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026
22. Шарафутдинова Е.И., Данилова А.А. Перспективы селекции малины // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. 22, № 2. С. 377-380
23. Янчук Т.В., Макаркина М.А. Влияние метеорологических условий вегетационного периода на накопление сахаров и органических кислот в ягодах смородины черной // Современное садоводство. 2014. № 2. С. 62-69. URL: <https://journal-vniispk.ru/pdf/2014/2/25.pdf>
24. Haffner K., Rosenfeld H.J., Skrede G., Wang L. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres // Postharvest Biology and Technology. 2002. № 24. P. 279-289. DOI: 10.1016/S0925-5214(01)00147-8
25. Naidu K.A. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview // Nutrition Journal. 2003. № 2. P. 7. DOI: 10.1186/1475-2891-2-7.
26. Rachenko M.A., Rachenko A.M. Adaptation capabilities of apple trees in the Southern Baikal region // IOP Conference Series: Earth and Environmental. 2021. Vol. 677. P.052065. DOI:10.1088/1755-1315/677/5/052065

References

1. Akimov, M.Yu., Bessonov, V.V., Kodentsova, V.M., Eller, K.I., Vrzhesinskaya, O.A., Beketova, N.A., Kosheleva, O.V., Bogachuk, M.N., Malinkin, A.D., Makarenko, M.A., Shevyakova, L.V., Perova, I.B., Rylyina, E.V., Makarov, V.N., Zhidekhina, T.V., Koltsov, V.A., Yushkov, A.N., Novotortsev, A.A., Bryksin, D.M., & Khromov, N.V. (2020). Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*, 89(4), 220-232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055> (In Russian, English abstract).
2. Atroshchenko, G.P. & Shcherbakova, G.V. (2013). Economic and biological assessment of varieties of remontant raspberries in the conditions of the Leningrad region. *Sovremennoe*

- sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 4, 1-5. <https://journal-vniispk.ru/pdf/2013/4/3.pdf> (In Russian, English abstract).
3. National Standards of the Russian Federation (2013). *Functional food products. Method of vitamin A determination (GOST R 54635-2011)*. Standartinform. (In Russian).
 4. Interstate Standard (2010). *Products of fruits and vegetables processing. Methods of determination of vitamins B₁ and B₂ (GOST 25999-83)*. Standartinform. (In Russian).
 5. National Standards of the Russian Federation (2010). *Fruit and vegetable products. Method for determination of vitamin PP (niacin) content (GOST R 50479-93)*. Standartinform. (In Russian).
 6. National Standards of the Russian Federation (2013). *Functional food products. Method of vitamin E determination (GOST R 54634-2011)*. Standartinform. (In Russian).
 7. National Standards of the Russian Federation (2012). *Foodstuffs – Determination of vitamin C by HPLC (IDT) (GOST R EN 14130-2010)*. Standartinform. (In Russian).
 8. Interstate Standard (2018). *Honey. Method for determination of sugars (GOST 32167-2013)*. Standartinform. (In Russian).
 9. Interstate Standard (2010). *Raw material and food-stuffs. Atomic absorption method for determination of toxic elements (GOST30178-96)*. Standartinform. (In Russian).
 10. Interstate Standard (2010). *Vegetable feeds. Methods for determination of manganese (GOST 27997-88)*. Standartinform. (In Russian).
 11. Evdokimenko, S.N., Nikulin, A.F., & Bokhan, I.A. (2008). Estimation of kinds of raspberry on biochemical indexes of berries. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 3, 1-5. (In Russian, English abstract).
 12. Evdokimenko, S.N. (2012). Selection practice in improving the quality indices of remontant raspberry varieties. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 1, 26-28. (In Russian, English abstract).
 13. Kiseleva, E.N., Rachenko, M.A., Rachenko, A.M., & Kamyshova, L.E. (2020). Production and biological evaluation of varieties of remontant raspberry in the conditions of the South of Pre-Baikal region. *Vestnik IrGSHA*, 101, 31-40. <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2020-101-31-40> (In Russian, English abstract).
 14. Matnazarova, D.I. (2019). Biochemical assessment of raspberry fruit is the first stage of breeding for the improvement of chemical fruit composition. *Bulletin of Agrarian Science*, 6, 166-170. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.6.166> (In Russian, English abstract).
 15. Nemenuschaya, L.A., Stepanishcheva, N.M., & Solomatin, D.M. (2009). Modern technologies of storage and processing of fruits and vegetables. Moscow: Rosinformagrotech. (In Russian).
 16. Prichko, T.G., & Droficheva, N.V. (2015). The influence of freezing on the quality of raspberries. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products*, 4, 40-45. (In Russian, English abstract).
 17. Ryazanova, L.G., Provorchenko, A.V., & Gorbunov, I.V. (2013). *Fundamentals of statistical analysis of research results in gardening: study guide*. KubGAU. (In Russian).
 18. Sedova, Z.A., Leonchenko, V.G., & Astakhov, A.I. (1999). Variety estimation for chemical composition of fruit. In E. N. Sedov & T. P. Ogoltsova (Eds.), *Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops* (pp. 160-167). VNIISPK. (In Russian).
 19. Sedov, E.N., Sedova, Z.A., & Streltsina, S.A. (1995). Breeding for productivity and product quality. In E.N. Sedov (Ed.), *Program and methods of selection fruit, berry and nut crops* (pp. 48-58). VNIISPK. (In Russian).
 20. Khatskevich, Yu.G. (2003). *Storage of fruits and vegetables*. Harvest. (In Russian).
 21. Chugunova, O.V., Zavorokhina, N.V., & Vyatkin, A.V. (2019). Research of antioxidant activity and its changes during storage of fruit and berry raw materials of the Sverdlovsk region. *Agrarian*

- Bulletin of the Urals*, 11, 59-65. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026 (In Russian, English abstract).
22. Sharafutdinova, E.I., & Danilova, A.A. (2009). Prospects for breeding raspberries. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 22(2), 377-380. (In Russian, English abstract).
23. Yanchuk, T.V., & Makarkina, M.A. (2014). Effect of meteorological conditions on sugar and organic acids accumulation in black currant berries during the vegetative period. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 2, 62-69. <https://journal-vniispk.ru/pdf/2014/2/25.pdf> (In Russian, English abstract).
24. Haffner, K., Rosenfeld, H.J., Skrede, G., & Wang, L. (2002). Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 279-289. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00147-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00147-8)
25. Naidu, K.A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, 2, 705-713. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-2-7>
26. Rachenko, M.A., & Rachenko, A.M. (2021). Adaptation capabilities of apple trees in the Southern Baikal region. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 677, 052065. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052065>