

А. М. Пашкевич, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИКРОЗЕЛЕНИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследования генотипических особенностей биохимического состава (содержание органических кислот, углеводов и фенольных соединений) микрозелени 14 сортов и гибридов капусты белокочанной разных сроков созревания: Липеньская, Катана F₁, Магнус F₁, Жнивеньская, Грeпала F₁, Белорусская, Надзея, Акварель F₁, Добрава F₁, Мара, Зимовая, Аватар F₁, Белизар F₁, Мандарин F₁. Установлено, что лидирующее положение в сортовом ряду по интегральному уровню питательной и витаминной ценности микрозелени капусты, оцениваемому по совокупности биохимических характеристик, превосходившему таковой у стандартного сорта Белорусская в 6,6 раза, принадлежало сорту Грeпала. Остальные тестируемые объекты, уступающие по данному показателю сорту Белорусская в 1,4–2,8 раза, отставали от сорта Грeпала в 9–18 раз.

Ключевые слова: капуста белокочанная, сорта, микрозелень, биохимический состав, органические кислоты, углеводы, биофлавоноиды, дубильные вещества.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с постоянно возрастающим в последние годы спросом у населения республики на продукцию микрозелени овощных культур как источника широкого спектра полезных веществ весьма перспективным является использование в этих целях капусты белокочанной. Вместе с тем информация о биохимическом составе микрозелени промышленных сортов данной культуры представляется явно недостаточной и ограничивается весьма узким набором его характеристик. В связи с этим особую актуальность обретает выявление сортов капусты, микрозелень которых обладает наиболее высокой питательной и витаминной ценностью, обусловленной значительным накоплением сухих, дубильных и пектиновых веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, основных групп биофлавоноидов – собственно антоцианов, лейкоантоцианов, катехинов, флавонолов и наиболее высоким показателем сахарокислотного индекса, определяющим вкусовые качества данной продукции.

Поскольку РУП «Институт овощеводства» располагает обширной коллекцией сортообразцов капусты белокочанной, то для выявления наиболее

перспективных из них для производства микрозелени по богатству биохимического состава на базе этой коллекции были выполнены биохимические исследования, показавшие существенное влияние генотипа растений на содержание в ней перечисленных выше соединений и позволившие выявить сорта, наиболее перспективные по интегральному уровню питательной и витаминной ценности данной продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены с образцами микрозелени 14 сортов и гибридов капусты белокочанной разных сроков созревания: ранних – Липеньская, Катана F₁, Магнус F₁, среднеранних – Жнивеньская, Гrepала F₁, среднепоздних – Белорусская, Надзея, Акварель F₁, Добрава F₁ и поздних – Мара, Зимовая, Аватар F₁, Белизар F₁, Мандарин F₁, полученных в одинаковых контролируемых условиях защищенного грунта в сентябре 2020 г. на торфяном субстрате при использовании светодиодного освещения. В качестве эталонного объекта был принят районированный среднепоздний сорт Белорусская.

Исследование биохимического состава образцов микрозелени капусты белокочанной осуществляли в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 28561-90 [5]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4].

В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [2]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [1]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [4]; суммы 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 [7]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [3, 4]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [4]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [6].

Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программы Microsoft Office Excel 2007. Выявление наиболее перспективных для производства микрозелени сортов капусты белокочанной, характеризующихся наибольшим в таксономическом ряду интегральным уровнем питательной и витаминной ценности продукции

микрозелени, осуществляли с использованием способа ранжирования объектов по совокупности анализируемых признаков, защищенного патентом [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование биохимического состава микрозелени опытных сортов капусты белокочанной показало существенную зависимость его количественных характеристик от генотипа растений. По нашим оценкам, содержание сухих веществ в исследуемых образцах варьировалось в сортовом ряду в диапазоне 5,56–7,54 % при весьма значительном содержании в сухой массе свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, составлявшем 4,85–7,41 %, 605,9–1 029,4 мг/100 г и 2 243,5–2 643,1 мг/100 г соответственно, а также растворимых сахаров, содержание которых изменялось от 3,50 до 6,68 % при соответствующих сортовых различиях показателя сахарокислотного индекса, определяемого соотношением количеств растворимых сахаров и титруемых кислот и варьировавшегося в интервале 0,5–1,2. Вместе с тем в исследуемых сортообразцах микрозелени установлены сравнительно невысокие параметры накопления пектиновых и дубильных веществ, не превышавшие 1,87–3,5 и 1,62–2,16 % соответственно.

Особый интерес в данной работе представляло исследование сортовых особенностей биофлавоноидного (Р-витаминного) комплекса опытных растений. Последние характеризовались весьма значительным содержанием этих чрезвычайно ценных в физиологическом плане биологически активных соединений, являющихся природными антиоксидантами. Их общее содержание в сухой массе микрозелени капусты варьировалось в сортовом ряду в диапазоне 2 691,6–3 656,0 мг/100 г при суммарной массовой доле антоциановых пигментов 600,9–1 051,6 мг/100 г, представленных преимущественно лейкоформами, содержание которых составляло 538,7–939,3 мг/100 г, тогда как таковое собственно антоцианов не превышало 62,2–142,2 мг/100 г. При этом исследуемые сортообразцы оказались весьма богаты флавонолами, количество которых варьировалось в сортовом ряду в диапазоне 1 397,3–2 270,7 мг/100 г. Что касается катехинов, то параметры их накопления были сопоставимы с таковыми лейкоантоцианов и изменялись от 520,0 до 670,2 мг/100 г.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков свидетельствовала об их существенной зависимости от генотипа растений. Вместе с тем влияние последнего на количественные характеристики биохимического состава микрозелени капусты оказалось весьма неоднозначным (табл. 1). При этом в большинстве случаев прослеживалась явная общность тенденций в ориентации различий с эталонным сортом в содержании анализируемых соединений на фоне заметных генотипических различий степени их выразительности. Так, у большинства либо у всех тестируемых сортов капусты выявлена активизация накопления, по сравнению с сортом Белорусская, свободных органических кислот на 12–22 %, сухих, пектиновых веществ и дубильных веществ – соответственно на 6–35 %, 8–63 и 4–19 %, катехинов – на 6–23 % и флавонолов – на 16–44 % при преимущественно более

138
Таблица 1 – Относительные различия опытных сортов капусты белокачанной с эталонным сортом Белорусская по содержанию действующих веществ в сухом веществе микрозелени, %

Показатели	Липеньская	Катана F ₁	Магнус F ₁	Жнивьеская	Грепала F ₁	Надзья	Акварель F ₁	Добрава F ₁	Мара	Зимовая	Аватар F ₁	Белизар F ₁	Мандарин F ₁
Сухие вещества	+21,1	+23,3	+34,9	–	–	–	+11,6	+23,6	–	+21,5	+6,3	+10,9	+14,0
Свободные органические кислоты	–	+14,4	+21,7	+17,7	+11,8	–	–	–20,4	+16,4	–	–5,7	–	–
Аскорбиновая кислота	–16,4	–32,7	–15,3	–6,0	+6,8	–6,5	–25,3	–33,7	–	–27,7	–21,6	+12,7	–19,9
Гидрооксикоричные кислоты	–9,4	–9,4	–3,7	–14,7	–3,6	–15,1	–	–	–12,3	–11,5	–6,4	–9,8	–11,9
Растворимые сахара	+6,0	+17,6	–35,4	–38,4	+2,6	–32,6	–14,8	–	–9,0	–3,2	–6,2	–32,6	–20,6
Сахарокислотный индекс	–	–	–44,4	–44,4	–	–33,3	–11,1	+33,3	–22,2	–	–	–33,3	–22,2
Пектиновые вещества	+18,7	+56,2	+36,9	+31,0	+8,0	+13,4	+18,2	+54,5	+54,5	+48,1	+58,8	+59,4	+63,1
Собственно антоцианы	+10,8	–8,8	–	–12,2	–	+14,1	+5,3	+40,4	+5,3	–12,2	–	–38,6	–26,3
Лейкоантоцианы	–	–38,9	–13,3	–38,5	–6,4	–30,2	–39,2	–25,6	–38,0	–33,6	–28,9	–41,9	–37,0
Сумма антоциановых пигментов	–	–35,9	–12,4	–35,9	–5,6	–25,8	–34,8	–19,1	–33,7	–31,5	–25,8	–41,6	–35,9
Катехины	–4,3	–4,3	+15,2	+6,4	+8,5	+6,4	+14,9	+19,2	+17,0	+19,2	+23,4	+21,3	+14,9
Флавонолы	–11,1	–	–8,7	+28,1	+33,3	+22,2	–11,1	–11,1	–7,4	+44,4	+16,3	–	+28,1
Сумма биофлавоноидов	–5,6	–12,5	–5,8	+3,4	+16,3	+3,8	–14,4	–8,5	–11,8	+15,2	+3,7	–9,9	+4,9
Дубильные вещества	–13,4	–10,2	+12,3	–12,3	+15,5	+4,3	+4,3	+18,7	–4,3	+7,0	–2,1	+9,1	+4,3

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным сортом при $P < 0,05$.

низком содержании аскорбиновой кислоты – на 6–34 %, гидроксикоричных кислот – на 4–15, растворимых сахаров – на 3–38, лейкоантоцианов и суммарного количества антоциановых пигментов – на 6–42 %, а также при более низких (на 11–44 %) значениях сахарокислотного индекса. При этом в сортовом ряду выявлены неоднозначные различия с эталонным объектом в содержании собственно антоцианов и общем количестве биофлавоноидов.

На основании сопоставления относительных различий тестируемых сортов капусты с эталонным сортом Белорусская по биохимическим характеристикам микрозелени были выявлены таксоны с наибольшими и соответственно наименьшими параметрами накопления исследуемых соединений, относящихся к разным классам химических соединений (табл. 2). Как видим, лидирующее положение в накоплении сухих веществ и титруемых кислот принадлежало сорту Магнус, аскорбиновой кислоты – сорту Белизар, гидроксикоричных кислот, содержание которых было сопоставимо с таковым у сорта Белорусская, – сортам Акварель и Добрава, растворимых сахаров – сорту Катана при наиболее высоком значении сахарокислотного индекса у сорта Добрава, отмеченного также наиболее активным накоплением дубильных веществ. Максимальным содержанием пектинов, более чем на 50 % превышавшим эталонный уровень, характеризовались сразу шесть сортов капусты: Катана, Добрава, Мара, Аватар, Белизар и особенно Мандарин. Наиболее же богатыми биофлавоноидами оказались сорта Гrepала и Зимовая, в том числе антоциановыми пигментами, представленными преимущественно лейкоформами, – сорт Липеньская, обладавший сходными с эталонным сортом параметрами их накопления, катехинами – сорта Аватар и Белизар, тогда как флавонолами – сорт Зимовая.

Наряду с этим выявлены опытные объекты с минимальным содержанием исследуемых соединений, характеризовавшиеся наибольшим отставанием в их накоплении от эталонного сорта. Так, наименьшим содержанием сухих веществ, сопоставимым с таковым у сорта Белорусская, были отмечены четыре сорта капусты – Жнивеньская, Гrepала, Надзея и Мара, дубильных веществ – сорт Липеньская, свободных органических и аскорбиновой кислот – сорт Добрава, а во втором случае также сорт Катана. Минимальное содержание растворимых сахаров при наименьшем в таксономическом ряду показателе сахарокислотного индекса установлено у сортов Магнус и Жнивеньская, тогда как наименее обеспеченной пектиновыми веществами оказалась микрозелень эталонного сорта Белорусская, поскольку все тестируемые объекты превосходили его по данному показателю. Наименьшим суммарным содержанием биофлавоноидов был отмечен сорт Акварель, в том числе общим количеством антоциановых пигментов, как и лейкоантоцианов – сорта Катана, Жнивеньская, Белизар и Мандарин, причем во втором случае к ним были отнесены также сорта Акварель и Мара. Минимальным накоплением собственно антоцианов характеризовался сорт Белизар, катехинов – сорта Катана и Липеньская, второй из которых, наряду с сортами Акварель и Добрава, обладал также наименьшим содержанием флавонолов.

Таблица 2 – Сорта капусты белокочанной с наибольшим (max) и наименьшим (min) содержанием органических соединений в сухом веществе микрозелени

Показатели	Липень- ская	Ката- на F ₁	Маг- нус F ₁	Жни- вень- ская	Грепа- ла F ₁	Надзья	Аква- рель F ₁	Добра- ва F ₁	Мара	Зимо- вая	Аватар F ₁	Бели- зар F ₁	Ман- дарин F ₁
Сухие вещества			max										
Свободные орга- нические кислоты			max					min					
Аскорбиновая кислота		min						min				max	
Гидрооксикорич- ные кислоты						min							
Растворимые сахара		max	min	min									
Сахарокислотный индекс			min	min				max					
Пектиновые вещества		max						max	max		max	max	max
Собственно антоцианы								max				min	
Лейкоантоцианы		min		min			min		min			min	min
Сумма антоциа- новых пигментов		min	min	min								min	min
Катехины	min	min									max	max	
Флавонолы	min						min	min		max			
Сумма биофлаво- ноидов					max		min			max			
Дубильные вещества	min							max					

Нетрудно убедиться в существенной зависимости параметров накопления исследуемых соединений в микрозелени капусты, а следовательно, и ее биохимического состава в целом от генотипа растений. К примеру, около половины опытных объектов уступали эталонному сорту Белорусская в содержании наиболее ценных компонентов – биофлавоноидов, обладающих выраженным Р-витаминным действием (см. табл. 1). Различия темпов биосинтеза основных групп данных соединений в микрозелени тестируемых сортов заметно отразились на их долевым участии в составе Р-витаминного комплекса, доминирующее положение в котором принадлежало флавонолам. Как следует из таблицы 3, относительная доля последних в составе данного комплекса варьировалась в сортовом ряду в диапазоне значений от 47–49 % у сортов Липеньская, Магнус и Добрава до 61–63 % у сортов Жнивеньская, Зимовая и Мандарин. За ними следовали антоциановые пигменты, представленные в основном лейкоформами, с долевым участием в составе биофлавоноидного комплекса от 19–21 % у сортов Жнивеньская, Зимовая, Белизар и Мандарин до 30–35 % у сортов Белорусская, Липеньская и Магнус, в том числе собственно антоцианов не более 2–5 %, а лейкоантоцианов – 17–31 %. Наименьшей же относительной долей в составе Р-витаминного комплекса микрозелени капусты, не превышавшей 16–23 %, характеризовались катехины при минимальных значениях данного показателя у сортов Белорусская и Греспала и максимальных – у сортов Акварель, Мара и Белизар.

Сравнительно широкие диапазоны варьирования в сортовом ряду долевого участия основных групп полифенолов в составе Р-витаминного комплекса микрозелени капусты свидетельствовали о существенной зависимости

Таблица 3 – Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса микрозелени капусты белокочанной, %

Таксон	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
Белорусская, стандарт	3	30	33	17	50
Липеньская	4	31	35	18	47
Катана F ₁	3	21	24	19	57
Магнус F ₁	3	27	30	21	49
Жнивеньская	3	17	20	18	62
Греспала F ₁	3	24	27	16	57
Надзея	3	20	23	18	59
Акварель F ₁	4	21	25	23	52
Добрава F ₁	5	24	29	22	49
Мара	4	21	25	23	52
Зимовая	2	17	19	18	63
Аватар F ₁	3	20	23	21	56
Белизар F ₁	2	19	21	23	56
Мандарин F ₁	2	18	20	19	61

соотношения их количеств от генотипа растений, причем у большинства тестируемых объектов выявлено заметное сходство в направленности изменений данного соотношения относительно сорта Белорусская, принятого за эталон сравнения. Так, ослабление по сравнению с ним на 3–14 % роли антоциановых пигментов в составе биофлавоноидного комплекса, наблюдаемое почти у всех тестируемых сортов, но особенно значительное у позднеспелых, было сопряжено с усилением таковой флавонолов и в меньшей степени катехинов – на 2–13 % и 1–6 % соответственно.

Исходя из вышеизложенного, нетрудно убедиться, что генотип растений оказывал существенное, причем неоднозначное влияние на накопление в микрозелени капусты органических соединений. Как следует из таблицы 1, из 14 исследуемых биохимических характеристик опытных объектов превышением эталонного уровня, установленного для сорта Белорусская, характеризовались от 4 до 8 показателей. Лидирующее положение по числу позитивных сдвигов принадлежало сорту Грeпала, тогда как наименьшим их количеством были отмечены сорта Липеньская, Катана и Мара. Отставанием же от эталонного уровня характеризовались от 3 до 8 показателей при наибольшем их количестве у сорта Жнивеньская и наименьшем – у сорта Грeпала.

Вместе с тем относительные размеры отклонений от эталонного сорта Белорусская в содержании исследуемых соединений разной химической природы существенно различались между собой, что не позволяло дать объективную оценку степени преимуществ того или иного сорта капусты в плане улучшения биохимического состава его продукции по совокупности признаков. В связи с этим и в соответствии с разработанным Ж. А. Рупасовой с соавт. способом ранжирования объектов по совокупности признаков [8] у каждого тестируемого сорта капусты было осуществлено суммирование относительных размеров положительных и отрицательных расхождений тестируемых объектов с эталонным сортом Белорусская по 14 количественным характеристикам биохимического состава образцов микрозелени (табл. 4). По величине амплитуды выявленных различий можно было дать оценку степени изменений качественного состава производимой продукции в ту и иную сторону, тогда как на основании кратного размера соотношения позитивных и негативных сдвигов в ее биохимическом составе можно было судить о степени преимуществ интегрального уровня питательной и витаминной ценности микрозелени каждого тестируемого сорта относительно друг друга, а также сорта Белорусская, приняв за единицу биохимический состав его продукции.

Как следует из таблицы 4, амплитуда выявленных отклонений от эталонного объекта по совокупности исследуемых признаков варьировалась в сортовом ряду от 117–118 % у сортов Липеньская и Грeпала до 303–321 % у сортов Мандарин, Добрава и Белизар, что свидетельствовало о значительном влиянии генотипа растений на качественный состав микрозелени тестируемых сортообразцов. При этом лишь у 4 сортов – Грeпала, Добрава, Зимовая и Аватар установлено доминирование позитивных сдвигов над негативными, что

Таблица 4 – Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий тестируемых сортов капусты с эталонным сортом Белорусская по биохимическим характеристикам микрозелени, %

Сорт	Относительные различия, %				
	Положительные	Отрицательные	Амплитуда	Положительные / отрицательные	Совокупный эффект
Липеньская	56,6	60,2	116,8	0,94	–3,6
Катана F ₁	111,5	152,7	264,2	0,73	–41,2
Магнус F ₁	121,0	139,0	260,0	0,87	–18,0
Жнивеньская	86,6	202,4	289,0	0,43	–115,8
Грепала F ₁	102,8	15,6	118,4	6,59	+87,2
Надзея	64,2	143,5	207,7	0,45	–79,3
Акварель F ₁	54,3	150,7	205,0	0,36	–96,4
Добрава F ₁	189,7	118,4	308,1	1,60	+71,3
Мара	93,2	138,7	231,9	0,67	–45,5
Зимовая	155,4	119,7	275,1	1,30	+35,7
Аватар F ₁	108,5	96,7	205,2	1,12	+11,8
Белизар F ₁	113,4	207,7	321,1	0,55	–94,3
Мандарин F ₁	129,3	173,8	303,1	0,74	–44,5

свидетельствовало о заметном улучшении качественного состава микрозелени этих объектов относительно сорта Белорусская, подтверждаемом также положительными значениями совокупного эффекта в пределах 12–87 %. Поскольку у сортов Липеньская и Магнус соотношение разнонаправленных сдвигов в биохимическом составе микрозелени было близко к единице, то это позволяло сделать вывод об определенной сопоставимости качества их продукции и эталонного сорта капусты. У остальных же тестируемых объектов наблюдалось преобладание отрицательных сдвигов над положительными, что однозначно свидетельствовало о более низком, чем у последнего, интегральном уровне питательной и витаминной ценности микрозелени. При этом в соответствии со снижением кратного размера соотношения положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе последней относительно сорта Белорусская тестируемые сорта капусты располагались следующим образом:

Грепала > Добрава > Зимовая > Аватар > Белорусская = Липеньская >
 Магнус > Мандарин = Катана > Мара > Белизар > Надзея >
 Жнивеньская > Акварель.

Как видим, лидирующее положение в сортовом ряду по интегральному уровню питательной и витаминной ценности микрозелени капусты, превосходившему таковой эталонного сорта в 6,6 раза, принадлежало сорту Грепала. При этом остальные тестируемые объекты, уступавшие по величине данного соотношения сорту Белорусская в 1,4–2,8 раза, отставали от лидирующего сорта в 9–18 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования генотипических особенностей биохимического состава микрозелени 14 сортов и гибридов капусты белокочанной разных сроков созревания: Липеньская, Катана F₁, Магнус F₁, Жнивеньская, Грепала F₁, Белорусская, Надзея, Акварель F₁, Добрава F₁ Мара, Зимовая, Аватар F₁, Белизар F₁, Мандарин F₁ по содержанию сухих, дубильных и пектиновых веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, основных групп биофлавоноидов – собственно антоцианов, лейкоантоцианов, катехинов, флавонолов и показателю сахарокислотного индекса, определяющему вкусовые качества данной продукции, у большинства тестируемых объектов выявлена общность тенденций в ориентации различий с эталонным сортом Белорусская по обозначенным показателям на фоне заметных генотипических различий степени их выразительности. В микрозелени большинства тестируемых сортов капусты установлена активизация накопления, по сравнению с сортом Белорусская, свободных органических кислот на 12–22 %, сухих, пектиновых веществ и дубильных веществ соответственно на 6–35 %, 8–63 и 4–19 %, катехинов – на 6–23 % и флавонолов – на 16–44 % при преимущественно более низком содержании аскорбиновой кислоты – на 6–34 %, гидроксикоричных кислот – на 4–15 %, растворимых сахаров – на 3–38 %, лейкоантоцианов и суммарного количества антоциановых пигментов – на 6–42 % и при более низких (на 11–44 %) значениях сахарокислотного индекса, а также неоднозначных различиях в содержании собственно антоцианов и общем количестве биофлавоноидов. На основании данных исследований выявлены сорта капусты с наибольшими и наименьшими параметрами накопления в микрозелени действующих веществ, относящихся к разным классам химических соединений.

При доминирующем положении флавонолов в составе Р-витаминного комплекса микрозелени опытных объектов выявлены генотипические различия в изменении соотношения его основных компонентов относительно сорта Белорусская, состоявшем в снижении на 3–14 % доли антоциановых пигментов, наиболее значительном у позднеспелых сортов и сопряженном с увеличением таковой флавонолов и в меньшей степени катехинов – на 2–13 % и 1–6 % соответственно.

Установлено, что лишь 4 сорта капусты: Грепала, Добрава, Зимовая и Аватар характеризовались заметным улучшением биохимического состава микрозелени относительно сорта Белорусская при сопоставимом с ним качестве продукции у сортов Липеньская и Магнус и более низком его уровне у остальных тестируемых объектов. В порядке снижения данного показателя опытные сорта капусты располагались следующим образом:

Грепала > Добрава > Зимовая > Аватар > Белорусская = Липеньская >
Магнус > Мандарин = Катана > Мара > Белизар > Надзея >
Жнивеньская > Акварель.

Таким образом, лидирующее положение в сортовом ряду по интегральному уровню питательной и витаминной ценности микрозелени капусты,

оцениваемому по совокупности 14 показателей и превосходившему таковой эталонного сорта в 6,6 раза, принадлежало сорту Грeпала. При этом опытные объекты, уступающие по величине данного соотношения сорту Белорусская в 1,4–2,8 раза, отставали в этом плане от лидирующего сорта в 9–18 раз.

Список использованных источников

1. 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.
2. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. ... канд. фармацевт. наук : 15.00.02 / Н. Г. Марсов. – Пермь, 2006. – С. 99–101.
3. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат. Ленинград. отд-ние, 1987. – 430 с.
5. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введен 01.01.1983. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
6. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М. : Медицина, 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. – С. 286–287.
7. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. III Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод, 27–30 сент. 1966 г. / М-во высш. и средн. спец. образ. РСФСР, Урал. лесотехн. ин-т. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
8. Способ ранжирования таксонов растения : пат. № 17648. – Ж. А. Рупасова [и др.]. – Оpubл. 08.07.2013.
9. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.

Поступила в редакцию 26 ноября 2021 г.

A. M. Pashkevich

GENOTYPIC FEATURES OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF MICROGREENS IN WHITE CABBAGE

SUMMARY

The article presents the results of a study on the genotypic features of the biochemical composition (content of organic acids, carbohydrates and phenolic compounds) of microgreens of 14 varieties and hybrids of white cabbage of different ripening periods: Lipenskaya, Katana F₁, Magnus F₁, Zhnivenskaya,

Grepala F₁, Belorusskaya, Nadzeya, Akvarel F₁, Dobrava F₁, Mara, Zimovaya, Avatar F₁, Belisar F₁, Mandarin F₁. It was found that the leading position in the varietal row in terms of the integral level of nutritional and vitamin value of the microgreens, assessed by a complex of biochemical characteristics, belonged to the Grepala variety, exceeding that of the standard Belorusskaya variety by 6.6 times. The rest of the tested objects, that were 1.4–2.8 times inferior to the Belorusskaya variety in this indicator, lagged behind the Grepala variety by 9–18 times.

Key words: white cabbage, varieties, microgreens, biochemical composition, organic acids, carbohydrates, bioflavonoids, tannins.