

Методом твердофазной микроэкстракции (ТФМЭ) и газовой хроматографии с масс селективным детектором (ГХ-МС) были исследованы на содержание летучих компонентов 27 образцов земляники разной сортовой принадлежности и степени зрелости, выращенной в Республике Беларусь. Было идентифицировано и оценено относительное содержание более 60 компонентов различной природы, в том числе сложных эфиров, терпенов и других ароматообразующих соединений. Сложные эфиры принадлежали к двум подгруппам эфиров — насыщенным и ненасыщенным эфирам. Показано, что относительное содержание эфиров зависит от степени зрелости плодов земляники: для перезрелых плодов преобладает содержание насыщенных эфиров, для незрелых — большой вклад в общее содержание эфиров вносят ненасыщенные эфиры. Соотношение содержания насыщенных эфиров к содержанию ненасыщенных эфиров может быть использовано на практике как критерий оценки зрелости ягод. В работе сделан вывод, что компонентный состав ягод земляники, определяемый с использованием метода ТФМЭ, не дает достаточных оснований для отнесения их определенному сортовому происхождению.

СОСТАВ ЛЕТУЧИХ АРОМАТОБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В БЕЛАРУСИ

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*И.М. Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук,
начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса
по качеству и безопасности пищевых продуктов;*

*В.П. Субач, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории хроматографических исследований*

Введение. Плоды земляники отличаются от других ягод не только неповторимыми вкусовыми качествами, но и специфическим приятным запахом, обусловленным испусканием из ягод при обычной температуре большого количества ароматообразующих летучих соединений. В настоящее время в землянике обнаружено около 360 соединений разных химических классов (эфиров, спиртов, кетонов, терпенов, лактонов, фуранов) [1]. Используя современные методы выделения летучих компонентов и их идентификации в одном только эксперименте может быть определено до 80-100 разных соединений, в том числе и ароматообразующих.

Наличие тех или иных соединений, найденных в пробе, зависит как от используемых методов анализа (учитывая низкие температуры кипения и легкая испаряемость, компоненты могут теряться в процессе их выделения), так и от характеристик анализируемой пробы (зрелости ягод, условий выращивания, срока и условий хранения). На основе различия в составе ароматообразующих соединений авторы многочисленных исследований делают попытки найти характерные признаки, позволяющие различать не только ботанический вид земляники, но и ее сортовую принадлежность. В статье [2] авторы убедительно показали, что по компонентному составу ароматических соединений земляника садовая (*fragaria ananasa*) может заметно отличаться от земляники лесной (*fragaria vesca*). Также обнаружено, что сорта земляники японской селекции отличаются по компонентному составу от сортов земляники садовой евро-американской селекции, выращиваемых в Китае [3].

Для оценки качества аромата по компонентному составу обычно химические соединения объединяют в группы, содержащие компоненты, близкие по влиянию на запах ягод. Одной из основных групп компонентов являются сложные эфиры, придающие плодам характерный фруктовый аромат. По данным работ [4, 5] сложные эфиры имеют содержание в землянике от 25 до 90 %. По данным вышецитируемых работ, почти все сложные эфиры относятся к насы-

ценным соединениям, т.е. спиртовая и кислотная части молекулы не содержат двойных связей. По предварительным данным, в землянике, выращиваемой в условиях климата Беларуси, содержатся не только насыщенные эфиры, но сравнительно большее количество ненасыщенных эфиров, т.е. соединений с двойными ненасыщенными связями, которые тоже могут влиять на запах ягод.

Систематического исследования земляники белорусского выращивания еще не производилось. Также нам не известны работы, в которых приводятся сведения о влиянии ненасыщенных эфиров на фруктовый аромат.

Целью данной работы и является исследование состава ароматообразующих компонентов земляники, выращенной в условиях умеренного климата Беларуси, выяснение зависимости состава сложных эфиров и других ароматообразующих компонентов от степени зрелости ягод и сортовой принадлежности растений, а также поиск наиболее перспективных сортов с точки зрения ароматических свойств ягод, пригодных для коммерческого применения.

Материалы и методы. Объекты исследования. Для исследования были использованы образцы земляники, выращенные в 2015 г. на опытном участке института плодоводства Национальной академии наук Беларуси (табл. 1). Сбор ягод для анализа осуществляли в период, когда достигли зрелости ягоды позднего срока созревания, но еще не все ягоды раннего и среднего срока были убраны. При сборе выбирались визуально ягоды красного цвета, предположительно технической степени зрелости, которые помещались в емкость с плотнозакрывающейся крышкой и передавались в лабораторию для анализа.

1.

Сорт земляники	Селекция	Срок созревания
Селвик	Польша	Неизвестный
Дукат	Польша	Среднеранний
Красный берег	Беларусь	Среднеранний
Кокинская	Россия	Ранний
Альфа	Россия	Ранний
Витязь	Россия	Средний
Флорин	Голландия	Ремонтантный
Флоренция	Англия	Среднепоздний
Соната	Голландия	Средний
Соловушка	Россия	Средний
Фестиваль	Россия	Средний
Симфония	Шотландия	Среднепоздний
Фелиция	Швеция	Среднепоздний
Сельва	США	Ремонтантный
Берегиня	Россия	Среднепоздний
Эрос	Англия	Средний
Дуэт	Россия	Среднеранний
Славутич	Россия	Средний
Сальса	Голландия	Поздний
Вима занта	Голландия	Средний
Трубадур	Россия	Поздний

Перед анализом ягоды земляники еще раз внимательно просматривались и если наблюдались для одного и того же сорта различия в оттенках цвета, образцы делили на две группы — с более интенсивным цветом (образцы типа А, более зрелые) и с менее интенсивным цветом (образцы типа В, менее зрелые). Такие небольшие различия были обнаружены для ягод шести сортов.

Экстракция компонентов. Навеска свежих ягод (10 г) помещалась в 40 мл виалу, ягоды в виале измельчались шпателем, затем виала герметически закрывалась крышкой и помещалась в во-

дьяную баню, нагретую до 40 °С. После 15 мин выдерживания в бане для установления равновесия между паровоздушной и твердо-жидкостной фазами в паровоздушное пространство виалы вставлялся шприц твердофазного миниэкстрактора с волокном, покрытым 100 µM polydimethylsiloxane (Supelco Inc., Bellefonte, USA). После 30 мин выдержки микроэкстрактор вынимался из виалы и сразу инжестировался в систему ввода газового хроматографа.

Хроматографирование экстрактов. В порту инжектора хроматомасс спектрометра Agilent Technologies 6850 / 5975B (GC-MS) волокно ТФМЭ десорбировалось при температуре 250 °С в течение 3 мин в режиме без деления потока. Для разделения компонентов использовали неполярную колонку DB-5MS (J & W Scientific Inc., Folsom, USA) (30 m X 0,25 mm i.d. X 0,25 µm film thickness). В качестве газа-носителя использовали гелий (99,999 %). Использовали следующие условия хроматографирования: температура инжектора — 250 °С; температура детектора — 280 °С; скорость потока газа-носителя (гелий) — 0,5 мл/мин. Температурная программа: начальная температура -40 °С в течение 2 мин, подъем температуры до 240 °С со скоростью 10°/мин, выдержка 8 мин. Масс спектры регистрировались в диапазоне 40-500 m/z, энергия ионизации 70 eV, температура ионного источника 200 °С, температура интерфейса 250 °С.

Обработка данных. Идентификация соединений осуществлялась сравнением экспериментальных масс спектров со спектрами библиотеки NIST (National Institute of Standards and Technology). Соединения идентифицировались на основании высокой степени подобия масс спектров и с учетом порядка выхода соединений в соответствии с индексом Ковача. Общее содержание компонентов и содержание отдельных групп компонентов рассчитывали суммированием площадей пиков отдельных компонентов. Относительное содержание отдельных компонентов и их групп рассчитывалось относительно общего содержания компонентов и выражалось в процентах от суммы площадей всех пиков, за исключением фоновых и не идентифицированных пиков [1].

Результаты и обсуждение. Общее содержание летучих компонентов. Содержание летучих компонентов в газовой фазе над поверхностью измельченных плодов зависит не только от содержания их в плодовой матрице, но и от химической природы самих компонентов. Очевидно, что полярные (гидрофильные) компоненты (кислоты, спирты) сильнее взаимодействуют с плодовой матрицей и их присутствие в газовой фазе минимально. Неполярные гидрофобные соединения (углеводороды, эфиры) слабо взаимодействуют с плодовой матрицей и их содержание в газовой фазе будет преобладать. С другой стороны, не все компоненты в газовой фазе оказывают одинаковое воздействие на органолептические рецепторы человека. Кислородсодержащие компоненты оказывают приятное ощущения, серосодержащие и аминокислотные соединения имеют неприятный запах, углеводороды, не содержащие гетероатомы имеют слабый запах органических растворителей. Отсюда следует, что даже незначительное содержание какого-либо неполярного компонента в фруктовой матрице может оказать большее влияние на аромат, чем большое содержание полярного соединения в матрице (т.е. иметь различный порог осознания).

Поэтому, в данной работе все идентифицированные летучие компоненты были разделены на несколько групп: алифатические сложные эфиры, спирты, углеводороды, кислоты, альдегиды. Поскольку углеводороды из-за их инертности и органические кислоты из-за их слабой летучести не могут существенно влиять на запах земляники, в данной работе они не обсуждаются. Не обсуждаются также альдегиды, которые являются летучими, но имеют лишь слабый аромат, характерный для любой зелени (листьев, незрелых фруктов). Основной аромат земляники могут вносить только сложные алифатические эфиры, ароматические эфиры, спирты, фурановые соединения и лактоны, как это и показано в более ранних работах.

Алифатические сложные эфиры, по данным предыдущих работ, формируют основную часть аромата земляники, так как это наиболее обильная по содержанию группа соединений с низким порогом органолептического восприятия [1]. При этом в предыдущих работах рассматривались только эфиры, имеющие насыщенные составные части, как спиртовые (метил-, этил-, гексил- и др.), так и кислотные (бутаноаты, гексаноаты и др.). Как-то авторы не обратили внимание, что наряду с насыщенными сложными эфирами среди летучих компонентов об-

наруживаются также и ненасыщенные сложные эфиры, у которых наблюдается ненасыщенность в спиртовой или кислотной части эфира. Возможно, это было связано с тем, что в условиях жаркого климата ненасыщенные эфиры в зрелых ягодах земляники отсутствуют и при анализах практически не обнаруживаются.

В данной работе компоненты, идентифицированные как сложные эфиры, были разделены на две подгруппы, а именно подгруппа насыщенных сложных эфиров и подгруппа ненасыщенных сложных эфиров, сделана оценка относительного содержания этих подгрупп в образцах земляники разных сортов и разной степени их зрелости.

Содержание насыщенных сложных эфиров. Подгруппа насыщенных сложных эфиров охватывает соединения, содержащие в качестве спиртовой части молекулы эфира группы метил (Me), этил (Et), бутил (Bu), гексил (Hex) и октил (Oct), а в качестве кислотной части молекулы эфира остатки уксусной (Ac), масляной (Bu), капроновой (Hex) и каприновой (Oct) кислот. Результаты относительного содержания отдельных компонентов подгруппы сложных насыщенных эфиров, а также суммарного относительного содержания данной подгруппы (относительно содержания всех летучих идентифицированных компонентов) приведены в табл. 2.

2.

Сорт земляники	Тип образца	Относительное содержание, % от общего содержания летучих компонентов												
		Этилбутианоат	Этилцетат	Метилгексаноат	Этилгексаноат	Гексилцетат	Метилгексаноат	Гексилбутианоат	Этилгексаноат	Октилцетат	Гексилгексаноат	Этилдеcanoат	Относительное содержание суммы эфиров	% насыщенных эфиров
Селвик		1,55	1,77	1,16	11,0	26,2	0,12	7,64	0,00	1,05	0,40	0,16	86,0	54,91
Дукат		3,13	0,00	3,81	7,18	16,8	0,12	1,48	0,00	0,28	0,34	0,13	78,2	33,96
Красный берег		0,00	0,00	2,24	2,93	42,3	0,00	0,43	0,00	0,39	0,30	0,10	87,9	49,20
Кокинская		0,00	0,00	0,90	1,19	37,8	0,00	0,21	0,00	0,22	0,10	0,09	91,8	40,88
Альфа	А	24,5	0,00	2,85	30,3	1,45	0,10	4,36	0,00	0,43	0,52	0,07	81,9	66,81
Альфа	В	4,09	0,00	2,05	5,74	20,4	0,00	1,37	0,00	0,00	0,43	0,11	76,5	34,57
Витязь	А	10,4	0,00	10,9	32,3	5,54	0,45	1,17	1,00	0,00	0,38	0,00	70,1	62,46
Витязь	В	5,10	0,00	4,21	6,57	23,8	0,19	2,25	0,00	0,00	0,65	0,00	73,5	42,97
Флорин		0,00	0,00	0,69	1,29	18,4	0,00	0,87	0,00	0,33	0,16	0,00	69,4	22,15
Флоренция		0,00	0,00	2,52	2,42	3,88	0,00	0,19	0,00	0,15	0,00	0,00	26,1	12,07
Соната		11,5	0,00	1,96	52,4	2,65	0,10	0,09	1,52	0,00	0,14	0,47	80,0	72,97
Соловушка		14,1	0,00	2,66	45,4	3,08	0,00	0,60	0,00	0,21	0,10	0,16	70,2	66,64
Фестиваль		0,00	0,00	0,00	4,47	12,5	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	76,6	17,34
Симфония		3,68	0,00	1,43	4,96	17,4	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	85,1	27,87
Фелиция	А	1,33	1,45	0,66	4,36	40,6	0,00	0,75	0,00	0,61	0,22	0,09	90,7	51,32
Фелиция	В	1,35	1,51	0,55	1,82	43,8	0,00	1,16	0,00	0,00	0,11	0,10	96,1	51,04
Сельва	А	2,21	0,00	0,38	21,1	18,3	0,06	0,30	1,90	4,40	0,20	0,12	70,4	50,43
Сельва	В	2,83	0,00	0,15	6,38	46,4	0,06	0,14	0,33	0,42	0,21	0,09	88,6	58,21
Берегиня		12,6	0,00	3,04	23,9	7,43	0,00	0,78	0,00	0,00	0,14	0,00	73,6	47,95
Эрос		14,9	0,00	1,92	22,8	5,97	0,14	1,35	0,00	1,03	0,25	0,00	85,6	48,56
Дуэт		6,14	0,00	7,43	17,3	4,15	0,16	0,29	0,00	0,23	0,28	0,00	59,6	36,06
Славутич		11,2	0,00	0,42	11,1	9,44	0,00	0,66	0,00	0,00	0,18	0,00	71,3	33,09
Сальса	А	8,17	0,00	2,66	22,8	9,77	0,10	1,96	0,00	0,00	0,37	0,00	91,9	45,90
Сальса	В	3,50	0,00	1,13	12,1	11,6	0,00	1,54	0,00	0,17	0,26	0,10	96,8	31,22
Вима занта		1,57	0,00	3,33	27,0	7,99	0,09	2,19	0,00	0,13	2,05	0,00	82,9	44,68
Трубадур	А	13,8	0,00	0,67	41,6	1,63	0,00	0,16	0,00	0,39	0,22	0,16	67,4	58,67
Трубадур	В	8,93	0,00	0,00	27,5	11,5	0,00	0,29	0,00	0,23	0,12	0,15	86,6	48,77

Как отмечалось в литературных источниках [1], содержание сложных эфиров в образцах земляники составляет от 25 до 90 %. В нашем исследовании суммарное содержание эфиров (насыщенных и ненасыщенных) достигало 90 % и более (Сальса — 97 %, Фелиция — 96 %, Кокинская — 91 %) (табл. 2). При этом содержание не зависело явно от степени зрелости ягод: Сальса светло-красная (образец типа В) содержала больше эфиров, чем Сальса темнокрасная (образец типа А), а земляника сорта Альфа наоборот: темнокрасная ягода (образец типа А) содержала больше эфиров, чем светлокрасная ягода (образец типа В). Корреляции в исследованных образцах между степенью зрелости и общим содержанием эфиров не обнаружено.

Относительное содержание суммы насыщенных эфиров в землянике, выращенной в условиях климата Беларуси, составляет от 12 % (Флоренция) до 67 % (Альфа, Соловушка), (табл. 2). При этом 6 сортов земляники, которые можно было разделить по цветовому оттенку, дали различные содержания насыщенных сложных эфиров, а именно, темно-красные ягоды содержали относительно большее количество насыщенных эфиров (образцы типа А), чем более светлые (образцы типа В). Отсюда следует, что более зрелые ягоды одного и того же сорта, выращенные на одном и том же растении, собранные в один и тот же день, содержали больше насыщенных сложных эфиров, чем светлые ягоды, созревшие на этом же растении, но не достигшие еще максимальной степени зрелости.

Если сравнивать относительные содержания отдельных компонентов розовых и красных ягод, то также можно заметить более высокое содержание насыщенных эфиров в образцах красных ягод (образцах типа А). Особенно однозначно такие различия проявляются для наиболее интенсивных компонентов — этилбутаноата, этилгексаноата и этилоктаноата, которые вносят наибольший вклад в аромат ягод как благодаря их низкому порогу ощущения, так и высокому относительному содержанию.

Таким образом, существует явная корреляция между степенью зрелости ягод и содержанием насыщенных сложных эфиров.

Содержание ненасыщенных эфиров. Ненасыщенные сложные эфиры — это химические соединения, состоящие из спиртовой и кислотной части, одна из частей которых (спиртовая или кислотная) содержит ненасыщенную связь (двойную связь). В литературе имеется мало сведений о содержании таких соединений в растительных объектах и влияние их на аромат не исследовано.

Земляника, выращенная в условиях климата Беларуси, содержит относительно большое количество таких соединений (табл. 3). Нами были идентифицированы по масс спектрам соединения с ненасыщенной спиртовой частью (2-гексенил- и 3-гексенил- эфиры) и кислотной частью (2-гексеноат, 2,4-декадиеноат), всего девять эфиров (табл. 3). Относительное содержание суммы ненасыщенных эфиров (относительно суммы общего содержания эфиров) приведено в последней колонке (% ненасыщенных эфиров). Как можно видеть из приведенных данных, ненасыщенные эфиры составляют значительную часть от общего содержания сложных эфиров, от 7 % (Соната) до 65 % (Сальса).

Анализ результатов показывает, что менее зрелые ягоды (образцы типа В) содержат относительно большее количество ненасыщенных эфиров, чем зрелые ягоды (образцы типа А). Это может быть следствием того, что в процессе созревания ненасыщенные эфиры восстанавливаются с образованием насыщенных эфиров или же более высокой скорости накопления насыщенных эфиров по отношению к скорости образования ненасыщенных эфиров. Результаты измерения площадей пиков свидетельствуют, что восстановления ненасыщенных эфиров не происходит, просто образуется большее количество насыщенных эфиров, что и изменяет общий баланс соотношений пиков. Наибольшее уменьшение содержания заметно для 2-гексенилацетата, так как этот компонент имеет наибольшее содержание в каждом образце в сравнении с другими менее интенсивными компонентами.

Этиловый эфир 2,4-декадиеновой кислоты (этил-2,4-декадиеноат) ранее в аромате земляники не встречался. В данной работе это соединение было обнаружено в некоторых образцах. В литературе описано наличие такого компонента в составе аромата спелых груш, что и прида-

ет этим фруктам характерный грушевый тон аромата [6]. В землянике также этот эфир может придавать грушевый тон аромата.

3.

	Относительное содержание компонентов, % от суммы летучих компонентов										
	Тип образца	3-гексенилацетат	2-гексенилацетат	Этил 2-гексенонат	2-гексенилпропаноат	3-гексенилбутаноат	2-гексенилбутаноат	2-гексенилвалерат	2-гексенилгексаноат	Этил 2,4-декадиленонат	% ненасыщенных эфиров
Селвик		1,69	13,5	0,0	1,79	0,53	10,5	0,00	3,47	0,43	31,92
Дукат		2,42	35,7	0,0	0,62	0,16	3,42	0,77	0,99	0,20	44,27
Красный берег		3,13	34,8	0,0	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,13	38,73
Кокинская		3,91	46,3	0,0	0,21	0,00	0,32	0,00	0,11	0,00	50,89
Альфа	А	2,37	4,35	0,0	0,00	0,16	7,27	0,00	0,90	0,06	15,10
Альфа	В	2,07	36,8	0,0	0,00	0,08	2,19	0,25	0,48	0,07	41,89
Витязь	А	0,00	7,02	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	7,67
Витязь	В	1,47	27,1	0,0	0,00	0,00	1,68	0,00	0,23	0,00	30,50
Флорин		2,53	43,0	0,0	0,23	0,13	1,34	0,00	0,00	0,00	47,22
Флоренция		0,00	12,7	0,0	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	14,06
Соната		0,00	7,03	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,03
Соловушка		0,00	0,02	0,4	0,00	0,00	2,96	0,00	0,21	0,00	3,55
Фестиваль		2,07	56,7	0,0	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	59,28
Симфония		1,96	54,8	0,0	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	57,24
Фелиция	А	4,23	29,6	0,0	0,00	0,23	1,98	3,04	0,27	0,00	39,37
Фелиция	В	3,69	37,1	0,0	0,00	0,00	1,58	2,63	0,15	0,00	45,11
Сельва	А	2,39	15,3	0,1	0,00	0,00	1,83	0,00	0,35	0,00	19,92
Сельва	В	5,61	24,6	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,36
Берегиния		1,25	21,9	0,3	0,00	0,00	2,11	0,00	0,22	0,00	25,63
Эрос		2,62	31,0	0,4	0,00	0,10	2,49	0,00	0,40	0,00	37,06
Дуэт		0,91	21,3	0,0	0,00	0,00	0,83	0,00	0,49	0,00	23,53
Славутич		1,89	34,6	0,4	0,00	0,00	1,17	0,00	0,12	0,00	38,20
Сальса	А	2,65	37,8	0,1	0,23	0,28	4,39	0,00	0,60	0,00	46,05
Сальса	В	3,66	59,2	0,1	0,00	0,19	2,26	0,00	0,16	0,00	65,55
Вима Занта		1,38	30,7	0,0	0,00	0,10	3,32	0,00	2,66	0,00	38,20
Трубадур	А	1,19	4,38	1,4	0,00	0,00	1,48	0,00	0,22	0,00	8,69
Трубадур	В	2,97	33,7	0,2	0,00	0,00	0,77	0,00	0,15	0,00	37,84

Таким образом, содержание ненасыщенных эфиров также коррелирует со степенью зрелости ягод земляники, независимо от их сорта.

Содержание терпеновых соединений, фуранов, лактонов. Как и в других исследованиях, в образцах земляники, выращенной в условиях умеренного климата Белоруссии, кроме сложных эфиров, в паровоздушном пространстве обнаружены ряд других соединений, вносящий вклад в аромат ягод земляники. Среди терпеновых соединений наибольшее значение для формирования аромата земляники имеют линалоол и неролидол-2. Относительное содержание этих соединений в исследованных образцах также в более зрелых ягодах (образцах типа А) было большим, чем в менее зрелых и составляло для линалоола от 0,5 % до 12 %, а для неролидола — от 0,3 % до 15,7 %. Эти соединения являются менее летучими по сравнению со сложными эфирами, поэтому они придают землянике более стойкий цветочный аромат. Содержание этих соединений, по-видимому, может зависеть не только от степени зрелости ягод, но и от сортовой принадлежности растения. Однако в данном исследовании нет очевидных фактов, подтверждающих это заключение — различия в большей степени обусловлены зрелостью ягод.

4.

	Тип образца	Мезифуран	Линалоол	Бензил ацетат	Этилбензоат	Метил салицилат	Этилциннамат	Гамма – декалактон	Неролидол-2	Гамма Ундекалактон
Селвик		0,00	7,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,20
Дукат		0,00	1,29	0,66	0,24	2,20	0,00	0,00	0,29	0,24
Красный берег		0,00	1,47	0,75	0,00	0,54	0,00	0,00	0,48	0,09
Кокинская		0,00	0,44	0,43	0,00	0,14	0,00	0,00	0,10	0,00
Альфа	А	1,89	3,53	0,27	0,00	0,50	0,11	0,00	5,85	0,09
Альфа	В	0,00	6,32	0,75	0,30	0,24	0,00	0,00	0,81	0,00
Витязь	А	0,00	6,23	0,23	0,00	0,06	0,00	0,00	2,09	0,00
Витязь	В	0,00	3,99	0,28	0,00	0,13	0,00	0,00	0,93	0,00
Флорин		0,23	3,57	1,20	0,00	0,23	0,00	0,00	1,50	0,20
Флоренция		0,71	3,09	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	9,09	0,54
Соната		0,00	4,80	0,11	0,29	0,00	0,00	1,26	3,73	0,07
Соловушка		0,00	9,53	0,40	0,20	0,00	0,20	0,00	7,56	0,06
Фестиваль		0,12	0,61	0,45	0,00	0,19	0,00	0,00	0,30	0,40
Симфония		0,00	0,56	0,44	0,30	0,21	0,00	4,36	0,33	0,46
Фелиция	А	0,11	2,99	0,79	0,17	0,00	0,00	0,22	2,53	0,16
Фелиция	В	0,04	1,71	0,54	0,00	0,00	0,00	0,71	0,56	0,00
Сельва	А	0,00	10,54	0,75	1,07	0,00	0,53	0,00	10,4	0,00
Сельва	В	0,00	6,34	0,90	1,11	0,00	0,99	0,00	0,21	0,00
Берегиня		0,31	13,71	0,38	0,31	0,00	0,25	0,00	2,39	0,14
Эрос		0,21	1,21	0,36	0,08	0,31	0,00	4,56	0,26	0,15
Дуэт		2,39	5,96	0,68	0,00	1,97	0,00	0,67	7,96	0,76
Славутич		0,50	12,25	0,50	0,84	0,19	0,29	0,00	2,06	0,17
Сальса	А	0,00	2,63	0,11	0,23	0,00	0,00	1,52	1,38	0,19
Сальса	В	0,00	0,95	0,00	0,29	0,00	0,00	0,49	0,31	0,00
Вима занта		0,67	1,35	0,20	0,00	0,18	0,00	9,74	1,82	0,53
Трубадур	А	0,38	7,23	0,48	0,73	0,28	1,25	0,00	15,7	0,00
Трубадур	В	0,05	5,12	0,80	0,98	0,10	0,64	0,00	4,59	0,00

Из фурановых соединений, по литературным данным, в землянике встречаются фуранеол и мезифуран. Однако при использовании для экстракции микротвердофазного экстрактора анализ содержания этих соединений не дает устойчивых результатов. В данном исследовании наблюдались только в некоторых образцах пики мезифурана (табл. 4), которые не дают оснований выявить зависимость содержания этих соединений от степени зрелости ягод.

В небольших количествах содержатся такие эфиры как бензилацетат, этилбензоат, метилсалицилат и этилциннамат. Наибольшее количество бензилацетата (1,2 %) содержится в землянике сорта Флорин, этилбензоата (1,11 %) — в Сельве, метилсалицилата (1,97 %) — в землянике сорта Дуэт, а этилциннамата — сорта Трубадур. Каждое из этих соединений имеет свой специфический аромат, однако большое влияние на аромат земляники эти соединения оказать не могут из-за их низкого относительного содержания.

Гамма-декалактон присутствует во многих натуральных фруктах и ферментированных продуктах. В составе земляники этот компонент может придавать аромату ягод персиково-абрикосовый оттенок, особенно для таких сортов, как Вима занта, Эрос и Симфония, в которых его относительное содержание составляет от 4 до почти 10 %.

Гамма-ундекалактон (так называемый альдегид С-14) придает фруктам и фруктово-ягодным продуктам персиковый и молочный тон. Флоренс и Дуэт содержит этот компонент в наибольшем количестве (соответственно 0,54 % и 0,76 %).

Зависимость содержания лактонов от степени зрелости земляники не была заметной.

Таким образом, из экспериментальных данных этого исследования очевидно, что основные различия в компонентном составе паровоздушной смеси в замкнутом пространстве над измельченной ягодой земляники обусловлены, прежде всего, степенью зрелости анализируемых ягод. Причем, при увеличении степени зрелости ягод относительное содержание одних компонентов возрастает (насыщенные сложные эфиры, линалоол, нералидол), а других компонентов убывает (ненасыщенные сложные эфиры). Такой вывод не противоречит и литературным данным.

В научных публикациях часто делается вывод также и о том, что различия в компонентном составе плодов обусловлен сортовой принадлежностью. Результаты этого исследования не дают основания делать аналогичный вывод.

При оценке результатов и формулировки выводов следует учитывать способ получения аналитических данных. При использовании микротвердофазного экстрактора экстрагирование летучих компонентов осуществлялось в замкнутом пространстве над гетерогенной матрицей, что имеет свои особенности и отличия от традиционного способа экстракции растворителем. Во-первых, экстракция на адсорбент происходит в течение определенного промежутка времени и отражает наличие определенных компонентов в надматричном пространстве в данном временном промежутке и ни в коем случае не отражает содержания этих же компонентов в самой матрице (тем более, что она имеет еще неоднородный характер). Во-вторых, адсорбенты ТФМА обладают очень малой ёмкостью и имеют разную эффективность взаимодействия с компонентами разных классов и разного молекулярного веса, вследствие чего при наличии определенных компонентов с большим содержанием могут быть потеряны компоненты с малым содержанием. Из-за всего этого полученный результат определения лишь косвенно свидетельствует о компонентном составе самой матрицы (ягоды земляники). А поскольку мы имеем дело с легко испаряющимися компонентами, постоянно образующимися в процессе созревания плода и непрерывно испаряющихся под действием атмосферных факторов (температуры, ветра и влажности), то попытки использовать определенные значения содержания летучих компонентов в качестве маркеров сортовой принадлежности не имеют под собой никаких обоснованных аргументов.

Выводы. Результаты оценки содержания летучих компонентов образцов земляники разной сортовой принадлежности, разных сроков созревания и разной степени зрелости, позволяет сделать некоторые выводы.

1. Ароматообразующие компоненты, которые характерны для земляники, выращиваемой в США, Китае и др. регионах, содержатся также и в аромате земляники выращенной в Республике Беларусь (сложные эфиры, терпены, фураны, лактоны).

2. Для земляники данного региона выращивания в составе летучей фракции представлены не только сложные эфиры насыщенного ряда, но и сложные эфиры ненасыщенного характера, содержащие двойные связи как в спиртовой части молекулы эфира, так и в кислотной части.

3. Результаты анализов содержания летучих компонентов показывают, что ягоды земляники, собранные с одного и того же растения в одно и то же время, но имеющие разную интенсивность цвета, дают разные значения содержания эфиров: светло-красные ягоды содержат большую долю ненасыщенных эфиров, и наоборот, темно-красные ягоды содержат большее количество насыщенных эфиров.

4. Содержание компонентов с цветочным ароматом (линалоол, неролидол) в темно-красных ягодах большее, чем в светло-красных.

5. Различий по сортовой принадлежности ягод на фоне разной степени зрелости не отмечалось. Отличия ягод по разному соотношению компонентов объясняются не различием сортовой

принадлежности, а степенью зрелости, которая трудно определяется на практике по визуальной оценке цвета ягод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Charles F. Forney. Horticultural and other Factors Affecting Aroma Volatile Composition of Small Fruit. October-December 2001 11(4).
2. Jing Donga, Yuntao Zhang, Xiaowei Tang, Wanmei Jin, Zhenhai Han. Differences in volatile ester composition between *Fragaria Chananassa* and *F.vesca* and implications for strawberry aroma patterns. *Scientia Horticulturae* 150 (2013) 47-53.
3. ZHANG Yun-tao, WANG Gui-xia, DONG Jing, ZHONG Chuan-fei, KONG Jin, LI Tian-zhong and HAN Zhen-hai. Analysis of Volatile Components in Strawberry Cultivars Xingdu 1 and Xingdu 2 and Their Parents. *Agricultural Sciences in China* 2009, 8(4): 441-446.
4. Perez AG, Rios JJ, Sanz C, Olias J.M. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. *J Agric Food Chem* 40:2232-5.
5. R.R. Jetti, E.Yang, A.Kurnianta, C.Finn, and M.C. Qian. Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography and Correlation with Sensory Descriptive Analysis. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*, Vol. 72, Nr. 7, 2007, p. 487.
6. Guopeng Li, Huijuan Jia, Ruiyuan Wu, Sayed Hussain and Yuanwen Teng. Characterization of aromatic volatile constituents in 11 Asian pear cultivars belonging to different species. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(34), p. 4761-4770, 4 September, 2012.

Рукопись статьи поступила в редакцию 02.03.2016

M.I. Pachytskaya, V.P. Suboch

THE COMPOSITION OF THE VOLATILE COMPONENTS AROMATOBRAZUYUSCHIH STRAWBERRIES GROWN IN BELARUS

The method of solid-phase micro extraction (SPME) and gas chromatography with mass selective detector (GC-MS) were examined for the content of volatile components of 27 samples of strawberries of different varietal affiliation and degree of maturity, grown in Belarus. It was identified and evaluated relative content of more than 60 components of different nature, including esters, terpenes and other aroma-compounds. Esters belonged to two sub-esters - saturated and unsaturated esters. It is shown that the relative content of esters depends on the degree of maturity of the fruit of the strawberry: to overripe fruit prevails in saturated esters, for immature - a major contribution to the total content of esters of unsaturated esters introduced. The ratio of saturated esters, unsaturated esters to the content can be used in practice as an evaluation criterion of ripeness. The paper concluded that the component composition of strawberries, determined using the method of SPME, does not provide sufficient grounds for referring them to a specific varietal origin.