

*Представлены результаты исследования потребительских свойств 16 сортов яблок. Целью работы являлось исследование компонентного состава яблок, формирующих органолептические и пищевые качества, для выбора сортов с лучшими потребительскими свойствами. Было обнаружено и идентифицировано 48 летучих соединений. Установлено, что сложные эфиры являлись наиболее важным классом соединений, характеризующим их аромат. Исследование содержания основных показателей качества позволили выявить сорта яблок, обладающие наилучшими потребительскими свойствами.*

*Ключевые слова:* яблоки, дескрипторы аромата, химический состав, потребительские свойства

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯБЛОК, ВЫРАЩЕННЫХ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**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 продуктов питания;*

*А. П. Лактионова, инженер-химик лаборатории хроматографических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*Н. В. Комарова, кандидат технических наук, заведующий лабораторией физико-химических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания*

Среди фруктов традиционно широкое распространение имеют яблоки. Применение современных технологий селекции и садоводства позволили изменить сорта плодовых растений, многие из них исчезли, появились новые, конкурентоспособные, более отзывчивые к условиям возделывания и обладающие устойчивостью к заболеваниям. При этом произошли существенные изменения пищевой и биологической ценности яблок и данных, накопленных предыдущими исследованиями, по химическому составу уже недостаточно.

Ввиду высоких вкусовых и питательных свойств яблоки широко используются в питании в свежем и переработанном виде. Питательные достоинства яблок обусловлены содержанием растворимых сухих веществ (7 — 18,2%), сахаров (6 — 15,7%), органических кислот (0,26 — 1,4%), витамина С (4,5 — 45 мг/100г), дубильных (0,06 — 0,11%), минеральных (0,2 — 1,5% к сырой массе) и других веществ. Минеральные вещества включают более 60 элементов, в том числе калий, натрий, кальций, магний, железо, алюминий, марганец, фосфор, медь, никель, молибден, бор и др. [1–3].

Яблоки являются прекрасным сырьем для различных видов переработки, таких как сушка, мочка, замораживание, а так же производства различных продуктов на их основе: пюре, соков, компотов, вин, джемов, повидла, варенья, мармелада, цукатов и т. д. При этом важное значение имеет правильный выбор сортов яблок, пригодных для употребления в свежем виде или для переработки.

Цель работы — исследование компонентного состава яблок, формирующих органолептические и пищевые качества для выбора сортов с лучшими потребительскими свойствами.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Исследованы 20 образцов яблок 16 сортов, из которых 14 образцов принадлежат коллекции отдела селекции плодовых культур РУП «Институт пловодства» и 6 образцов были получены

от РУП «Толочинский консервный завод». Саженьцы яблонь РУП «Толочинский консервный завод» были закуплены в РУП «Институт плодоводства». 4 сорта были получены с обоих предприятий: Антоновка, Белорусское сладкое, Заславское, Сябрына. Все сорта включены в Государственный реестр: Антоновка, Белорусское сладкое, Вербнае, Весялина, Дарунок, Дыямент, Заславское, Зорька, Имант, Имбрус, Лучезарное, Надзейны, Память Коваленко, Память Сябаровой, Поспех, Сябрына.

Определение углеводного состава яблок проводили по ГОСТ 33409-2015 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с рефрактометрическим детектором с использованием системы Agilent Technology, Mod. 1100. Смесь углеводов разделяли в режиме изократического элюирования на хроматографической колонке Zorbax-NH<sub>2</sub>, заполненной силикагелем с привитыми аминопропилсилановыми группами.

Определение кислотного состава по ГОСТ 33410 — 2015 методом ВЭЖХ, используя хроматограф Agilent Technology, Mod. 1100 с диодно-матричным детектором, с применением аналитической хроматографической колонки Zorbax SB-Aq (размер частиц — 5 мкм; внутренний диаметр — 3,0; длина — 250мм).

Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили методом обращенно-фазной ВЭЖХ с спектрофотометрическим детектором по ГОСТ 31643 — 2012.

Содержание макро- и микроэлементов проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.

Общее содержание титруемых кислот определяли потенциометрическим титрованием по ГОСТ ISO 750 — 2013.

Массовую долю растворимых сухих веществ по ГОСТ ISO 2173 — 2013 с помощью автоматического цифрового рефрактометра Atago 5000α.

Исследования состава яблок на содержание ароматообразующих компонентов осуществляли методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием с использованием системы Agilent Technologies 7010 B / 5975B. Разделение компонентов проводили на капиллярной колонке DB-5MS длиной 30 м с внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной плёнки неподвижной фазы 0,25 мкм. Условия хроматографического анализа: начальная температура колонки — 40°C (2 мин); нагревание колонки со скоростью 10°C/мин до температуры 240°C; выдержка 8 минут; температура инжектора — 250°C; температура детектора — 280°C; скорость потока газоносителя (гелий) — 0,5 мл/мин.

Пробоподготовку образца к газохроматографическому анализу выполняли с помощью твердофазного микроэкстрактора фирмы Supelco™. Для экстракции использовали волокно, покрытое фазой DVB/Carboxen/PDMS StableFlesh™ фирмы Supelco.

**Результаты и обсуждения.** Вкусовые свойства яблок и химический состав, как правило, зависят от сортовой принадлежности, условий произрастания и степени зрелости.

Изучено содержание ароматообразующих компонентов, растворимых сухих веществ, титруемых кислот, макро- и микроэлементов, витамина С, состава органических кислот и сахаров.

Важнейшим показателем качества, характеризующим потребительские предпочтения при выборе свежих яблок, является их аромат. Было обнаружено и идентифицировано 48 летучих соединения, из них 36 сложных эфиров, 5 спиртов, 4 терпена и 1 альдегид и 2 кислоты.

Количественно наиболее важными ароматообразующими компонентами являются: этилбутират, этил-2-метилбутират, этилгексаноат, гексиллацетат, 2-метилгексилбутират, α-фарнезен. Каждое из этих соединений вносит свой вклад в создание общего аромата свежих яблок.

Несмотря на то, что все исследованные образцы имели характерный яблочный аромат, компонентный состав их различался (рис. 1).

Так, аромат яблок Антоновка во многом обусловлен наличием гексиллацетата (26,6 % и 16,7 %) с характерным сладким, фруктовым, цветочным ароматом, аромат яблок Заславское — 2-метилгексилбутиратом (20,9 % и 18,8 %). Аромат яблок сорта Лучезарное на 34,1 % обусловлен также 2-метилгексилбутиратом, придающим «болезненно» сладкий запах.

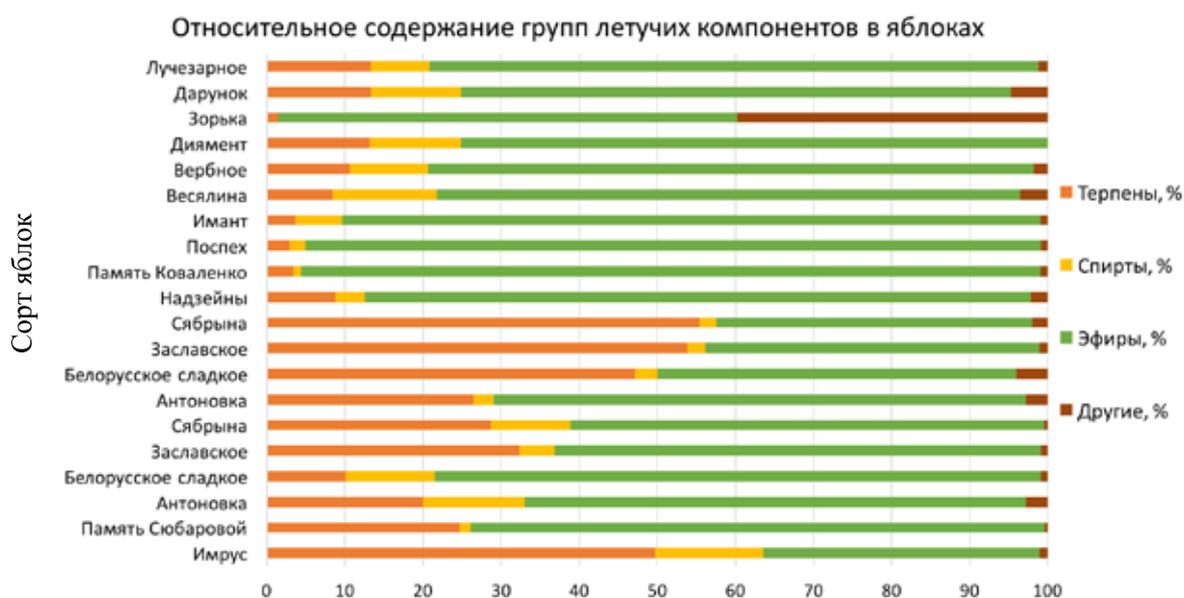


Рис. 1. Относительное содержание групп летучих компонентов в яблоках различных сортов

Типичный фруктовый аромат придает яблокам этилбутаноат (Память Коваленко (48,4 %), Поспех (42 %), Надзейны (38,9 %), Имант (28,2 %)). Этил-2-метилбутаноат имеет сильный характерный аромат зелёного яблока и клубники (Белорусское сладкое (3 % и 18,6 %), Вербное (13,9 %)). Этилгексаноат обладает свежим, сладковато-фруктовым ароматом с ананасными оттенками (Имант 20,1 %, Память Коваленко 13,7 %, Вербное 13,4 %) [1].

Аромат яблок Зорька на 42,9 % обусловлен (Z)-гексен-3-ол-1-ацетатом, придающим свежий, травянистый запах, при этом сорт Зорька не содержит других спиртов.

Присутствие ненасыщенных сложных эфиров свидетельствует о неполной зрелости яблок: этилбутен-3-оат (Антоновка 1,8 %, Белорусское сладкое 1,1 %), гексен-3-ол-1-пропаонат (Дьямент и Сябрына 0,5 %), гексен-4-ол-1-ацетат (Имант 10,6 %, Весялина и Надзейны 7,4 %), (Z)-гексен-3-ол-1-ацетат (Зорька 42,9 % и Память Сябаровой 11,3 %).

Спирты были обнаружены в 19 из 20 образцов яблок (кроме сорта Зорька). Относительное содержание спиртов в различных образцах варьировалось в пределах 0,97 — 13,80 %. В наибольшем количестве во всех образцах присутствует гексанол-1, содержание которого доходит до 11,7 % (сорта Имрус и Дьямент). В небольших концентрациях гексанол-1 обладает характерным цветочным, растительным запахом. Октанол-1, содержащийся до 4,95 % в плодах сорта Антоновка из РУП «Толочинский консервный завод», имеет грибной аромат [1].

Деканол-1, обнаруженный в сортах Антоновка (2,57 %), Вербное (1,88 %), Имант (1,86 %) имеет характерный цветочный аромат.

Относительное содержание терпенов в исследуемых образцах варьировалось в пределах от 1,43 % (сорт Зорька) до 55,39 % (сорт Сябрына).

Аромат 4 сортов яблок (Имрус, Белорусское сладкое, Заславское, Сябрына) более чем на 40 % обусловлен наличием  $\alpha$ -фарнезена, придающего яблокам характерный аромат зелёного яблока. При этом стоит заметить, что содержание  $\alpha$ -фарнезена в плодах будет сильно зависеть от степени зрелости. Так, можно проследить как в одних и тех же сортах, полученных из разных мест, относительное содержание  $\alpha$ -фарнезена различается в несколько раз: Белорусское сладкое из РУП «Толочинский консервный завод» — 8,09 %, из РУП «Институт плодоводства» — 45,6 %.

Таким образом, аромат яблок обусловлен сложной смесью разных компонентов (в основном сложных эфиров органических кислот) и их количественным содержанием. Поэтому летучие компоненты не могут быть выбраны в качестве критериев для оценки качества яблок и яблочного сока.

Вкусовые свойства яблок характеризуются в основном содержанием сахаров, органических кислот. При оценке химического состава в первую очередь учитывалось содержание сахаров, которые на 70 — 80 % формируют содержание растворимых сухих веществ (РСВ) — важнейших составных частей плодов и ягод, влияющих на норму расхода сырья при выработке различных видов консервной продукции [2].

Наиболее значимым показателем, используемым при технологической оценке плодов является содержание растворимых сухих веществ. Его величина в исследованных образцах яблок в среднем составила 11,1 %, в том числе для яблок, полученных из РУП «Толочинский консервный завод», он был равен 12,6 %, а для яблок из РУП «Институт плодородства» — 10,45 % (рис. 2).

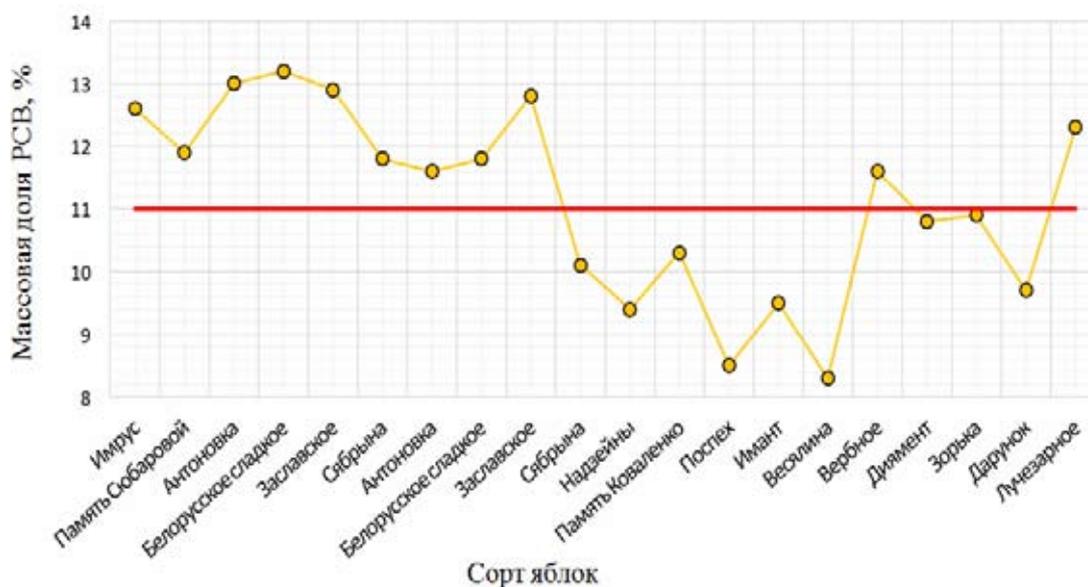


Рис. 2. Содержание растворимых сухих веществ

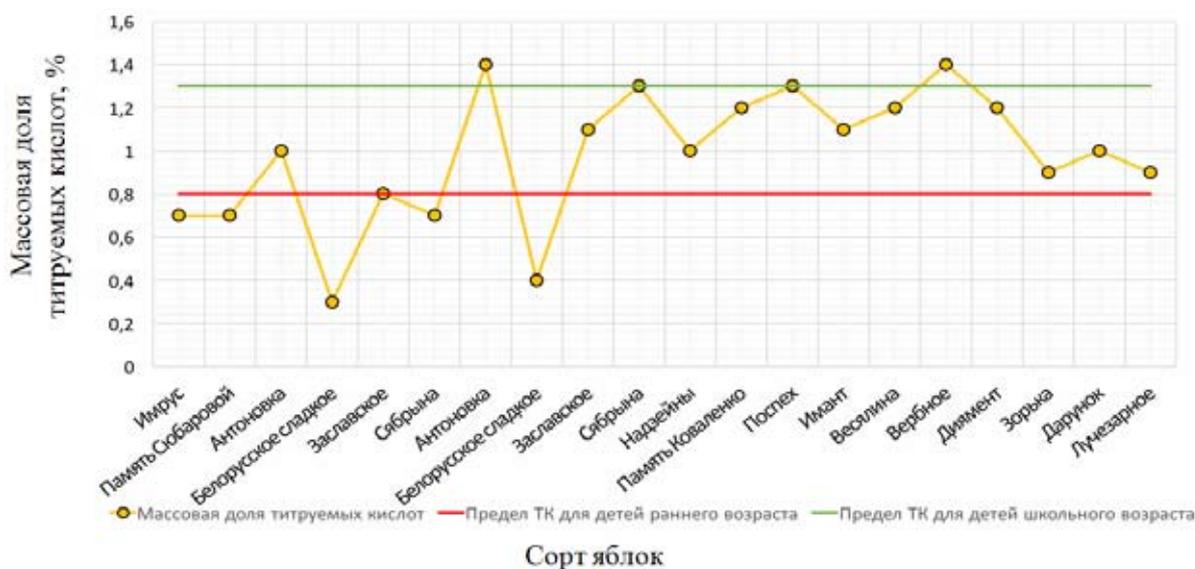


Рис. 3. Массовая доля титруемых кислот

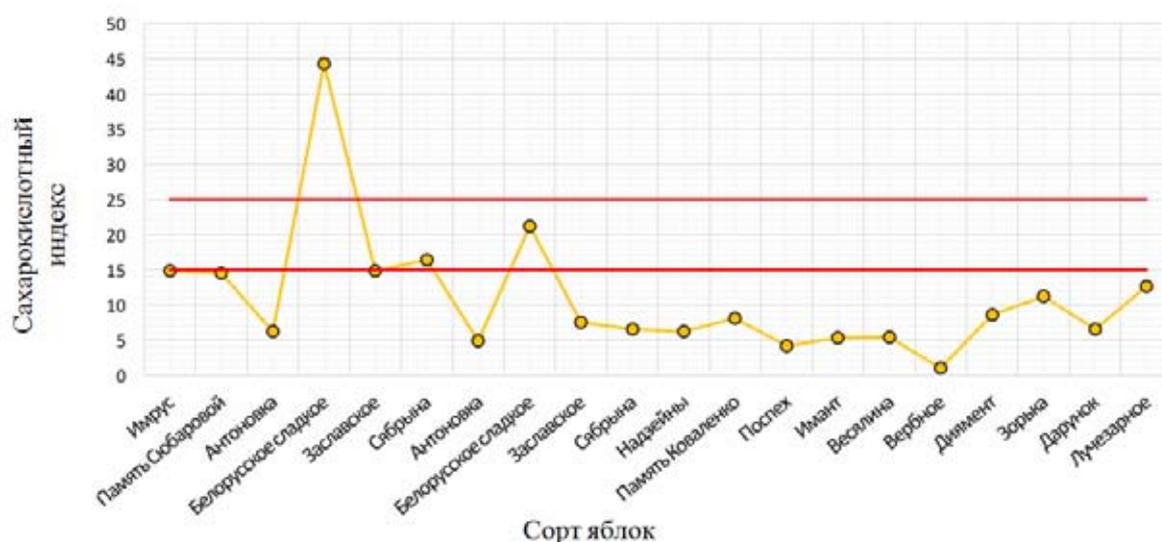


Рис. 4. Показатель сахарокислотного индекса

Если учесть, что для производства соковой продукции нормативной документацией предусмотрено использование яблок с содержанием не менее 11 % сухих веществ, то основная группа изучаемых сортов может быть использована для производства соков [2].

Согласно литературным данным, до 90 % от общего содержания растворимых сухих веществ приходится на долю углеводов, которые являются важным источником энергии. Полученные данные свидетельствуют о том, что на долю сахаров приходится от 48 % РСВ (сорт Антоновка) до 97 % (сорт Сябрына) [4].

Вкусовые качества плодов яблони во многом определяются отношением сахара к кислоте. По содержанию кислоты сорта могут различаться в несколько раз (рис. 3). В связи с этим, именно содержание кислоты в плодах яблони в большей степени определяет сахарокислотный показатель и вкус плодов. Для количественной оценки вкуса используют показатель «Сахарокислотный индекс» (СКИ), который выражается безразмерной величиной и представляет собой частное от деления массовой доли сахаров на массовую долю кислот.

СКИ изученных плодов изменяется от 1,0 до 44,3 (рис. 4). Самое низкое значение данного показателя имеют плоды следующих сортов: Вербное (1,0), Пospех (4,1), Антоновка (4,9 и 6,2), Имант (5,3), Веселина (5,4). Наивысший СКИ имеют плоды сорта Белорусское сладкое — 44,3 и 21,2 для яблок, выращенных в РУП «Толочинский консервный завод» и РУП «Институт плодородства», соответственно. Считается, что наибольшую гармоничность во вкусе имеют обычно плоды при СКИ 15–25, среди исследованных образцов это: Сябрына (16,4), Имрус (14,8), Память Сюбаровой (14,5), Белорусское сладкое (21,2) [5].

По содержанию сахаров выделяются сорта яблок Белорусское сладкое (13,3 %), Заславское (11,8 %), Сябрына (11,5 %), Лучезарное (11,4 %). При этом стоит заметить, что вышеперечисленные образцы были получены из РУП «Толочинский консервный завод», образцы тех же сортов яблок, выращенные в РУП «Институт плодородства», имеют содержание сахаров в пределах 8,3 — 8,5 %. Эти данные согласуются с данными, полученными Туткиным [6], Макаровой [7] и Макаркиной [8].

Пищевые свойства плодов обуславливаются наличием легкоусвояемых сахаров, поэтому для оценки углеводного состава был изучен их фракционный состав.

Так, фракционный состав яблок состоит на 40 % (сорта Лучезарное и Пospех) — 67 % (сорт Белорусское сладкое) из фруктозы, на 9 % (сорта Антоновка и Имрус) — 42 % (сорт Надзейны) из глюкозы и на 3 % (сорта Надзейны и Белорусское сладкое) — 45 % (сорта Пospех, Вербное и Лучезарное) из сахарозы (рис. 5–6).

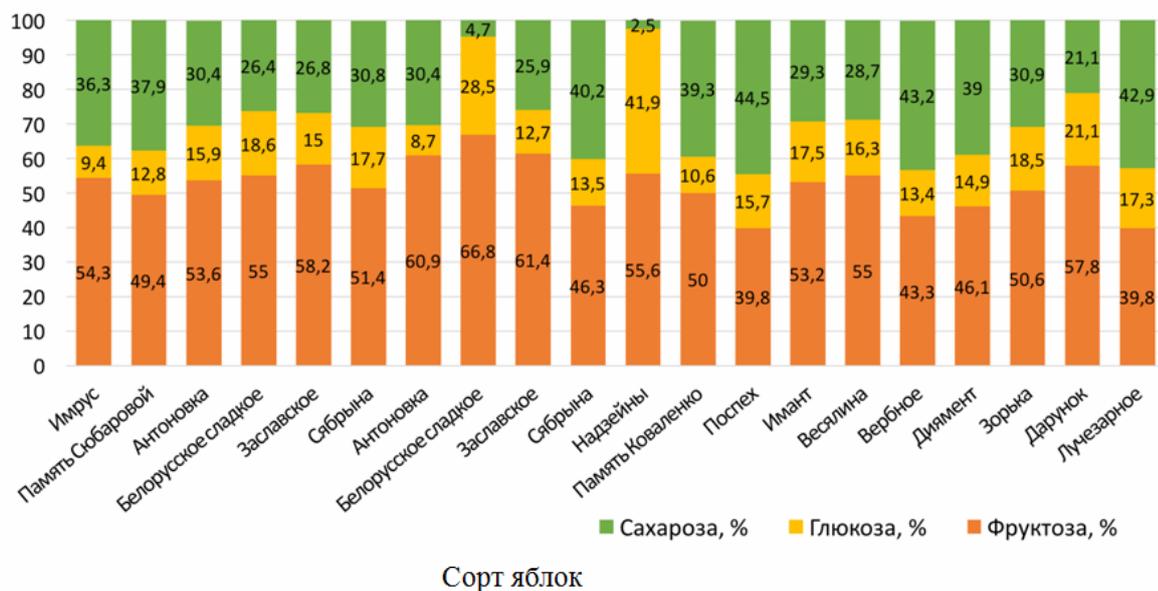


Рис. 5. Относительное содержание сахаров в образцах яблок

Органические кислоты значительно влияют на вкус яблок, способствуют их лучшему усвоению, играют определённую роль в сохранении кислотно-основного равновесия организма.

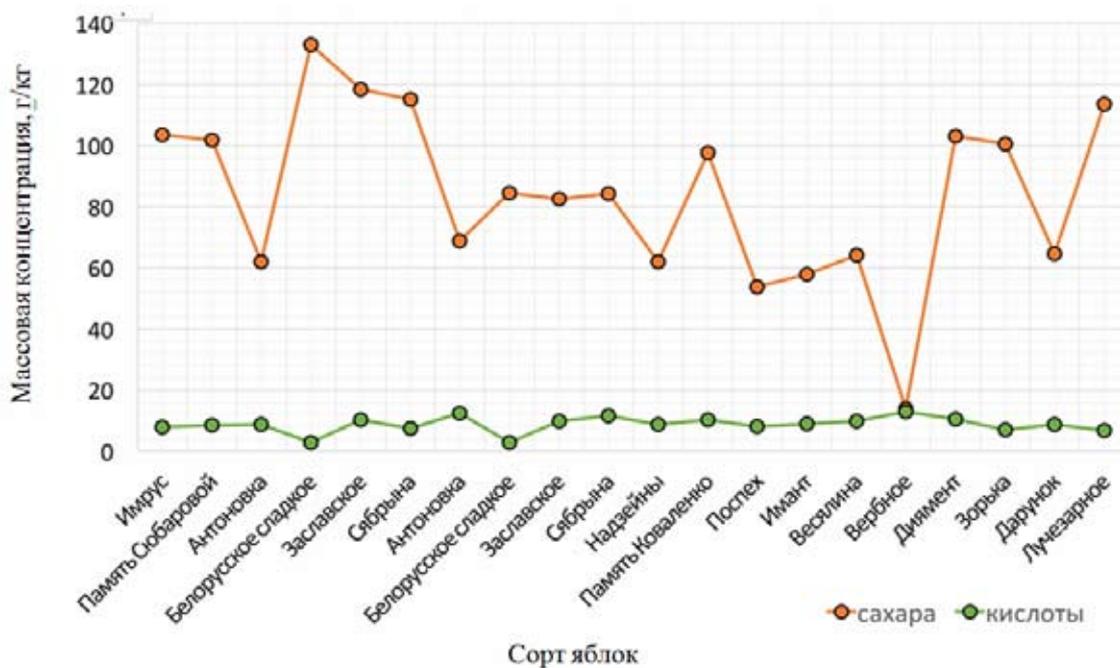


Рис. 6. Суммарное содержание сахаров и кислот

Как свидетельствуют полученные данные, варьирование содержания в яблоках органических кислот велико и составляет от 2743,4 мг/кг (сорт Белорусское сладкое) до 12812,9 мг/кг (сорт Вербное из РУП «Институт плодородства») (рис. 6).

Фракционный состав кислот выглядит следующим образом: яблочная кислота — 95,8 %, винная — 1,2 %, лимонная — 1,2 %, щавелевая — 1,8 %. Яблочная кислота составляет от 85,75 % (сорт Белорусское сладкое) до 97,87 % (сорт Дьямент) от общего содержания кислот (рис. 7).

Содержание щавелевой кислоты в исследуемых образцах варьировалось от 0,19 % (сорт Ды-ямент) до 11,91 % (сорт Белорусское сладкое). Общая кислотность в разных образцах одного сорта очень близка — сорт Белорусское сладкое (2749,3 и 2743,4 мг/кг), сорт Заславское (10219,2 и 9844,2 мг/кг), однако кислотный состав варьируется (относительное содержание щавелевой кислоты 11,91 % и 3,42 %, сорт Белорусское сладкое). Содержание винной кислоты в исследуемых образцах составило от 28,8 мг/кг (сорт Белорусское сладкое) до 212,9 мг/кг (сорт Имант).

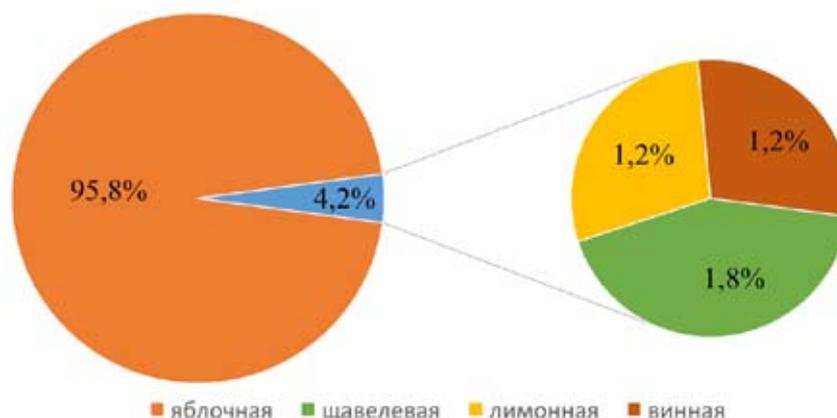


Рис. 7. Усреднённое содержание кислот в образцах яблок

Результаты исследования макро- и микроэлементного состава представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание макроэлементов и микроэлементов в образцах яблок

Наименование сорта	Массовая доля элемента, мг/кг				
	Макроэлементы		Микроэлементы		
	P	K	Fe	Cu	Zn
<b>РУП «Толочинский консервный завод»</b>					
Имрус	84	1160	0,80	0,53	0,26
Память Сюбаровой	89	973	1,10	0,38	0,25
Антоновка	81	1230	1,20	0,21	0,27
Белорусское Сладкое	76	1045	0,90	0,36	0,28
Заславское	101	1065	0,90	0,54	0,29
Сябрына	71	1040	1,10	0,49	0,29
<b>РУП «Институт плодоводства»</b>					
Антоновка	119	1175	0,81	0,49	0,23
Белорусское сладкое	113	1095	1,36	0,38	0,17
Заславское	136	1290	1,34	0,47	0,64
Сябрына	114	1175	1,15	0,87	0,31
Надзейны	84	601	1,19	1,01	0,61
Память Коваленко	99	940	1,22	0,49	0,51
Поспех	99	1220	1,24	0,74	0,59
Имант	109	1110	0,96	0,58	0,35
Весялина	82	942	0,87	0,46	0,25
Вербное	142	1375	1,60	0,34	0,20
Дыямент	103	1215	0,90	0,35	0,20
Зорька	98	1180	0,73	0,47	0,26
Дарунок	117	1145	1,36	0,78	0,34
Лучезарное	85	1095	1,08	0,27	0,21

Среднее содержание фосфора составило 100,1 мг/кг, что составляет 1,4 % суточной нормы потребления. Максимальное содержание фосфора было обнаружено в яблоках сортов Вербное (142 мг/кг) и Заславское (136 мг/кг). Среднее содержание калия в 1 кг яблок составило 1104 мг. Наибольшее его количество обнаружено в яблоках сорта Вербное (1375 мг/кг), наименьшее в яблоках сорта Надзейны (601 мг/кг).

Содержание железа в исследуемых образцах яблок варьировалось от 0,8 до 1,36 мг в 1 кг яблок сортов Дарунок, Белорусское сладкое, соответственно. Сорт Заславское удовлетворяют суточную потребность в железе на 0,8 %. Среднее содержание цинка во всех исследуемых образцах составило 0,33 мг в 1 кг яблок. Максимальное содержание цинка характерно для сортов Заславское, Надзейны и не превышает 0,6 % от суточной нормы потребления этого элемента в 100 г продукта. Среднее содержание меди составило 0,51 мг/кг, это эквивалентно 2,1 % дневной нормы потребления меди. Максимальное содержание меди было обнаружено в сортах Сябрына и Надзейны, что соответствует 4,1 % дневной нормы потребления. Среднее содержание аскорбиновой кислоты в образцах яблок составило 9,8 мг/100 г продукта, что соответствует 14 % суточной нормы потребления витамина С для взрослого человека [9].

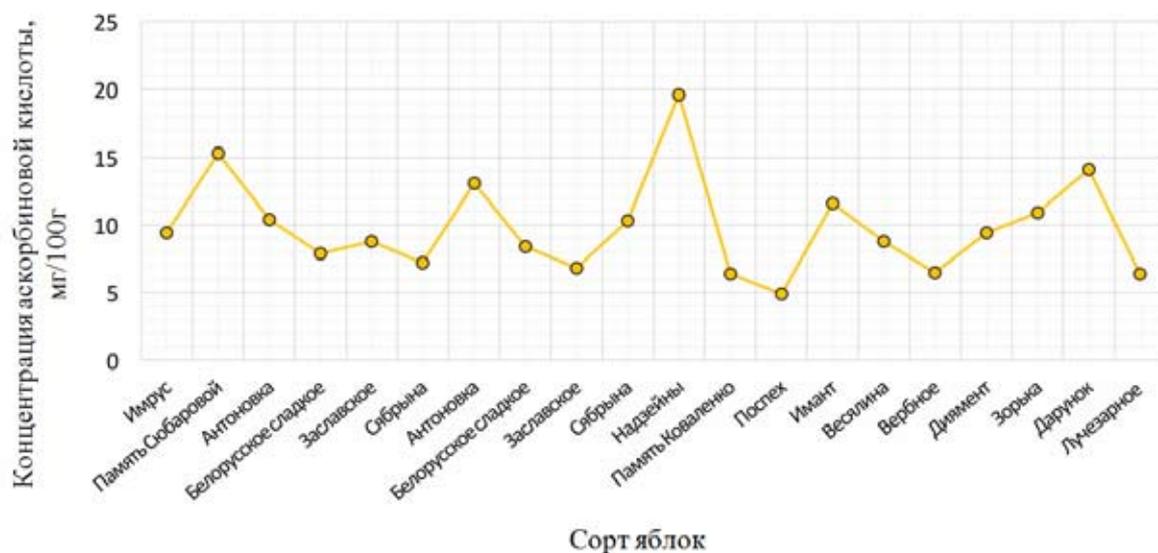


Рис. 8. Содержание аскорбиновой кислоты

Максимальное количество витамина С было обнаружено в сорте яблок Надзейны (19,6 мг/100г). Минимальное — в яблоках сортов Лучезарное, Память Коваленко, Вербное и составило 6,4 — 6,5 мг/100г.

Таким образом, представленные экспериментальные результаты исследования различных сортов яблок урожая 2016 года, выращенных в климатических условиях РБ, позволяют сделать следующие выводы:

1. Максимальным содержанием растворимых сухих веществ и суммы сахаров обладают сорта яблок: Белорусское сладкое, Заславское, Лучезарное, Сябрына, суммарное содержание сахаров в них составило 13,3 %, 11,8 %, 11,4 %, 11,5 % соответственно.

2. Наиболее гармоничными по вкусу являются сорта яблок: Белорусское сладкое, Заславское и Сябрына, сахарокислотный индекс которых находится в диапазоне 15-25.

3. Сорта яблок: Белорусское сладкое, Имрус и Память Сюбаровой наиболее пригодны для получения соковой продукции, содержание РСВ в данных сортах превышает 11 %.

4. Сбалансированными по минеральному составу оказались яблоки сортов Заславское, Белорусское сладкое и Сябрына.

5. Максимальным содержанием витамина С обладают сорта Надзейны (19,6 мг%), Память Сюбаровой (15,3 мг%), Дарунок (14,1 мг%) и Антоновка (13,3 мг%).

6. По суммарной интенсивности летучих компонентов и ароматическому профилю лидируют сорта Заславское, Сябрына, Лучезарное, Белорусское сладкое, Память Сюбаровой и Имрус.

Анализ представленных данных позволил выявить наилучшие сорта яблок для выращивания в климатических условиях Республики Беларусь с целью дальнейшей переработки: Белорусское сладкое, Заславское, Имрус, Лучезарное и Сябрына.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Volatiles Profile of Red Apple from Marche Region (Italy) / D. Fraternali, D. Ricci, G. Flamini, G. Giomaro // Records of natural products. — 2011. — No. 5(3). — P. 202–207.
2. Причко, Т. Г. Технические и биохимические особенности плодов новых перспективных сортов яблони как сырья для переработки / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая // Научные труды СКЗ-НИИСиВ. — 2014. — № 5. — С. 190–195.
3. Седов, Е. Н. Селекция яблони на улучшение биохимического состава плодов / Е. Н. Седов, М. А. Макаркина, З. М. Серова // Сельскохозяйственная биология. — 2011. — № 1. — С. 76–84.
4. Причко, Т. Г. Технические и биохимические показатели плодов перспективных сортов яблони, выращенных в условиях юга России / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая, Т. Л. Смелик // Плодоводство и виноградарство Юга России. — 2015. — № 35(05). — С. 190–195.
5. Седов, Е. Н. Характеристика генофонда яблони по биохимическим и технологическим качествам плодов / Е. Н. Седов, М. А. Макаркина, Н. С. Левгерова // Вестник ОрелГАУ. — 2007. — № 3. — С. 20–25.
6. Туткин, Г. А. Биохимическая оценка плодов иммунных к параше сортов яблони в зависимости от подвоя / Г. А. Туткин, М. А. Макаркина // Вестник ОрёлГАУ. — 2009. — № 3. — С. 38–40.
7. Макарова, Н. В. Использование летних сортов яблок в качестве антиоксидантов / Н. В. Макарова, Д. Ф. Валиулина, В. В. Бахарев // Техника и технология пищевых производств. — 2012. — № 2.
8. Макаркина, М. А. Лучшие сорта яблони селекции ВНИИСПК по биохимическому составу плодов / М. А. Макаркина, Е. Н. Седов // Современное садоводство. — 2014. — № 4. — С. 5–10.
9. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Требования к потреблению пищевых веществ и энергии для различных групп населения Республики Беларусь: постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь, 14 марта 2011 г., № 16 // База нормативных правовых актов. — 2011. — № 16. — 127/20692.
10. Химический состав яблок при некорневых подкормках минеральными удобрениями и биостимулятором роста эдагум / Ю. В. Трунов [ и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2012. — № 1. — С. 93–97.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 23.10.2017*

**I. M. Pachitskaya, A. P. Laktionova, N. V. Komarova**

### **INVESTIGATION OF CONSUMER PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF APPLE GROWING IN CLIMATE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The results of a study of consumer properties of 16 varieties of yab-lok are presented. The aim of the work was to study the component composition of apples, forming organoleptic and nutritional qualities, to select varieties with the best consumer properties. 48 volatile compounds were detected and identified. It was established that esters were the most important class of compounds that characterize their aroma. The study of the content of the main quality indicators made it possible to identify varieties of apples with the best consumer properties.

Keywords: apples, aroma descriptors, chemical composition, consumer properties.