

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ЭТИЛОВОГО СПИРТА

А. А. Миронцева, Е. А. Цед, С. В. Волкова

Изучены общие и специальные показатели качества шести сортов тритикале белорусской селекции – «Антось», «Кастусь», «Дубрава», «Рунь», «Прометей», «Импульс» применительно к условиям спиртового производства. Исследованы показатели качества спиртового суела и зрелых бражек из шести сортов тритикале белорусской селекции. Проанализирован фракционный состав летучих примесей дистиллятов зрелых бражек. Показана целесообразность использования трех сортов тритикале белорусской селекции: «Антось», «Дубрава», «Импульс» для обеспечения эффективного протекания биохимических процессов сбраживания спиртового суела, высокого выхода спирта в зрелых бражках и пониженного содержания сопутствующих примесей в дистиллятах.

Введение

В Республике Беларусь при получении пищевого этилового спирта используют различные зерновые культуры. Наибольший удельный вес в валовой переработке занимает культура тритикале, которая в условиях Беларуси превосходит по урожайности и кормовым достоинствам другие зерновые. Тритикале обладает повышенной морозостойкостью, невысокой требовательностью к почвенным условиям, устойчивостью против грибных и вирусных болезней, повышенным содержанием полноценного белка, аминокислот и минеральных веществ [1].

В Государственный реестр РБ включено 24 сорта тритикале, которые различаются не только по ряду морфологических признаков, но и по хозяйственно-биологическим характеристикам. Следует предположить, что не все сорта тритикале способны в полной мере удовлетворять требованиям спиртового производства. Эффективность производства спирта во многом зависит от качества зерна, которое принято оценивать с точки зрения содержания в нем основного сбраживаемого компонента – крахмала. Однако такой подход не может в полной мере охарактеризовать сырье, являющееся многокомпонентным субстратом. В связи с этим комплексная оценка технологических и биохимических свойств зерна тритикале различных сортов для применения их в спиртовом производстве является весьма важной и значимой задачей.

Целью работы являлось определение наиболее перспективных сортов тритикале белорусской селекции для обеспечения эффективности процессов сбраживания спиртового суела и увеличения выхода пищевого этилового спирта.

Результаты исследований и их обсуждение

Для комплексной оценки тритикале использовали общие и специальные показатели качества. Общие показатели качества регламентированы СТБ 1193, специальные показатели качества характеризуют технологические свойства зерна для получения пищевого этилового спирта. В качестве объектов исследований были выбраны шесть сортов тритикале, селекционированных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (г. Жодино) и внесенных в Государственный реестр Республики Беларусь, – «Антось», «Кастусь», «Дубрава», «Рунь», «Прометей», «Импульс». Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие показатели качества зерна тритикале различных сортов белорусской селекции

Наименование показателей	Сорта тритикале					
	«Антось»	«Кастусь»	«Дубрава»	«Рунь»	«Импульс»	«Прометей»
Состояние	Здоровое, негреющееся					
Цвет	Свойственный нормальному зерну тритикале					
Запах	Свойственный нормальному зерну тритикале					
Влажность, %	10,0	10,6	11,0	9,2	10,8	9,7
Натура, г/л	705,5	665,2	667,0	688,3	757,6	724,0
Сорная примесь, %	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
Зерновая примесь, %	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,8
Зараженность вредителями	Не обнаружено					

Из таблицы 1 видно, что по органолептическим показателям все сорта тритикале соответствовали требованиям стандарта. Зерно всех сортов было в здоровом негреющемся состоянии, имело свойственный нормальному зерну запах и цвет. Зерно всех сортов по содержанию влаги относилось к категории «сухое» (норма по стандарту – 14,5 %), содержание сорной и зерновой примеси находилось в пределах установленных значений (норма по стандарту – 1 %). Зараженности вредителями не выявили. Значение натуры (объемной массы), влияющей на содержание эндосперма зерна, в соответствии с требованиями стандарта должно быть не менее 660 г/л. Исследования показали, что наибольшей натурой среди прочих сортов тритикале характеризовались сорта «Импульс» и «Прометей» (757,6 и 724,0 г/л), наименьшей – «Кастусь» (665,2 г/л).

Следовательно, с точки зрения требований стандарта все исследуемые сорта тритикале можно равноценно применять для получения пищевого этилового спирта. Однако в спиртовом производстве руководствуются специальными физико-химическими показателями зернового сырья, которые оказывают существенное влияние на протекание технологических процессов при получении спиртового сусла и его сбраживании. В связи с этим представляло интерес исследовать специальные физико-химические показатели качества зерна тритикале различных сортов. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о высокой крупности сортов тритикале «Антось» и «Импульс», что указывает на большой запас питательных веществ в зерне данных сортов. Наименьшую величину абсолютной массы сформировали сорта тритикале «Рунь» и «Кастусь» – 35,02 и 34,43 г соответственно.

В результате оценки сортов тритикале по наиболее важному показателю для спиртового производства – содержанию крахмала, от величины которого зависит количество сбраживаемых веществ и выход этилового спирта, был выявлен высокий потенциал его накопления у большинства сортов. Максимальное количество крахмала отмечено в сортах «Импульс», «Антось», «Дубрава» – 62,8; 62,6 и 60,0 % соответственно. Кроме того, перечисленные сорта отличались и наибольшим содержанием редуцирующих сахаров, благодаря сбраживанию которых спиртовые дрожжи получают необходимую им энергию и лабильные промежуточные продукты, используемые клеткой для всех жизненных процессов. Минимальным содержанием крахмала и редуцирующих сахаров характеризовались сорта «Кастусь» и «Рунь».

Исследования показали, что зерно всех сортов тритикале имело высокое содержание белка, с преобладанием последнего в сортах «Кастусь», «Рунь» и «Дубрава» – 12,72; 12,53 и 12,38 % соответственно.

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества зерна тритикале различных сортов белорусской селекции

Наименование показателей	Сорта тритикале					
	«Антось»	«Кастусь»	«Дубрава»	«Рунь»	«Импульс»	«Прометей»
Абсолютная масса, г	43,95	34,43	39,25	35,02	42,57	37,26
Содержание крахмала, %	62,6	52,5	60,0	56,6	62,8	58,3
Редуцирующие сахара, г/100 см ³	0,59	0,39	0,52	0,43	0,57	0,47
Содержание белка, %	11,92	12,72	12,38	12,53	11,65	11,85
Аминный азот, мг/100 см ³	11,08	11,35	11,49	11,56	10,27	10,63
Содержание жира, %	2,91	2,83	2,43	2,53	2,61	3,15
Зольность, %	1,95	1,78	1,83	2,01	1,94	1,85
Титруемая кислотность, град.	2,2	2,0	1,8	2,2	2,2	2,0
Суммарное содержание гемицеллюлозы и пентозанов, %	13,4	14,1	13,7	14,4	13,4	14,5

Содержание белка в зерне играет важную технологическую роль при сбраживании спиртового суслу, т.к. продукты гидролиза белка являются потенциальными источниками питания для спиртовых дрожжей. Обнаружено, что по содержанию аминного азота, главный компонент которого – аминокислоты, непосредственно принимающие участие в синтезе простых и сложных составных частей клеточной протоплазмы дрожжевых клеток, превосходили сорта тритикале «Рунь», «Дубрава» и «Кастусь» – 11,56, 11,49 и 11,35 мг/100 см³ соответственно.

Обращает внимание высокое содержание жира во всех исследуемых сортах тритикале – от 2,43 до 3,15 %, показатель которого влияет на кормовое достоинство отхода спиртового производства – барды. Содержание минеральных веществ во всех сортах тритикале варьировало незначительно и находилось в пределах 1,78–2,01 %. Титруемая кислотность зерна, от величины значения которой, зависит качество зерна, его сохранность, а также качество полупродуктов спиртового производства – суслу и бражки, лежала в пределах нормативных значений и составляла от 1,8 до 2,2°.

При переработке тритикале зачастую возникают проблемы, обусловленные высокой вязкостью замесов из-за наличия в составе зерна некрахмальных полисахаридов. Высокое содержание некрахмальных полисахаридов затрудняет перемешивание замесов, перекачивание их по производственным коммуникациям, влияет на эффективность ферментативной обработки и последующего сбраживания суслу. Выявлено, что содержание некрахмальных полисахаридов в сортах тритикале колебалось в пределах от 13,4 до 14,4 % с преобладанием в тритикале сорта «Рунь». Минимальным значением данного показателя характеризовались сорта тритикале «Импульс», «Антось» и «Дубрава» – 13,4; 13,4 и 13,7 % соответственно.

Обобщая результаты оценки специальных технологических показателей шести сортов тритикале белорусской селекции, можно констатировать, что максимальный потенциал для производства пищевого этилового спирта имели сорта тритикале «Антось», «Импульс», «Дубрава». Оценить степень влияния каждого сорта зерна на эффективность протекания технологических процессов можно путем проведения модельного эксперимента, максимально приближенного к производственным условиям. Вследствие чего на следующем этапе работы представляло интерес изучить процессы, протекающие при приготовлении спиртового суслу.

Для реализации поставленной задачи была проведена водно-тепловая и ферментативная обработка замесов из тритикале шести сортов по классической механико-ферментативной схеме с гидромодулем 1:3. Первый предварительный нагрев осуществляли в течение 20 мин при температуре 55 °С с внесением разжижающего ферментного препарата Ликвафло и целлюло-

литического ферментного препарата Вискоферм в стандартных дозировках. Затем температуру нагрева замесов повышали до 70 °С и выдерживали их в течение 120 минут. Далее производили нагревание замесов до 95 °С с последующей выдержкой в течении 40 минут. Затем замесы охлаждали до температуры 56 °С, вносили в них ферментный препарат глюкоамилазы Сакзайм Плюс и осуществляли процесс осахаривания в течение 30 минут, полноту осахаривания определяли по йодной пробе. В полученных образцах спиртового сусла определяли наиболее значимые показатели качества: концентрацию сухих веществ, содержание аминного азота, сбраживаемых растворимых углеводов, кислотность и др. [2].

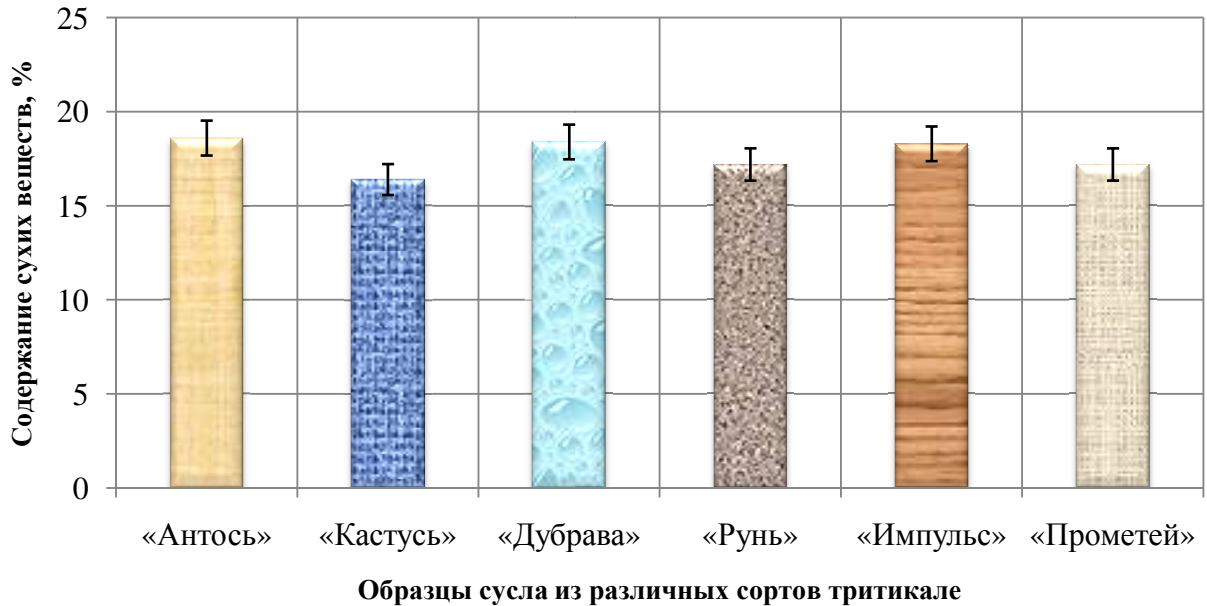


Рисунок 1 – Содержание сухих веществ в сусле в зависимости от сорта тритикале

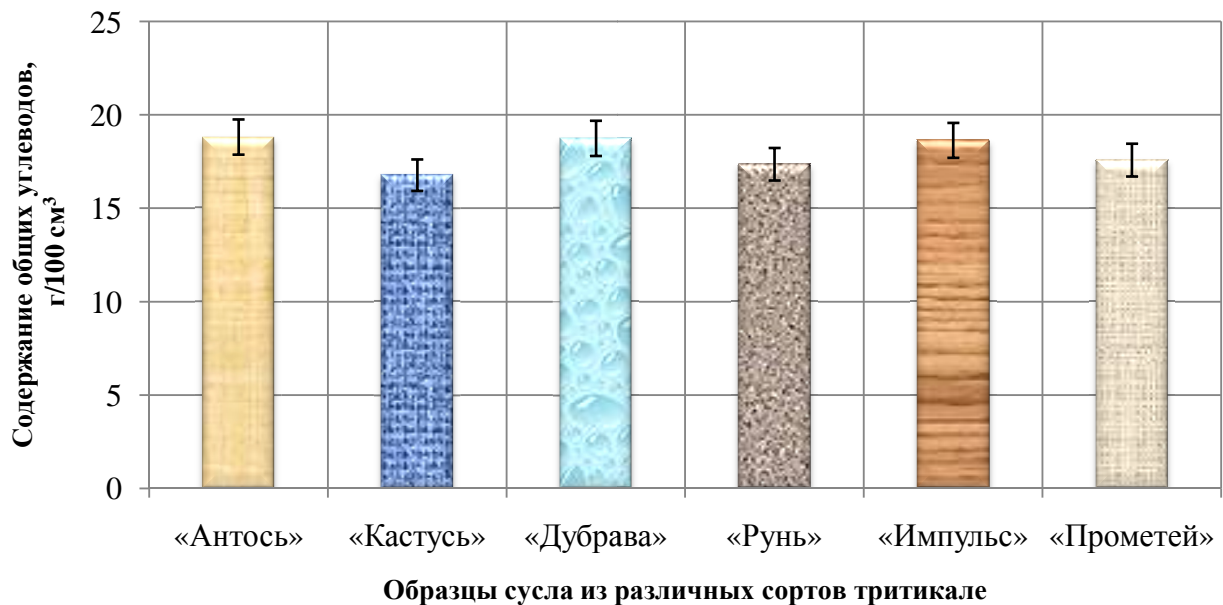


Рисунок 2 – Содержание общих углеводов в сусле в зависимости от сорта тритикале

Показано, что на физико-химические показатели качества сусла существенное влияние оказывают сортовые особенности зерна тритикале. Так, максимальное количество сухих веществ (рисунок 1) отмечали в образцах сусла из тритикале сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс», минимальное – в образце сусла из сорта «Кастусь» (16,4 %). Наибольшим содержанием общих углеводов (рисунок 2) характеризовались образцы сусла из тритикале сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс» – 18,82 и 18,75; 18,64 г/100 см³ соответственно. Минимальным

содержанием общих углеводов характеризовался образец суслу из тритикале сорта «Кастусь» (16,78 г/100 см³). Аналогичная динамика наблюдалась и при анализе содержания растворимых сбраживаемых углеводов и редуцирующих веществ. Так, самое высокое их количество отмечали в образцах суслу, полученных из тритикале сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс». Меньше всего растворимых углеводов и редуцирующих веществ содержал образец суслу из сорта тритикале «Кастусь» (12,92 и 4,06 г/100 см³).

По содержанию аминного азота выделялись образцы суслу из тритикале сортов «Кастусь», «Рунь» и «Прометей». Содержание аминного азота в указанных образцах значительно превосходило прочие образцы и составляло 19,61 и 18,64; 18,28 мг/100 см³ соответственно. Минимальным содержанием аминного азота характеризовался образец суслу из тритикале сорта «Антось» – 16,22 мг/100 см³. Титруемая кислотность всех образцов суслу из тритикале входила в пределы нормативных значений и соответствовала значениям 0,19–0,2°.

Анализ эффективной вязкости полученных образцов суслу показал, что минимальной вязкостью обладали образцы, полученные из тритикале с меньшим количеством некрахмальных полисахаридов, – «Антось», «Дубрава» и «Импульс». Так, величина эффективной вязкости в указанных образцах составляла 4,03; 3,74 и 4,08 Па·с соответственно.

Проведенные исследования позволяют констатировать, что наибольший потенциал для формирования спиртового суслу с высокими показателями качества имеют три сорта тритикале: «Антось», «Дубрава» и «Импульс». Следует отметить, что образец, полученный из сорта тритикале «Кастусь», не удовлетворял требованиям спиртового производства по содержанию сухих веществ, в связи с чем данный образец дальнейшим исследованиям не подвергали.

На следующем этапе работы представляло интерес изучить биохимические процессы, протекающие при сбраживании полученных образцов суслу. Процесс сбраживания суслу представляет собой наиболее важный этап при производстве этилового спирта. При брожении сахара суслу диффундируют в дрожжевую клетку, где вовлекаются в цепь ферментативных процессов, конечным результатом которых является образование спирта и углекислого газа. Основным фактором, оказывающим непосредственное воздействие на эффективность проведения процесса брожения, является характер сбраживаемой среды и, в первую очередь, ее состав, определяемый видом перерабатываемого сырья.

Для этого в осахаренные и охлажденные до температуры (22±2) °С образцы суслу вносили разводку дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* расы XII в количестве 10 % от объема суслу и вели брожение при температуре 30 °С в течение 72 часов. По окончании процесса брожения в зрелой бражке определяли показатели качества, характеризующие эффективность сбраживания спиртового суслу: концентрацию этилового спирта, содержание видимых и действительных сухих веществ, растворимых несброженных и общих углеводов, нерастворенного крахмала, редуцирующих веществ, титруемую кислотность. Кроме того, в бражке определяли микробиологические показатели – общее количество дрожжей и содержание в них мертвых клеток.

Наиболее интенсивно брожение протекало в бражках, полученных из сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс», в которых отмечали наибольшее накопление этилового спирта – 8,4; 8,2; 8,2 % об. соответственно (рисунок 3). Высокое содержание этилового спирта в зрелых бражках из указанных сортов можно объяснить повышенным содержанием общих и растворимых углеводов, редуцирующих веществ в сусле на их основе. Редуцирующие вещества в первую очередь потребляются дрожжами при брожении и обеспечивают наибольшую скорость их роста [3]. Данный факт подтверждается и анализом содержания общего количества дрожжевых клеток. В образцах из сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс» оно было максимальным по сравнению с остальными образцами и составляло 108,5; 104,0 и 108,0 млн/см³.

В сброженном сусле с использованием тритикале сортов «Антось», «Дубрава» и «Импульс» отмечали также наиболее интенсивное снижение видимых и действительных сухих веществ по сравнению с образцами бражек из сортов «Рунь» и «Прометей». Так, содержание видимых и действительных сухих веществ в образце зрелой бражки из сорта

тритикале «Антось» находилось на уровне 0,8 и 2,4 %, в то время как в образце зрелой бражки из сорта «Прометей» – 1,8 и 3,2 %.

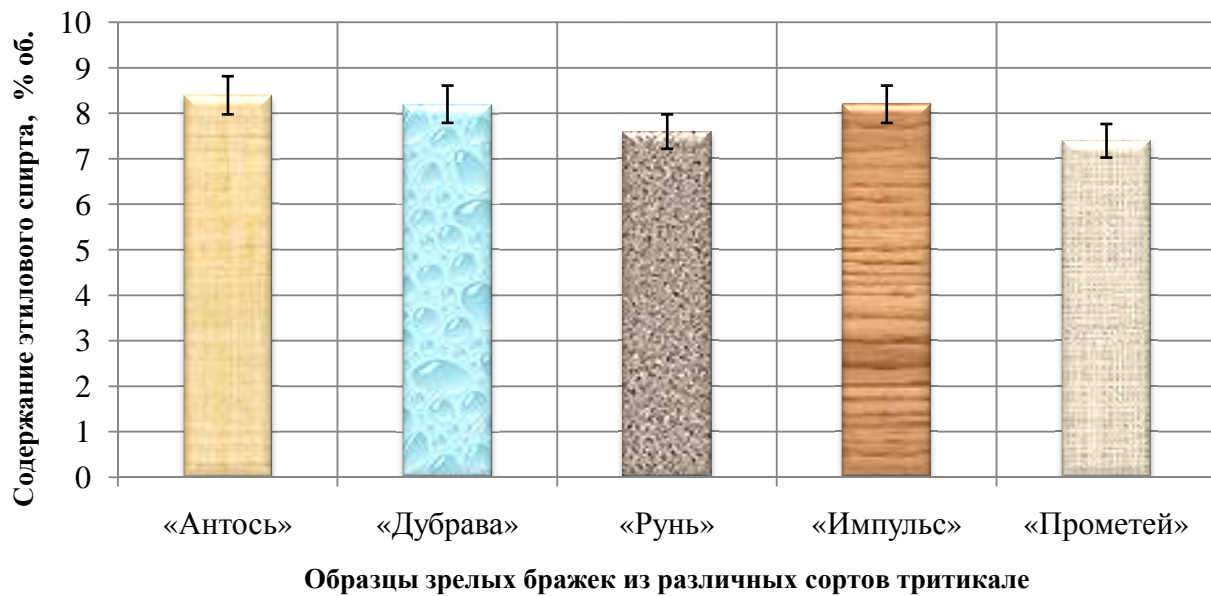


Рисунок 3 – Содержание этилового спирта в зрелых бражках в зависимости от сорта тритикале

Подобная закономерность наблюдалась и при определении растворимых несброженных и общих углеводов, а также редуцирующих веществ. Минимальным значением растворимых несброженных и общих углеводов характеризовались бражки, полученные из тритикале сортов «Антось», «Дубрава», «Импульс». Значения данных показателей составляло 0,46 и 0,59 г/100 см³; 0,47 и 0,62 г/100 см³; 0,5 и 0,64 г/100 см³; 0,48 и 0,62 г/100 см³ соответственно. Минимальным количеством редуцирующих веществ характеризовались бражки из сортов тритикале «Антось», «Импульс» и «Дубрава» (0,07; 0,08 и 0,09 г/100см³). Больше всего растворимых несброженных и общих углеводов, а также редуцирующих веществ отмечали в образце зрелой бражки из сорта «Прометей», значения которых составляло 0,57; 0,78 и 0,13 г/100 см³ соответственно.

Содержание нерастворенного крахмала, наиболее удовлетворяющее нормативному значению для периодического способа брожения (0,12 %), отмечали в бражках из сортов тритикале «Антось» и «Импульс» (0,12 и 0,13 %).

Исследования показали нарастание кислотности во всех исследуемых образцах зрелых бражек до значений 0,69–0,88°, что несколько превышает предельно допустимое значение 0,6°. Данный процесс вполне закономерный, так как перед брожением в образцы суслу не вносили антисептических средств. Нарастание кислотности суслу в процессе брожения обусловлено накоплением органических кислот, основное количество которых образуется в результате жизнедеятельности микроорганизмов-контаминантов зернового сырья. В образцах с высокой кислотностью была низкая концентрация дрожжевых клеток и высокая – мертвых клеток, это указывает на угнетение развития и жизнедеятельности популяции спиртовых дрожжей сапрофитной микрофлорой зерна.

Минимальной концентрацией (82,0 млн/см³) дрожжевых клеток и более высоким процентом мертвых клеток (20,2 %) характеризовалась бражка из сорта «Прометей».

На основании полученных экспериментальных данных определено, что наиболее перспективными для получения пищевого этилового спирта являются три сорта тритикале – «Антось», «Дубрава» и «Импульс». При переработке названных сортов обеспечивается наибольшая эффективность биохимических процессов при сбраживании спиртового суслу и максимальный выход спирта.

Известно, что сортовые особенности зерна могут также оказывать влияние на состав и содер-

жание летучих примесей в бражке. В связи с чем следующий этап исследований был посвящен изучению фракционного состава летучих примесей дистиллятов зрелых бражек, полученных из пяти сортов тритикале. Для определения баланса образующихся при спиртовом брожении продуктов рассчитывали суммарное количество основных примесей по отношению к концентрации этилового спирта (рисунок 4).

Как видно из рисунка 4, низкая концентрация примесей при одновременно высоком содержании этанола наблюдалась в бражках, полученных из сортов тритикале «Антось», «Дубрава» и «Импульс». Так, содержание спирта в них было в среднем в 1,1 раза больше по сравнению с образцами из сортов «Рунь» и «Прометей», а концентрация примесей – на 7,3 % меньше.

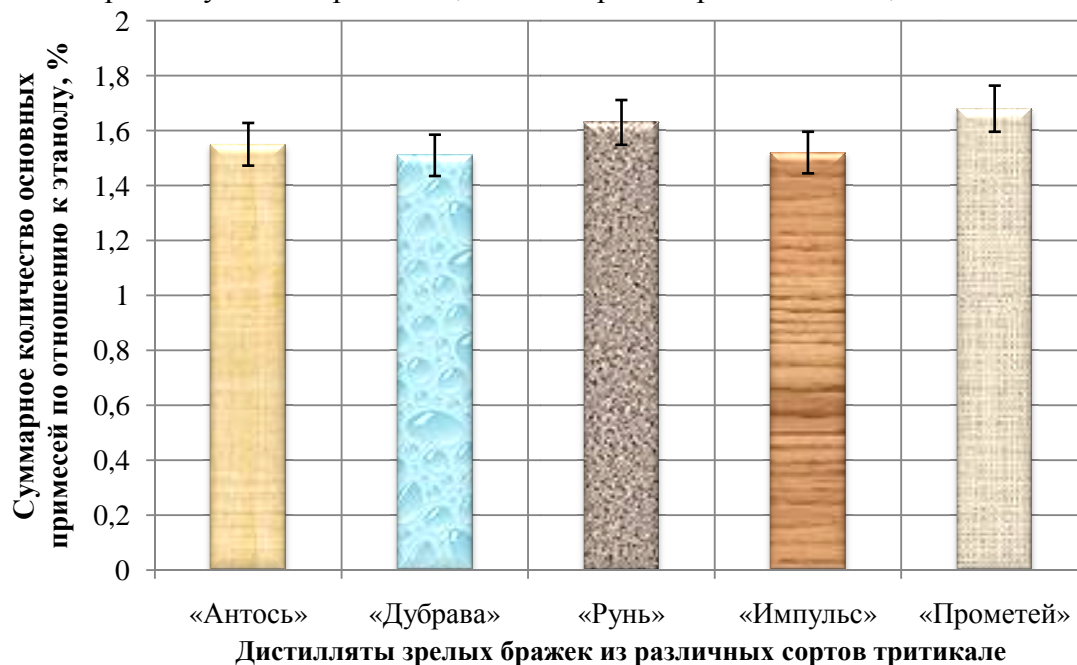


Рисунок 4 – Суммарное количество основных примесей в дистиллятах бражек из тритикале различных сортов по отношению к концентрации образовавшегося этанола

Таким образом, использование трех сортов тритикале белорусской селекции «Антось», «Дубрава» и «Импульс» обеспечивает наибольший выход спирта с одновременным снижением образования побочных метаболитов, сопутствующих синтезу этанола.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что сорта тритикале белорусской селекции «Антось», «Кастусь», «Дубрава», «Рунь», «Прометей», «Импульс» обладают различным потенциалом питательных веществ для переработки на пищевой этиловый спирт. По совокупности общих и специальных показателей качества превосходят сорта «Антось», «Импульс» и «Дубрава», переработка которых по механико-ферментативной схеме позволяет сформировать наиболее полноценное по составу и вязкостным характеристикам сусло.

Для обеспечения эффективного протекания биохимических процессов сбраживания спиртового сусла, высокого выхода спирта, низкого содержания сопутствующих этанолу примесей в дистиллятах зрелых бражек наиболее рационально использование трех сортов тритикале белорусской селекции – «Антось», «Дубрава» и «Импульс».

Литература

- 1 Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 2. Частная генетика растений. /науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 579 с.
- 2 Фертман, Г.И. Химико-технологический контроль спиртового и ликероводочных производств/ Г.И. Фертман, М.И. Шойхет. – М: Пищевая промышленность, 1981.
- 3 Лихтенберг, Л.А. Производство спирта из зерна/Л.А. Лихтенберг. – М.: Пищевая промышленность, 2006. – 324 с.

Поступила в редакцию 12.05.2017