

Органолептические и физико-химические показатели качества пива с использованием солода и зерна озимой тритикале

¹ Самарский государственный аграрный университет, г. Самара. Российская Федерация

² Самарский ФИЦ РАН, Самарский НИИСХ им. Н. М. Тулайкова, г. Самара. Российская Федерация

³ Самарский государственный технический университет, г. Самара. Российская Федерация

Д.В. Зипаев¹, А.Н. Макушин¹, Т.А. Горянина², А.Н. Кожухов³

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Дмитрий Владимирович Зипаев

E-mail: dvz7@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Зипаев, Д.В., Макушин, А.Н., Горянина, Т.А., & Кожухов, А.Н. (2025). Органолептические и физико-химические показатели качества пива с использованием солода и зерна озимой тритикале. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 33(1), 82–94. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.1.619>

ПОСТУПИЛА: 11.10.2024

ДОРАБОТАНА: 05.03.2025

ПРИНЯТА: 15.03.2025

ОПУБЛИКОВАНА: 31.03.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: Ввиду высоких темпов процессов импортозамещения в пивоваренной отрасли наиболее перспективным направлением является использование нетрадиционного растительного сырья, возделываемого на территории РФ и последующее его использование в технологии солода и пива. Благодаря сочетанию генетических и технологических свойств именно озимая тритикале представляет интерес с научной точки зрения в области биотехнологии бродительных производств.

Цель: Изучение органолептических и физико-химических показателей качества пива с использованием солода и зерна нового сорта озимой тритикале выведенного на территории Самарской области для реализации программы импортозамещения.

Материалы и методы: Материалами для исследований служили полученные экспериментальные образцы пива с различным содержанием соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале сорта Спика. Определение органолептических показателей осуществлялось согласно ГОСТ 30060-22 с привлечением респондентов для дегустационной оценки напитка. Физико-химические свойства определяли с использованием следующей нормативно-технической документации: ГОСТ 12787-2021, ГОСТ 12788-87, 12789-2022, ГОСТ 12789-2022, ГОСТ 34789-2021.

Результаты: Получены опытные образцы пива с 10, 15 и 25%-ным содержанием солода и зерна тритикале сорта Спика. При исследовании органолептических свойств установлено, что применение тритикалевого солода массовой долей 15 % от общего объема используемых зернопродуктов является наилучшим по сравнению с другими вариантами опытных образцов.

Выводы: В ходе проведения эксперимента было установлено, что наилучшие свойства показал образец пива с содержанием 15 % тритикалевого солода, однако у образца с содержанием 20 % солода из озимой тритикале наблюдалась наилучшая пеностойкость. В целом экспериментальные исследования показали прямую зависимость массовой доли вносимого солода и зерна тритикале сорта Спика на органолептические и физико-химические свойства готового напитка. Полученные результаты исследований позволяют специалистам бродительной отрасли расширить ассортимент выпускаемой продукции из отечественного сырья, использовать тритикалевый солод в качестве замены используемых ранее в производстве импортных солодов (например, пшеничного или ржаного), а также значительно сократить время при разработке новых или корректировки существующих рецептур получения различных марок пива на отечественном рынке пивоваренной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

озимая тритикале; сорт Спика; тритикалевый солод; несоложенное зерно; производство пива; органолептические показатели качества; физико-химические показатели; индустрия брожения

Organoleptic and physicochemical quality indicators of beer using winter triticale malt and grain

¹ Samara State Agrarian University,
Samara, Russian Federation

² SSRAI – Branch of SamSC RAS,,
Samara, Russian Federation

³ Samara State Technical University,,
Samara, Russian Federation

Dmitry V. Zipaev¹, Andrey N. Makushin¹, Tatyana A. Goryanina²,
Alexander N. Kozhukhov³

CORRESPONDENCE:

Dmitry V. Zipaev

E-mail: dvz7@mail.ru

FOR CITATIONS:

Zipaev, D.V., Makushin, A.N., Goryanina, T.A., & Kozhukhov, A.N. (2025).

Organoleptic and physicochemical quality indicators of beer using winter triticale malt and grain. *Storage and Processing of Farm Products*, 33(1), 82-94. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.1.619>

RECEIVED: 11.10.2024

REVISED: 05.03.2025

ACCEPTED: 15.03.2025

PUBLISHED: 31.03.2025

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Introduction: Considering the high rates of import substitution processes in the brewing industry, the most promising direction is the use of non-traditional plant raw materials grown in the Russian Federation and their subsequent use in malt and beer technology. Due to the combination of genetic and technological properties, winter triticale holds significant interest in the field of biotechnology of fermentation industries.

Purpose: To study organoleptic and physicochemical indicators of beer quality using malt and grain of a new variety of winter triticale bred in the Samara region for the implementation of the import substitution program.

Materials and Methods: The obtained experimental samples of beer with different contents of malted and unmalted raw materials of Spica winter triticale variety served as the materials for the research. The organoleptic indicators were determined according to GOST 30060-22 and with a tasting assessment of the drink by the respondents. The physicochemical properties were determined using: GOST 12787-2021, GOST 12788-87, 12789-2022, GOST 12789-2022, GOST 34789-2021.

Results: Experimental samples of beer with 10, 15 and 25 % malt and triticale grain of the Spica variety were obtained. The analysis of the organoleptic properties demonstrated that a 15 % triticale malt inclusion (by total grain product volume) yielded superior results compared to the other experimental samples.

Conclusion: During the experiment, it was found that the best properties were demonstrated by a beer sample containing 15 % triticale malt, but the best foam stability was observed in a sample containing 20 % winter triticale malt. In general, the experimental studies showed a direct dependence of the mass fraction of added malt and triticale grain of the Spica variety on the organoleptic and physicochemical properties of the finished drink. The obtained research results will allow specialists in the fermentation industry to expand the range of products manufactured from domestic raw materials, use triticale malt as a replacement for previously used imported malts (for example, wheat or rye), and significantly reduce the time required to develop new or adjust existing recipes for obtaining various brands of beer on the domestic brewing market.

KEYWORDS

winter triticale; Spica variety; triticale malt; unmalted grain; beer production; organoleptic quality indicators; physicochemical indicators; fermentation industry

ВВЕДЕНИЕ

В виду значительного перераспределения потоков поставляемого сырья из-за рубежа для пивоваренной отрасли, а также политики его импортозамещения ушедших с рынка ряда ключевых поставщиков, значительных изменений в ассортименте выпускаемой продукции пивоваренными компаниями из-за аннулирования лицензий на выпуск продукции иностранных брендов, становится все более актуальным вопрос разработки новых сортов пива, не уступающих по качеству и категории ушедших с потребительского рынка компаний поставщиков сырья и готовой продукции (Bogdan et al., 2017; Goode et al., 2006). Одной из важнейших задач становится реализация проектов разработки новых российских сортов пива с использованием местных зерновых культур (Баланов и соавт., 2017; Моргунова и соавт., 2022). Наиболее перспективным направлением переработки нетрадиционного растительного сырья в технологии бродительных производств с экономической и технологической точек зрения является применение одного из новых сортов озимой тритикале, выведенных на территории Самарской области в Самарском НИИСХ — филиале СамНЦ РАН (Горянина, 2022). Данная культура обладает значительным потенциалом для использования в пивоваренной отрасли, как с технологической точки зрения, так и с точки зрения ее качественных характеристик (Зипаев и соавт., 2017; Glatthar et al., 2002).

В научной литературе отсутствуют исследования посвященные изучению свойств пива полученного с использованием нового сорта озимой тритикале выведенного и районированного в зоне рискованного земледелия, к которой относится Самарская область.

Цель текущего исследования: изучение органолептических и физико-химических показателей качества пива с использованием солода и зерна нового сорта озимой тритикале выведенного на территории Самарской области для реализации программы импортозамещения. Исследовательские вопросы:

RQ#1: Насколько целесообразно использование нового сорта озимой тритикале в качестве сырья для пивоваренной отрасли в Российской Федерации?;

RQ#2: Каковы органолептические свойства пива, полученного с использованием соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале?;

RQ#3: Каковы физико-химические показатели качества пива, произведенного с использованием соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале?

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Основные направления исследования озимой тритикале

Современные исследования сосредоточены не только на использовании тритикале, как культуры как таковой в соложенном и несоложенном виде (Pribić et al., 2024), но и посвящены изучению реологических свойств (Rosa et al., 2022) получаемого сусла при различном соотношении зерна или солода из тритикале к ячменному солоду. Ячменный солод был и остаётся базовым компонентом зернового сырья при производстве пива и играет роль стабилизирующего агента при неблагоприятных технологических условиях процесса затирания и фильтрации сусла (Тян и соавт., 2021). В частности, Glatthar et al. (2003) и Ambriz-Vidal et al. (2019), делают акцент на увеличение вязкости получаемого сусла из зерна и солода тритикале. Существенное значение имеет белковый состав того или иного сорта тритикале выведенные учеными-селекционерами в различных почвенно-климатических зонах. Отсюда и весьма широкий диапазон полученных результатов исследований: у одних исследователей требуется дополнительное использование различных ферментативных препаратов, (Bogdan et al., 2017; Кобелев и соавт., 2016) у других — без их использования (Моргунова и соавт., 2022; Grujić et al., 2007; Rosa et al., 2022) получают весьма достойные результаты: удалось снизить вязкость сусла до 1,5 мПа·с, благодаря использованию инфузии на стадии затирания или использованию смеси солодов полученных из зерна различных сортов озимой тритикале при получении пивного сусла.

Область применения озимой тритикале

Подход к подбору сортов тритикале для использования в производстве напитков брожения представляет собой перспективное направление исследований. Долгое время этот гибрид пшеницы и ржи использовался преимущественно в качестве кормовой культуры как в нашей стране (Шпилев и соавт., 2023; Гольдварг и соавт., 2010; Потапова и соавт., 2009), так и в странах Европы (Lithourgidis et al., 2018; Giunta et al., 2016; De Zutter et al., 2023) и Северной Америки (Ayalew et al., 2018; Gill et al., 2016). Однако расширение сфер его применения в пищевой промышленности может существенно повысить его значимость как зерновой культуры. Glatthar et al., 2003 и Cadenas et al. (2021) отмечают, что использование ферментов при получении тритикалевого сусла с использованием соложенного и несоложенного сырья (Glatthar et al., 2005) снижает его вязкость и повышает его массовую долю с 60 до 80 % в общем объеме используемых зернопродуктов при получении пива (Grujić et al., 2010; 2007).

Применение в технологии бродильных производств

В российских публикациях (Кобелев и соавт., 2014) с точки зрения использования в бродильных производствах в основном использовались сорта тритикале культивируемые на территориях Ростовской, Кировской и Московской областей (Кобелев и соавт., 2016; Кобелев и соавт., 2013). Существенная роль при исследованиях отводилась изучению экстрактивности получаемого светлого и темного тритикалевого солода, а также уделено внимание изучению содержания крахмала и белка, а также подбору комплекса ферментных препаратов для увеличения выхода экстрактивных веществ в процессе затирания зернопродуктов (Оверченко и соавт., 2014). Другие же ученые рассматривают возможность использование тритикале не только в пивоваренной отрасли, но и для использования солода из различных сортов тритикале для расширения ассортимента кваса (Волкова и соавт., 2015) или вовсе для получения этилового спирта в ликеро-водочной промышленности (Калужина и соавт., 2024).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объектами исследования являются образцы пива полученные посредством проведения шести экспериментальных варок пива с использованием зерна и солода из озимой тритикале сорта «Спика» (Таблица 1).

Таблица 1

Соотношение компонентов, в ходе экспериментальных варок

Table 1

Ratio of Components During Experimental Brews

Номер экспериментальной варки	Компоненты и их процентное соотношение в заторе, %		
	Ячменный солод	Зерно тритикале	Солод тритикале
1	90	10	—
2	85	15	—
3	80	20	—
4	90	—	10
5	85	—	15
6	80	—	20

Материалы и оборудование

Основываясь на ранее проведенном изучении показателей качества, выведенных научно-исследовательским институтом сортов и линий озимой тритикале (Зипаев и соавт., 2024), нами был выделен сорт «Спика», как наиболее подходящий к дальнейшему проведению экспериментов по определению параметров процесса солодоращения и, как следствие получению опытных образцов пива с различным содержанием соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале.

Для приготовления нового пивного напитка использовалось зерно озимой тритикале сорта «Спика», выведенного в лаборатории селекции серых хлебов Самарского НИИСХ — филиала СамНЦ РАН.

Сорт озимой тритикале «Спика» — гексаплоидный. К внешним особенностям можно отнести: средней длинны колос (от 7,0 до 9,5 см) призматической формы, средней плотности (от 21 до 26 члеников на 10 см стержня); листья средней длины, зеленые,

без воскового налета; тип куста — полу прямо-
стоячий; стебель характеризуется средней толщиной,
он полый, прочный; высота не превышает 118 см.
Данный сорт выделяется хорошей зимостойко-
стью, высокой устойчивостью к засухе, лёгкостью
обмолачивания, а также отсутствием осыпания.
Обладает высокой густотой продуктивного стебле-
стоя 472 ст./м². Коэффициент хозяйственной по-
лезности колоса тритикале сорта Спика составляет
от 70 до 89%, а масса 1000 зерен колеблется от 31,7
до 48,7 г. (Шевченко и соавт., 2022)¹.

В процессе изучения основных параметров техно-
логического процесса солодоращения озимой три-
тикале была задействована лабораторная установ-
ка по методике МЕВАК (Pribićetal., 2024). Благодаря
климатической камере, в последствии, был получен
солод, используемый в дальнейшем при проведении
экспериментальных варок пива (Макушин, 2015).

В свою очередь, в качестве базового нами исполь-
зовался светлый пивоваренный ячменный солод,
произведенный на территории РФ, а также грану-
лированный хмель *Magnum*, который относится
к горьким видам, придающим сортам пива выра-
женную горечь, с легкими цветочно-фруктовыми
тонами. Используемый нами хмель *Magnum* содер-
жит 12–13% α-горьких кислот и 5–7% β-горьких
кислот, содержание хмелевого масла от 1,6 до 2,6
мл/100 г., влажность его не более 7,5%, а размер
гранул от 0,5 до 1,5 мм с Ø до 0,6 см. Для приго-
товления пива использовались дрожжи низового
брожения *SafLagerS-23*, которые достаточно быстро
выпадают в осадок и по способности флокуиро-
вать относятся ко второму классу. Вода, используе-
мая для приготовления пива, соответствовала тре-

бованиям нормативно-технической документации
(СанПин 1.2.3685)².

Методы и процедура

Все экспериментальные варки пива осуществляли
на пивоваренном модуле. В процессе разработки
схемы опытных варок пива с применением соло-
да и зерна озимой тритикале сорта «Спика», нами
был определен диапазон доли внесения нового со-
ложенного и несоложенного сырья в общую массу
используемых зернопродуктов при затирании с це-
лью определения в последующей рецептуре нового
сорта пива. Полученные в последствии опытные
образцы пива были проанализированы по орга-
нолептическим (прозрачность, цвет, аромат, вкус,
пенообразование, пеностойкость) в соответствии
с ГОСТ 30060–22³ и физико-химическим показате-
лям (объемная доля этилового спирта, экстрактив-
ность начального сусла, цветность пива, содержа-
ние изогумулон, содержание диацетила, массовая
доля белка по Кьельдалю) в соответствии с ГОСТ
12787–2021⁴, ГОСТ 12788–87⁵, 12789–2022⁶ и ГОСТ
34789–2021⁷.

Анализ данных

Данные, полученные в результате проведенных
исследований в трехкратной повторности, подвер-
гались статистической обработке (методом опре-
деления погрешности прямых измерений) экспе-
риментальных данных с помощью лицензионного
программного обеспечения Microsoft Excel 2013.

¹ Каталог сортов Самарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова / С.Н. Шевченко, А.А. Вьюшков А.В. Милехин и др.; Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук. — Самара: Самарский научный центр РАН, 2022. — 64 с.

² СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». — М.: Издательство стандартов. 2021. — 986 с.

³ ГОСТ 30060–2022 (2022) Пивоваренная продукция. Методы определения органолептических показателей. М.: Российский институт стандартизации

⁴ ГОСТ 12787–2021 (2021) Продукция пивоваренная. Методы определения объемной доли этилового спирта, массовой доли действующего экстракта и расчет экстрактивности начального сусла. М.: Российский институт стандартизации

⁵ ГОСТ 12788–87 (2011) Пиво. Методы определения кислотности. М.: Стандартиформ

⁶ ГОСТ 12789–2022 (2022) Пивоваренная продукция. Методы определения цвета. М.: Российский институт стандартизации

⁷ ГОСТ 34789–2021 (2021) Продукция пивоваренная. Идентификация. Определение массовой концентрации общего азота методом Кьельдаля. М.: Российский институт стандартизации

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование органолептических свойств напитка

Результаты исследований органолептических свойств пива с 10%-ной добавкой сырья озимой тритикале

Полученные в ходе экспериментальных варок образцы пива были изучены по органолептическим показателям качества. На Рисунке 1 представлена профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 10 % солода и зерна тритикале.

Как следует из данных представленных на Рисунке 1 исследуемый образец тритикалевого пива имеет горечь, которая уступает только образцу с 15%-ным содержанием соложенного сырья (Рисунок 2). В свою очередь, у образца с содержанием несоложенного сырья наблюдается минимальная насыщенность диоксида углерода по сравнению со всеми остальными исследуемыми образцами пива. Тем не менее, образец с содержанием солода

из тритикале имеет самую большую опалесценцию, которая сохраняется и у образца пива с содержанием 15%-ной добавки солода. Аромат и прозрачность пива у образцов с содержанием 10%-ной добавки зерна и солода из озимой тритикале имеет в целом среднее значение среди исследуемых образцов пива.

Результаты исследований органолептических свойств пива с 15%-ной добавкой сырья озимой тритикале

На Рисунке 2 представлена профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 15 % солода и зерна тритикале.

Из Рисунка 2 следует, что образец пива с содержанием солода 15 % показал самые высокие органолептические свойства по четырем показателям: горечь, цвет, аромат и прозрачность. Насыщенность CO₂ у образцов пива с содержанием 15 % солода и зерна на одном уровне с образцом пива содержащем 20 %-ную добавку солода.

Рисунок 1

Профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 10 % солода и зерна тритикале

Figure 1

Profilogram of the Organoleptic Characteristics of Beer Containing 10 % Malt and Triticale Grain

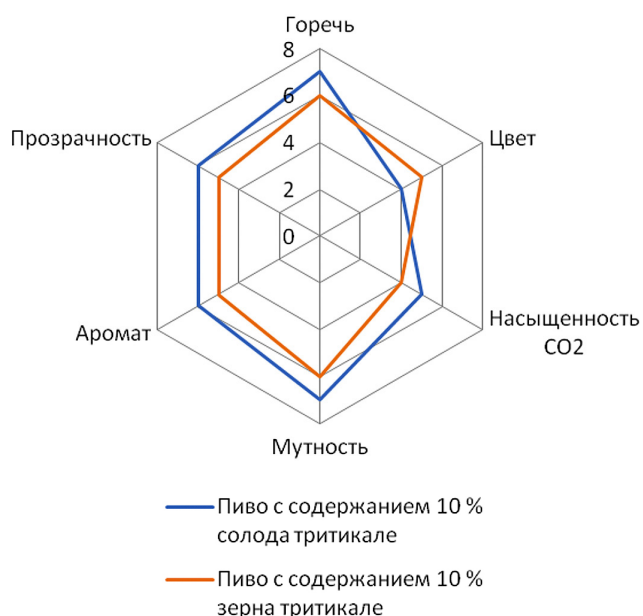
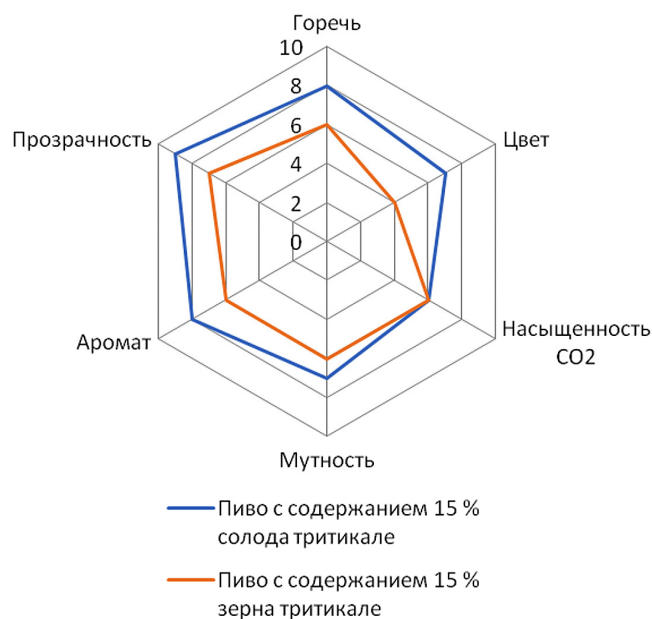


Рисунок 2

Профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 15 % солода и зерна тритикале

Figure 2

Profilogram of the Organoleptic Characteristics of Beer Containing 15 % Malt and Triticale Grain



Результаты исследований органолептических свойств пива с 20%-ной добавкой сырья озимой тритикале

На Рисунке 3 представлена профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 20 % солода и зерна тритикале.

Как следует из представленных результатов (Рисунок 3) образцы с содержанием соложенного и несоложенного сырья тритикале в отличие от других образцов пива с одинаковым содержанием зерно-продуктов имеют одинаковые значения по горечи и прозрачности. Тем не менее, такие показатели, как цвет, мутность и аромат у образцов с 20%-ным содержанием солода и зерна различен из-за особенностей исходного сырья при получении пива (солодоращение и содержание клейковины в зерне тритикале). Наблюдаются более яркие органолептические свойства у образца, содержащего 20%-ную добавку солода.

Анализ профилограмм позволяет отследить тенденцию, при которой органолептические показате-

тели пива с использованием солода тритикале превосходят значения своих аналогов, использующих вместо солода зерно тритикале. Среди всех образцов пива наилучшими значениями органолептических показателей обладал образец, содержащий 15 % солода тритикале.

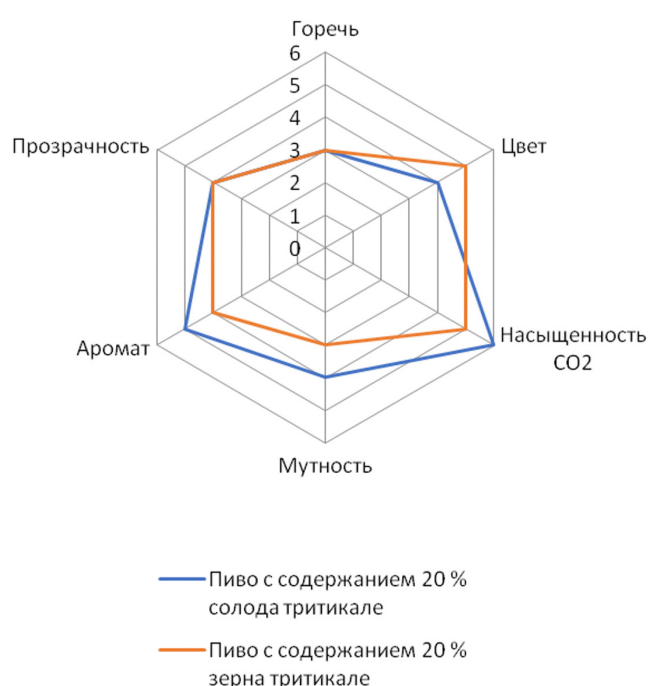
Горечь, прозрачность, аромат и цвет напитка с использованием 15 % солода тритикале, были выше на 2 ед., по сравнению с образцом, содержащим 15 % несоложенного зерна озимой тритикале. По показателю мутности пива, значение у образца с содержанием 15 % тритикалевого солода, был значительно выше, чем с таким же содержанием несоложенного сырья в пиве. В свою очередь, доля диоксида углерода для двух образцов напитков была идентичной. Тем не менее, образец с содержанием 15 % зерна и солода из тритикале, значительно уступал по насыщенности диоксидом углерода образцу, содержащему 20 % зерна тритикале. Остальные органолептические показатели напитка с содержанием 20 % добавки зерна и солода по сравнению с напитком, содержащим 15 % солода из зерна тритикале были значительно ниже (горечь, прозрачность, мутность) или одинаковыми (аромат напитка) по сравнению с напитком, содержащим 15 % солода из зерна тритикале.

Рисунок 3

Профилограмма оценки органолептических показателей пива, содержащего 20 % солода и зерна тритикале

Figure 3

Profilogram of the Organoleptic Characteristics of Beer Containing 20 % Malt and Triticale Grain



Исследование физико-химических свойств напитка

Исследование физико-химических свойств полученных образцов пива осуществлялось по восьми показателям: экстрактивность начального сусла, содержание алкоголя, кислотность, цветность, содержание изогумулон, содержание диацетила, общее содержание белка, высота пены, пеностойкость. Результаты которых представлены в Таблице 2.

Как видно из Таблицы 2, с увеличением доли несоложенного тритикале в рецептуре пива, происходит снижение экстрактивности начального сусла. В результате образец с максимальным содержанием заменителя ячменного солода (20%), показал самое низкое значение экстрактивности начального сусла, аналогичное с заменой зерном тритикале — 11,5 %. В зависимости от начальной экстрактивности сусла, зависит также концентрация этилового спирта в напитке. Это связано с увеличением сбраживаемых сахаров в сусле, имеющих важное значе-

Таблица 2

Физико-химические показатели пива с использованием солода и зерна тритикале

Table 2

Physicochemical Parameters of Beer Using Malt and Triticale Grain

№ п/п	Показатели	Процентное соотношение сырья при затирании					
		10 % несо- ложенного тритикале	10 % солод из тритикале	15 % несо- ложенного тритикале	15 % солод из тритикале	20 % несо- ложенного тритикале	20 % солод из тритикале
1	Экстрактивность началь- ного сусла, %	11,6	11,7	11,95	12,1	11,5	11,55
2	Массовая доля этилового спирта, % об.	4,75	4,73	4,9	5	4,53	4,55
3	Кислотность, к. ед.	1,3	1,4	2,1	1,9	2,8	3,0
4	Цветность, ц.е.	0,8	1,1	0,7	1,7	0,65	2,4
5	Содержание изогумулон, мг/л	12,5	12,1	12,9	13,2	16,1	16,6
6	Содержание диацетила, мг/л (0,4–1)	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,08
7	Общий белок, % (63–76)	60,0	59,4	57,0	56,0	63,7	64,4
8	Высота пены (не менее 40 мм)	+	+	+	+	+	+
9	Пеностойкость, мин	4	4	4	4	4	5

ние для дрожжей, которые в процессе метаболизма образуют алкоголь. Подобная закономерность прослеживается в Таблице 2, где в образце пива с добавлением 20 % несоложенного тритикале, с наименьшей экстрактивностью начального сусла в 11,5 %, наблюдалась наименьшая объемная доля этилового спирта, составляющая 4,53 %, что на 0,47 % меньше, чем у образца с наибольшей объемной долей этилового спирта. Аналогичные значения получились для образца с содержанием 15 % соложенного тритикале. В данном образце, при наибольшем значении экстрактивности начального сусла, в 12,1 %, среди всех образцов, прослеживалась максимальная объемная доля этилового спирта в 5 %.

Цветность пивных напитков, с использованием несоложенного тритикале, закономерно снижается, в зависимости от доли зерна тритикале, вплоть до 0,65 ед. ц. А у напитков, с использованием солода тритикале, наоборот, возрастает, и достигает значений в 2,4 ед. ц. Это обусловлено изменением цветности сусла, с добавлением используемых заменителей ячменного солода. А вследствие изме-

нения цветности сусла закономерно изменяется цветность готового напитка.

Образование диацетила в пиве зависит в первую очередь от бродильной активности используемых дрожжей, чем выше данный показатель, тем быстрее дрожжи синтезируют данный компонент, и тем быстрее он трансформируется в бутандиол. Косвенно, на процесс образования диацетила, влияет скорость роста самих дрожжей, в свою очередь, данный показатель зависит от содержания аминокислот в сусле, которые являются для дрожжей питательными компонентами, используемыми, для развития и роста. Показатель общего содержания белка, включает в себя содержащиеся в сусле аминокислоты. Поэтому, следовательно, чем выше данный показатель, тем больше аминокислот содержится в сусле, а значит и питания для дрожжей будет больше, в результате чего, диацетила будет образовываться закономерно больше. В Таблице 2 представлена подобная зависимость, у напитка содержащего 20 % солода тритикале, наблюдалось наибольшее значение белка, в 64,4 %,

среди всех образцов, как и большее содержание диацетила, 0,08 мг/л.

Пеностойкость пива зависит от наличия поверхностно-активных веществ в продукте, к ним относят полипептиды и горькие вещества хмеля. Следовательно, по количеству белка и содержанию изогумулон в напитке можно судить о пеностойкости получаемого продукта (Таблица 2). Так, пиво с содержанием 20% солода тритикале, обладал наибольшей пеностойкостью, составляющей 5 мин, при наивысших значения белка, в 64,4%, из всех анализируемых образцов напитка. Также, данный образец имел наибольшее значение содержания изогумулон, в 16,6 мг/л, что дополнительно подтверждает зависимость пеностойкости напитка от содержания полипептидов и горьких веществ хмеля.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящем исследовании были проанализированы органолептические и физико-химические характеристики шести экспериментальных образцов пива, полученных с использованием от 10 до 20% соложенного и несоложенного зерна нового сорта озимой тритикале «Спика».

Полученные результаты в целом коррелируют с данными, представленными в работах польских исследователей (Cioch-Skoneczny et al., 2019; Zdaniewicz et al., 2020), в которых особое внимание уделено варьированию технологических параметров производства пива (Zdaniewicz et al., 2020), а также исследованию различных соотношений компонентов пивного сусла (Cioch-Skoneczny et al., 2019). В частности, в работе Cioch-Skoneczny и соавт. (2019) описаны три варианта соотношений тритикалевого и ячменного солодов: 1:0, 1:1 и 0:1, что представляет интерес для сопоставления с нашими экспериментальными образцами.

Наибольшее сходство по составу с образцами, исследованными в данной работе, демонстрирует образец пива с 10% содержанием тритикалевого солода, описанный в публикации Zdaniewicz et al. (2020). При сравнительном анализе было установлено, что изученные нами образцы отличаются по ряду показателей: цветность — на 41,8%, кислотность — на 6%, массовая доля этилового спир-

та — на 26%. Причины таких расхождений могут быть связаны с различиями в химическом составе зерна озимой тритикале, особенностями технологических параметров процесса соложения и пивоварения, а также с использованием различных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

По содержанию диацетила наблюдается полное соответствие между нашими образцами и образцами, представленными в работах Cioch-Skoneczny et al. (2019) — 0,05 мг/л. Это указывает на корректность выбора температурных режимов на стадиях основного брожения и дображивания, обеспечивающих стабильные показатели по данному параметру.

При сравнении органолептических характеристик исследуемых напитков с образцами, полученными польскими исследователями (Cioch-Skoneczny et al., 2019; Zdaniewicz et al., 2020), установлено, что наши образцы уступают по показателю цветности. Это, по-видимому, обусловлено меньшей долей тритикалевого солода в рецептуре: в польских исследованиях его содержание варьировалось от 50 до 100%, тогда как в нашей работе не превышало 20%.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение доли соложенного или несоложенного зерна озимой тритикале в составе рецептуры до 15% при одновременном снижении содержания ячменного солода способствует улучшению как органолептических, так и физико-химических показателей пива. Эти результаты подтверждают потенциал использования озимой тритикале нового сорта в технологии пивоварения и создают основу для дальнейших исследований по оптимизации состава и технологических параметров производства напитка.

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации полученных результатов. Во-первых, работа ограничена изучением одного сорта озимой тритикале («Спика»), что сужает возможность обобщения выводов на другие генотипы. Во-вторых, исследование проводилось в условиях лабораторного пивоварения, что может не в полной мере отражать особенности промышленного технологического процесса. Кроме того, дегустационная оценка

органолептических показателей базировалась на выборке ограниченного числа респондентов, не репрезентативной для широкой потребительской аудитории. Также не рассматривались микробиологические аспекты стабильности полученных напитков и влияние длительного хранения на их качество. В дальнейшем требуется расширение экспериментальной базы, включение дополнительных сортов тритикале, анализ влияния штаммов дрожжей, а также оценка потребительских предпочтений в более широком масштабе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования были охарактеризованы шесть экспериментальных образцов пива, отличающихся содержанием соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале. Оценка проводилась по шести органолептическим показателям (горечь, цвет, насыщенность диоксидом углерода, мутность, аромат, прозрачность) и девяти физико-химическим параметрам (экстрактивность начального сусла, массовая доля этилового спирта и белка, кислотность, цветность, содержание изогумулона и диацетила, пеностойкость, пенообразование).

Установлено, что добавление 15 % солода из озимой тритикале сорта «Спика» обеспечивает оптимальный баланс органолептических и физико-химических характеристик готового напитка. Полученные данные подтверждают возможность эффективного замещения импортного соложенного и несоложенного сырья отечественным аналогом без потери качества пива.

Результаты настоящего исследования представляют практическую ценность для производителей пивоваренной продукции, способствуя расширению ассортимента за счет внедрения инновационных рецептур с использованием зернового сырья отечественной селекции. Это открывает перспективы не только для российских предприятий, но и для производителей государств — участников ЕАЭС.

В дальнейшем предполагается сосредоточить внимание на оптимизации технологических параметров процесса получения пива с включением соложенного и несоложенного сырья озимой тритикале, включая масштабирование производства и оцен-

ку стабильности потребительских характеристик на разных этапах хранения.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Дмитрий Владимирович Зипаев: контроль, планирование и проведение исследования; создание черновика рукописи; редактирование рукописи.

Андрей Николаевич Макушин: проверка воспроизводимости результатов исследования; создание и подготовка рукописи.

Татьяна Александровна Горянина: создание и подготовка рукописи; визуализация полученных данных.

Александр Николаевич Кожухов: проверка воспроизводимости результатов исследования; создание и подготовка рукописи.

AUTHOR'S CONTRIBUTION

Dmitry V. Zipaev: supervision; writing — review & editing.

Andrey N. Makushin: verification, writing — review & editing.

Tatyana A. Goryanina: visualization, writing — review & editing.

Alexander N. Kozhukhov: verification, writing — review & editing.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Баланов, П.Е., Смотраева, И.В., Иванченко, О.Б., & Хабибуллин, Р.Э. (2017). Исследование вторичных материальных ресурсов при производстве солода из тритикале. *Вестник Технологического университета*, 20(14), 116–119.
- Balanov, P.E., Smotraeva, I.V., Ivanchenko, O.B., & Xabibullin, R.E. (2017). Issledovanie vtorichny'x material'ny'x resursov pri proizvodstve soloda iz tritikale. *Herald of Technological University*, 20(14), 116–119. (In Russ.)
- Волкова, Т.Н., Селина, И.В., Созинова, М.С., & Осипов, В.В. (2015). Микобиота зерна озимой тритикале как пивоваренного сырья. *Пиво и напитки*, (6), 26–31.
- Volkova, T.N., Selina, I.V., Sozinova, M.S., & Osipov, V.V. (2015). Mycobiota of winter triticales grain as brewing raw material. *Beer and Beverages*, (6), 26–31. (In Russ.)
- Гольварг, Б.А., Гриценко, В.Г., Бораева, Л.Н., & Ковтушенко, В.Я. (2010). Озимая тритикале — ценная кормовая культура. Тритикале: материалы международной научно-практической конференции (с. 284–287). Ростов-на-Дону: Издательство «Юг».
- Goldvarg, B.A., Gritsienko, V.G., Boraeva, L.N., & Kovtunencko, V.Ya. (2010) Winter — annual triticales is valuable green crop *Triticales: Proceedings of international scientific-practical conference* (pp. 284–287). Rostov-on-Don: Publishing House South. (In Russ.)
- Горянина, Т.А. (2022). Новые сорта озимой тритикале селекции Самарского НИИСХ. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки*, 1(3), 26–32. <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-3-26-32>
- Goryanina, T.A. New varieties of winter triticales selection of the Samara Research Institute. *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences*, 1(3), 26–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-3-26-32>
- Зипаев, Д.В., Макушин, А.Н., Горянина, Т.А., & Кожухов, А.Н. (2024). Изучение показателей качества зерна и солода из озимой тритикале для использования в пивоваренной отрасли на территории Приволжского федерального округа. *Актуальные вопросы аграрной науки. Труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции* (с. 304–308.). Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.
- Zipaeve, D.V., Makushin, A.N., Goryanina, T.A., & Kozhukhov, A.N. (2024). Study of grain and malt quality indicators from winter triticales for use in the brewing industry in the territory of the Volga Federal District. *Aktual'ny'e voprosy` agrarnoj nauki. Trudy` Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* (pp. 304–308). Nal'chik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU. (In Russ.)
- Зипаев, Д.В., & Никитченко, Н.В. (2017). Изучение качества и показателей безопасности пивного напитка с тритикале хроматографическим методом. *Пиво и напитки*, (2), 28–32.
- Zipaeve, D.V., & Nikitchenko, N.V. (2017). Study of quality and safety of beer whith triticales by chromatographic metod. *Beer and Beverages*, (2), 28–32. (In Russ.)
- Калужина, О.Ю., Леонова, С.А., Кузнецова, Е.А., & Латыпова, Р.Р. (2024). Разработка способа получения нового штамма дрожжей для спиртового производства. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 32(2), 51–66. <https://doi.org/10.36107/spfp.2024.2.543>
- Kaluzhina, O.Yu., Leonova, S.A., Kuznetsova, E.A., & Latypova, R.R. (2024). Development of a method for obtaining a new yeast strain for the alcohol industry. *Storage and Processing of Farm Products*, 32(2), 51–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2024.2.543>
- Кобелев, К.В., Бойков, А.В., Грибкова, И.Н., Селина, И.В., & Созинова, М.С. (2014). Производство солода из тритикале для напитков брожения. *Пиво и напитки*, (5), 36–39.
- Kobelev, K.V., Boikov, A.V., Gribkova, I.N., Selina, I.V., & Sozinova, M.S. (2014). Triticales malt production for beverages. *Beer and Beverages*, (5), 36–39. (In Russ.)
- Кобелев, К.В., Гернет, М.В., & Хурушудян, С.А. (2016). Тритикале — перспективная зерновая культура для натуральных напитков брожения. *Пиво и напитки*, (3), 26–29.
- Kobelev, K.V., Gernet, M.V., & Hurushudjan, S.A. (2016). Triticales — A promising crops for natural fermented beverages. *Beer and Beverages*, (3), 26–29. (In Russ.)

- Кобелев, К.В., Грибкова, И.Н., Бойков, А.В., Селина, И.В., Созинова, М.С., & Лаптева, Н.К. (2013). Мониторинг качества ржи и тритикале. *Пиво и напитки*, (1), 40–43.
- Kobelev, K.V., Gribkova, I.N., Boikov, A.V., Selina, I.V., Sozinova, M.S., & Lapteva, N.K. (2013). Monitoring of quality of a rye and triticum, which were grown. *Beer and Beverages*, (1), 40–43. (In Russ.)
- Макушин, А.Н. (2015). Технология производства просяного солода. *Вклад молодых ученых в аграрную науку. Труды Международной научно-практической конференции* (с. 470–474). Кинель: ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.
- Makushin, A.N. (2015). Tekhnologiya proizvodstva prosyanogo soloda. *Vklad molody`x ucheny`x v agrarnuyu nauku. Trudy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (с. 470–474). Kinel': FGBOU VO Samarskaya GSXA. (In Russ.)
- Моргунова, Е.М., Кулаковская, В.И., & Симоненко, С.В. (2022). Натуральные напитки брожения на зерновом сырье: инновации, технологии, решения. *Пищевая промышленность*, (11), 80–84. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.018>
- Morhunova, E.M., Kulakovskaya, V.I., & Simonenko, S.V. (2022). Natural fermentatoin beverages on grain raw materials: Innovations, technologies, solutions. *Food Industry*, (11), 80–84. (In Russ.) <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.018>
- Оверченко, М.Б., Игнатова, Н.И., Серб, Е.М., Шелехова, Н.В., Веселовская, О.В., Абрамова, И.М., & Римарева, Л.В. (2014). Исследование различных сортов тритикале для использования их в спиртовом производстве. *Пиво и напитки*, (6), 14–18.
- Overchenko, M.B., Ignatova, N.I., Serba, E.M., Shelehova, N.V., Veselovskaya, O.V., Abramova, I.M., & Rimareva, L.V. (2014). Study triticales different varieties for use in alcohol production. *Beer and Beverages*, (6), 14–18. (In Russ.)
- Потапова, Г.Н., & Жакубеков, К.К. (2009). Озимые рожь и тритикале — важная часть зеленого конвейера. *Земледелие*, (6), 24–25.
- Potapova, G.N., & Zhakubekov, K.K. Winter rye and triticale are the important part of the green production line. *Zemledelie*, (6), 24–25. (In Russ.)
- Тян, А., & Баязитова, М.М. (2021). Подбор режима затирания при приготовлении пивного сусла с использованием пшеничного солода. *Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия химии и технологии*, (3), 94–98. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1491.57>
- Tyan, A., & Bayazitova, M.M. (2021). Selection of the mashing mode in the preparation of beer wort using wheat malt. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, (3), 94–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1491.57>
- Шпилев, Н.С., Лебедько, Л.В., Шепелев, С.И., Ториков, В.Е., & Мельникова, О.В. (2023). Тритикале — важная кормовая культура. *Вестник Брянской ГСХА*, 4(98), 19–24. <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-98-4-19-24>
- Shpilyov N.S., Lebed'ko L.V., Shepelev S.I., Torikov V.E., & Mel'nikova, O.V. (2023). Triticale is an important forage crop. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 4(98), 19–24 (In Russ.). <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-98-4-19-24>
- Ambriz-Vidal, T.N., Mariezcurrena-Berasain, M.D., Heredia-Olea, E., Pinzon Martinez, D.L., & Gutierrez-Ibañez, A.T. (2019). Potential of triticale (X Triticosecale Wittmack) malts for beer wort production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 77(4), 282–286. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1670030>
- Bogdan, P., & Kordialik-Bogacka, E. (2017). Alternatives to malt in brewing. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.001>
- Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., & Blanco, C.A. (2021). Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer. *Foods*, 10(8), 1726. <https://doi.org/10.3390/foods10081726>
- Cioch-Skoneczny, M., Zdaniewicz, M., Pater A., & Skoneczny, S. (2019). Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer. *European Food Research and Technology* 245(7), 1431–1437. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03284-2>

- Gill, K.S., & Omokanye, A.T. (2016). Spring triticale varieties forage yield, nutrients composition and suitability for beef cattle production. *Journal of Agricultural Science*, 8(10), 1–14. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>
- Giunta, F., Motzo, R., Viridis, A., & Cabiglieri, A. (2017). The effects of forage removal on biomass and grain yield of intermediate and spring triticales. *Field Crops Research*, 200, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.002>
- Glatthar, J., Heinisch, J., & Senn, T. (2002). A study on the suitability of unmalted triticale as a brewing adjunct. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 60(4), 181–187. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-60-0181>
- Glatthar, J., Heinisch, J.J., & Senn, T. (2003). The Use of Unmalted Triticale in Brewing and its Effect on Wort and Beer Quality. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 61(4), 182–190. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-61-0182>
- Glatthar, J., Heinisch, J.J., & Senn, T. (2005). Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effects of enzyme activities and composition on beer wort quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(4), 647–654. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1941>
- Goode, D.L., & Arendt, E.K. (2006). Developments in the supply of adjunct materials for brewing. In *Brewing* (pp. 30–67). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845691738.30>
- Grujić, O.S., Pejin, J.D., & Denčić, S.S. (2010). The application of triticale variety Odyssey as the substitute for malt in wort production. *Acta Periodica Technologica*, (41), 7–17. <https://doi.org/10.2298/APT1041007G>
- Grujić, O.S., & Pejin, J.D. (2007). The application of triticale malt as the substitute for barley malt in wort production. *Acta Periodica Technologica*, (38), 117–126. <https://doi.org/10.2298/APT0738117G>
- Habtam, A.T., Kumssa, T.T., Butler, T.J., & Ma, X.-F. (2018). Triticale improvement for forage and cover crop uses in the southern great plains of the United States. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1130. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01130>
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., & Yiakoulaki, M.D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>
- Pribić, M., Kamenko, I., Despotović, S., Mirosavljević, M., & Pejin, J. (2024). Modeling and optimization of triticale wort production using an artificial neural network and a genetic algorithm. *Foods*, 13(2), 343. <https://doi.org/10.3390/foods13020343>
- Rosa, R.S., & Lannes, S.C. (2022). Impact of the use of unmalted adjuncts on the rheological properties of beer wort. *Food Science and Technology*, 42, e101021. <https://doi.org/10.1590/fst.101021>
- Zdaniewicz, M., Pater, A., Hrabia, O., Duliński, R., & Cioch-Skoneczny, M. (2020). Tritordeum malt: An innovative raw material for beer production. *Journal of Cereal Science*, 96, 103095. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103095>
- Zutter, A.D., Landschoot, S., Vermeir, P., Waes, C.V., Muylle, H., Roldán-Ruiz, I., Doudah, L., Boever, J.D., & Haesaert, G. Variation in potential feeding value of triticale forage among plant fraction, maturity stage, growing season and genotype. *Heliyon*, 9(1), e12760. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12760>