

Бажай-Жежерун С.А.

Національний університет харчових технологій

Береза-Кіндзерська Л.В.

Національний університет харчових технологій

БІОЛОГІЧНЕ АКТИВУВАННЯ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

Тритикале – порівняно нова високопродуктивна, господарсько-цінна злакова культура, штучно створена селекціонерами схрещуванням жита з пшеницею. Вирощується як продовольча й зернофуражна сировина.

Метою нашої роботи є наукове й практичне обґрунтування доцільності застосування біологічного активування зерна тритикале для поліпшення його харчової цінності, зокрема підвищення вмісту вітамінів.

Нами визначено основні органолептичні й фізико-хімічні властивості зерна тритикале сортів вітчизняної селекції: Алкід, Поліський 7 і Мольфар.

Встановлено, що всі зразки зерна мають високі значення об'ємної маси, що свідчить про якість і добротність сировини. Згідно з нормами, зерно належить до I класу якості. Вміст сирої клейковини в зерні тритикале складає 23–25% залежно від сортових особливостей.

Досліджено, що значення енергії проростання та здатності проростання для зерна тритикале зазначених сортів перевищує 95%. Життєздатність зародка й потенційна спроможність зерна до пророщування нормальні, оскільки їхні значення мають показник не нижче 90%. Найвищу здатність має зерно тритикале сорту Мольфар (100%).

Відмічено, що в процесі біологічного активування частка білків зерна тритикале, яка піддається гідролізу, складає 14–15%, вуглеводів – 16–17% від їхнього загального вмісту; кількість клітковини зростає на 4–5%, що пояснюється утворенням проростка.

Експериментальними дослідженнями доведено, що інтенсивне гідротермічне оброблення зерна тритикале за холодних режимів сприяє суттєвому збільшенню вмісту вітамінів: кількість аскорбінової кислоти збільшується у 2–4 рази, рутину – у 2–2,5 рази, токоферолів – у 3–3,5 рази. У процесі запропонованої підготовки вміст водорозчинних вітамінів у зерні тритикале також значно підвищується: кількість тіаміну зростає у 2–2,5 рази; рибофлавіну – в 1,5 рази, вміст нікотинової кислоти й холіну збільшується в 1,5–2 рази, інозиту – в 4 рази.

Тривале гідротермічне оброблення за холодних режимів сприяє поліпшенню біологічної цінності зерна тритикале, зокрема суттєвому збільшенню вмісту вітамінів, а також підвищенню біодоступності енергогенних речовин.

Ключові слова: біологічне активування, зерно, тритикале, харчова цінність, вітаміни.

Постановка проблеми. Зернові культури є сировиною для виробництва ряду продуктів, які незамінні в харчовому раціоні – хліб і хлібобулочні вироби, пластівці, крупи. З них також отримують кондитерські вироби, харчові концентрати, екструдовані зернові продукти, зернові батончики, крохмаль, солод і спирт тощо.

Порівняно новою є високопродуктивна, господарсько-цінна культура – тритикале, – штучно створена селекціонерами схрещуванням жита з пшеницею. Вирощується вона як продовольча й зернофуражна сировина, озима чи яра. Назва рослини тритикале (*Triticosecale*) походить від латинських назв пшениці (*Triticum L.*) і жита (*Secale L.*).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Тритикале – дивовижний міжвидовий гібрид, в якому вдалося поєднати кращі спадкові якості традиційно вирощуваних культур – пшениці й жита.

Вміст білка в зерні тритикале складає 12,5–14,5%, що на 1,0–2,5 % вище, ніж у пшениці, і на 3–4% ніж у жита. Перетравлюваність білків пшениці й тритикале практично однакова – 89,3% і 90,3% відповідно. Білки зерна тритикале в середньому містять 5–10% альбумінів, 6–7% глобулінів, 30–37% проламінів і 15–20% глютенінів [1, с. 18–24].

Амінокислотний склад білка тритикале збалансованіший у порівнянні з пшеницею. З незамінною

кислотою лізином, вміст якої в зерні близько 3% від загальної кількості білка, тритикале у два рази перевищує пшеницю. Доведено, що тритикале за своїми харчовими якостями переважає пшеницю, а за хлібопекарськими – жито. Протеолітична активність білків зерна тритикале вища в порівнянні з пшеницею та житом, що сприяє більшій доступності протеїну для засвоєння, поліпшує харчову цінність продуктів перероблення зерна [2, с. 17–23].

За вмістом макро- й мікроелементів тритикале не поступається пшениці. Зокрема, вміст основних мінеральних речовин у зерні складає: фосфору – 750–800 мг%, калію – 500–550 мг%, марганцю – 180–220 мг%, кальцію – 40–60 мг%, натрію – 30–40 мг%, кремнію – 30–40 мг%, сірки й хлору – близько 10 мг%; окрім того в зерні присутні цинк, мідь, кобальт [3, с. 47]. Накопичуються мінеральні речовини переважно в алейроновому шарі й оболонках зерна.

Ліпіди тритикале складають 1,5–2,5%, містять жирні кислоти – пальмітинову, стеаринову, лінолеву й ліноленову. В ярих тритикале вміст вітаміну Е вищий, ніж у пшениці, в озимих його дещо менше. Зерно тритикале відрізняється вищим рівнем тіаміну й рибофлавіну в порівнянні з пшеницею та житом [1, с. 34–38].

Тритикале культивують у 30 країнах світу, однак понад 80% виробництва зосереджено в Європі. Лідерами по вирощуванню зерна тритикале є Польща, Німеччина, Франція, Білорусь, у значних кількостях його також виробляють у Росії, Угорщині, Китаї, Литві, Сполучених Штатах Америки й в інших країнах [4, с. 11–12]. Тритикале застосовують як фуражну й харчову сировину. У провідних країнах зерно тритикале використовують у борошноsumішах чи в чистому вигляді для отримання хліба різних сортів, кондитерських виробів [5, с. 40–43].

Останнім часом посівні площі тритикале в Україні дещо збільшилися, особливо в південних областях. Враховуючи високу адаптивність, урожайність і споживчу якість цієї культури, проводяться наукові дослідження щодо можливості застосування зерна в хлібопекарській і кондитерській промисловості, виробництві спирту, кормових цілях [6, с. 72–73]. Однак вирощування тритикале в нашій країні й надалі залишається на досить низькому рівні, оскільки, не дивлячись на високу харчову цінність, у державі чітко не визначено сфери його застосування [7, с. 109].

Тривала робота селекціонерів дозволила отримати сорти тритикале, які характеризуються

виповненим зерном, вихід борошна при помелі яких не нижчий, ніж у сучасних сортів пшениці [8, с. 333–335]. Виробництво борошна із зерна тритикале оптимальне при застосуванні традиційної технології помелу жита. Вихід борошна залежить від сортових особливостей та умов вирощування. Зокрема, під час отримання обдирного борошна вихід складає 65%, вміст білка – 14,65%, клейковини – 32,22%. При сортових помелах вихід борошна I сорту – 62,2%, зольність – 0,72%, вміст білка – 16,06%, клейковини – 38,1%, тобто показники якості дуже близькі до аналогічних при переробленні пшениці [9, с. 131–132]. Досліджено, що найкращу якість борошна можна отримати за умов оптимальної тривалості зволоження зерна тритикале перед помелом – 6 годин незалежно від скловидності [12, с. 64–65].

Використання зерноsumішей пшениця: тритикале при незмінному виході сортового борошна дозволяє підвищити його харчову цінність. За умови застосування спеціальної технологічної випічки, яка передбачає низьку швидкість замісу тіста й скорочену процедуру ферментації, якість готових виробів задовільна [10, с. 206]. Доведено, що використання борошноsumішей (за вмісту тритикале 30–50%) сприяє отриманню продукції вищої якості, ніж зі 100%-ного пшеничного борошна [5, с. 39].

Борошно тритикале можна застосовувати для виробництва макаронних виробів й екструдованих продуктів оздоровчого призначення з високим вмістом клітковини [11, с. 472].

Встановлено, що солод тритикале є цінною добавкою при випіканні хліба, зокрема при застосуванні рецептур із низьким вмістом цукру [9].

Науковці зазначають, що найбільш ефективним є перероблення тритикале на крупу, однак наявні технології потребують удосконалення та адаптування до сучасних сортів цієї культури. Відмічено, що зволоження зерна тритикале до 13–14% у процесі гідротермічного оброблення сприяє збільшенню виходу ядра, скорочує тривалість перероблення та знижує енерговитрати [13, с. 18].

Розроблено технологічну схему перероблення зерна тритикале для отримання кількох видів крупи: цілої, дробленої, манної. Загальний вихід продукту складає 65–70%. Автори зазначають, що мікронізація цілої крупи значно скорочує тривалість її приготування. Доведено, що крупа із зерна тритикале за споживчими й смаковими властивостями, харчовою цінністю є конкурентоздатним продуктом здорового харчування [14, с. 39–40].

Перевагою висококаротиноїдних сортів тритикале, вміст каротиноїдів у яких досягає 450 мкг%, є те, що зазначені вітаміни зосереджені здебільшого в ендоспермі. Таке зерно перспективне для виробництва продуктів дитячого й функціонального харчування [15, с. 255–257].

У літературі відсутні дані щодо дослідження впливу біологічного активування на харчову цінність зерна тритикале, зокрема щодо зміни вмісту основних енергогенних речовин і вітамінів.

Постановка завдання. Використання інноваційних методів підготовки сировини для покращення показників її якості є важливим завданням харчової промисловості України.

Метою нашої роботи є наукове й практичне обґрунтування доцільності застосування біологічного активування зерна тритикале для поліпшення його харчової цінності, зокрема підвищення вмісту вітамінів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досліджень використовували тритикале сортів вітчизняної селекції: Алкід, Поліський 7 і Мольфар. Дослідні зразки зерна отримано в Національному науковому центрі «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» й Всеукраїнському Науковому Інституті Селекції.

Нами визначено основні фізико-хімічні властивості зерна, які мають важливе значення в процесі його перероблення (табл. 1).

Результати досліджень показали, що зерно тритикале відповідає встановленим нормам згідно з Державними стандартами України 4762: 2007. Так, вологість сортів Алкід, Поліський 7 і Мольфар, відповідно, – на 2,0, 2,76 і 2,64% менше допустимих меж. Вміст сміттєвої та загальної зернової домішок у зерні до очищення, відповідно, – на 1,8–1,9% і 4,8–4,6% менше допустимих значень. У зразках зерна, які досліджували, не було виявлено жодних видів шкідників.

Високі значення об'ємної маси – показника, який досить повно зображає якість зерна та його добротність, – демонструють, що партії зерна тритикале сортів Алкід, Поліський 7 і Мольфар вирівняні, зерно дозріле, виповнене; згідно з нормами його можна віднести до I класу якості.

Основними показниками фізіологічної цінності зерна є енергія та здатність проростання, життєздатність зерна й водочутливість. Встановлено, що значення енергії проростання та здатності проростання для зерна тритикале сортів, які досліджувалися, перевищують 95%. Життєздатність зародка, потенційна спроможність зерна до пророщування нормальна, оскільки її значення не нижче 90%. Найвищу здатність має зерно тритикале сорту Мольфар (100%). Це відмінна якість зерна для біологічного активування. Водочутливість зерна тритикале сортів Поліський 7, Алкід і Мольфар для часу пророщування 24, 48 та

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості зерна тритикале

№	Показники	Сорт		
		Алкід	Поліський 7	Мольфар
	Запах	Властивий зерну, без стороннього запаху, не затхлий, не пліснявий		
1	Колір	Світло жовтий	Жовтуватий із відтінками світло коричневого і білого	Жовтуватий із відтінком сірого
2	Лінійні розміри, мм			
	довжина	6–8	7–9	7–9
	товщина	2,2–2,4	2–2,5	2,5–3,0
	ширина	3–4	2–3	3–3,5
3	Вологість, %	12,50	11,74	11,86
4	Об'ємна маса, г/л	731,00	712,00	740,00
5	Маса 1000 зерен, г	62	60	68
6	Вміст сирієї клейковини, %	24,0	23,5	25,0
7	Сміттєва домішка до очистки, %	0,10	0,22	0,13
8	Сміттєва домішка після очистки, %	-	-	-
9	Загальна зернова домішка, %	0,21	0,34	-
10	Загальна зернова домішка після очистки, %	-	-	-
11	Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не виявлено		
12	Металомагнітна домішка	Не виявлено		

72 годин складає, відповідно, 72, 90 й 97 штук. Отримані результати показують, що ці сорти тритикале не водочутливі. Тому біологічне активування такого зерна не слід проводити при режимах із низьким зволоженням.

У процесі гідротермічного оброблення відбуваються суттєві зміни в структурі зерна, активно виникають складні фізико-хімічні й біохімічні процеси. Нами запропоновано режим гідротермічного оброблення зерна тритикале – холодного кондиціонування за температури 12–16 °С протягом 28–30 годин. Процес передбачає три послідовних цикли інтенсивного зволоження та відволоження зерна. За цих умов вологість зерна підвищується до 30–35%, що зумовлює активізацію ферментного комплексу, ініціює процес розвитку зародку. Під дією ферментів складні речовини перетворюються в простіші: крохмаль – у цукри, білки – в амінокислоти, жири – в жирні кислоти, що сприяє підвищенню біодоступності зернової сировини. Зерно знаходиться в біологічно активному стані, починає проростати. Процеси проростання відбуваються стрімко, ферментативні процеси сприяють інтенсифікації синтезу вітамінів С, Е, групи В, фенольних сполук, підвищенню антиоксидантного потенціалу зерна.

Нами досліджено вплив біологічного активування на зміну вмісту основних нутрієнтів зерна тритикале (табл. 2).

У процесі біологічного активування зерна тритикале відмічено зменшення загальної кількості білкових речовин, що повністю узгоджується з літературними даними й пояснюється відщепленням від білкових молекул амінокислот, які беруть безпосередню участь у процесах обміну речовин, що відбуваються в рослинній тканині й клітинах. Вміст жиру в зерні під час гідротермічного оброблення дещо підвищується. Це пов'язано з взаємними перетвореннями вуглеводів білків і жирів. Відмічено зменшення кількості крохмалю, що зумовлено його гідролізом до цукрів. Вміст клітковини, яка є основною частиною рослинних клітин, у зерні після пророщування збільшується на 4–5%, що пояснюється утворенням проростка. На зміну зольності впливає зниження забрудненості зерна, яке досягається гідротермічним обробленням.

Досліджено зміну вмісту вітамінів, які проявляють антиоксидантні властивості – токоферолу, аскорбінової кислоти, вітаміну Р у зерні (табл. 3).

Встановлено, що в процесі запропонованої підготовки зерна тритикале кількість вітаміну С збільшується у 2–4 рази, рутину – у 2–2,5 рази, значно зростає вміст токоферолів.

Комплекс вітамінів групи В є цінною складовою периферійних частин зернових культур. Холодне кондиціонування зерна тритикале сприяє підвищенню вмісту цих водорозчинних вітамінів (табл. 4).

Таблиця 2

Вміст основних нутрієнтів зерна

Зразок зерна тритикале	Сорт	Основні нутрієнти, %				Зола
		Білки	Жири	Вуглеводи		
				Крохмаль	Клітковина	
Нативне	Алکید	12,85	2,14	63,03	2,81	1,25
	Поліський 7	12,27	2,50	64,51	2,44	2,01
	Мольфар	13,54	2,47	63,62	2,73	1,58
Біологічно активоване	Алکید	10,91	2,92	53,46	2,96	1,21
	Поліський 7	10,05	3,11	53,88	2,52	1,89
	Мольфар	11,48	3,21	52,91	2,85	1,46

Таблиця 3

Вміст вітамінів-антиоксидантів у зерні тритикале

Сорт	Вміст вітаміну, мг%		
	Р	Е	С
Нативне зерно			
Алکید	4,9±0,25	3,67±0,02	2,0±0,20
Поліський 7	3,4±0,25	4,06±0,02	1,5±0,20
Мольфар	4,5±0,25	4,16±0,02	0,82±0,20
Зерно після гідротермічного оброблення			
Алکید	10,3±0,25	10,82±0,02	5,5±0,20
Поліський 7	10,0±0,25	11,65±0,02	4,8±0,20
Мольфар	9,2±0,25	12,53±0,02	4,6±0,20

Вміст вітамінів групи В і ніацину в зерні тритикале

Сорт	Вміст вітаміну, мг%				
	B ₁	B ₂	PP	B ₄	B ₆
Нативне зерно					
Алкід	0,295±0,001	0,134±0,002	3,70±0,12	87,0±0,20	0,46±0,02
Поліський 7	0,287±0,001	0,125±0,002	3,80±0,12	90,0±0,20	0,52±0,02
Мольфар	0,531±0,001	0,165±0,02	4,0±0,12	96,0±0,20	0,55±0,02
Зерно після гідротермічного оброблення					
Алкід	0,682±0,01	0,163±0,02	4,33±0,12	144,0±0,2	0,64±0,02
Поліський 7	0,890±0,01	0,163±0,02	4,5±0,12	152,0±0,2	0,69±0,02
Мольфар	1,399±0,01	0,192±0,02	4,83±0,12	168,0±0,2	0,77±0,02

Встановлено, що в процесі біологічного активування вміст водорозчинних вітамінів у зерні тритикале також суттєво підвищується залежно від сортових особливостей зерна: кількість тіаміну зростає у 2–2,5 рази, рибофлавіну – в 1,5 рази, вміст нікотинової кислоти й холіну збільшується в 1,5–2 рази, інозиту – в 4 рази.

Висновки. Отримані результати мають практичну значущість, оскільки показу-

ють підвищення біологічної цінності зерна тритикале, зокрема суттєве збільшення вмісту вітамінного комплексу в процесі тривалого гідротермічного оброблення за холодних режимів. Біологічно активоване зерно тритикале є цінною сировиною для виробництва харчових продуктів оздоровчого, функціонального й лікувально-профілактичного призначення.

Список літератури:

1. Пащенко Л.П., Жаркова И.М., Любарь А.В. Тритикале: состав, свойства, рациональное использование в пищевой промышленности. Воронеж : ИПФ «Воронеж», 2005. 206 с.
2. Васюкова А.Т., Сусликов А.В., Мошкин А.В., Пучкова В.Ф. Технология и товароведная оценка многокомпонентных смесей для хлебопекарного производства : монография. Москва : МТИ, 2015. 137 с.
3. Пертина Г.І., Волощук О.П. Вміст мінеральних добрив на вміст поживних речовин в зерні і соломі тритикале та винос їх урожаєм в умовах Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2001. С. 46–48.
4. Mergoum H.I., Pfeiffer W.H., Peña R.J., Ammar K., Rajaram S. Triticale crop improvement: the CIMMYT programme. *Triticale improvement and production* : FAO Plant production and protection paper 179. Rome, 2004. P. 11–22.
5. Peña R.J. Food uses of triticale. *Triticale improvement and production* : FAO Plant production and protection paper 179. Rome, 2004. P. 37–48.
6. Федорович Г.Т. Формування урожайності тритикале озимого, залежно від попередника та строків сівби в умовах степу України. *Наукові праці. Серія «Екологія»*. 2014. Вип. 220. Т. 232. С. 71–74.
7. Рибалка О.І., Моргун В.В., Моргун Б.В., Починок В.М. Агрономічний потенціал і перспективи тритикале. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 95–111.
8. Naeem H.A., Darvey N.L., Grass P.W., MacRitchie F. Mixing properties, baking potential, and functionality changes in storage proteins during development of triticale-wheat flour blends. *Cer. Chem.* 2002. № 79. P. 332–339.
9. Білітюк А.П., Шередєко Л.М. Якість зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Західного регіону України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. С. 129–140.
10. Tsvetkov M., Stoeva I. Bread making quality of winter hexaploid triticale (X Triticosecale Wittmack) in Bulgaria. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2003. № 9. P. 203–208.
11. Onwulata C.I., Konstance R.P., Strange E.D., Smith P.W., Holsinger V.H. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. *Cer. Foods World*. 2000. № 45. P. 470–473.
12. Кандроков Р.Х., Стариченков А.А., Штейнберг Т.С. Влияние ГТО на выход и качество тритикалевой муки. *Хлебопродукты*. 2015. № 1. С. 64–65.
13. Дмитрук Є.А., Новіков В.В. Удосконалення луштиння зерна тритикале під час виготовлення крупи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. № 2. С. 16–18.
14. Чиркова Л.В., Панкратьєва И.А., Зверев С.В., Политуха О.В. Технология выработки крупы из тритикале. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 1 (209). С. 38–40.
15. Зверев С.В., Панкратьєва И.А., Политуха О.В., Грабовец А.И. Переработка зерна тритикале в крупу. *Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки* : материалы международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону : ООО «Издательство «Юг»», 2018. С. 254–261.

Bazhay-Zhezherun S.A., Bereza-Kindzerska L.V. BIOLOGICAL ACTIVATION OF GRAIN TRITICALE

Triticale is a relatively new highly productive, economically valuable cereal crop, artificially created by selectors by crossing rye with wheat. It is grown as food and grain feed raw materials, winter or spring.

The purpose of our work is scientific and practical substantiate the feasibility of using biological activation of triticale grain to improve its nutritional value, in particular increase the content of vitamins and vitamin-like compounds.

We have determined the main organoleptic and physico-chemical properties of triticale grains of domestic breeding varieties: Alkyd, Polissky 7 and Molfar.

It is established that all grain samples have high values of bulk masses, which indicates the quality and quality factor of raw materials, according to the norms it can be carried to the first class quality. The crude gluten content is 23–25%, depending on varietal features.

It was investigated that the values of germination energy and germination capacity for the triticale grains of the studied varieties exceed 95%. The viability of the embryo, the potential ability of the grain to germinate is normal, since their values are not lower than 90%. The water sensitivity of the triticale grains of the Polissky 7, Alcide and Molfar varieties for the germination time of 24, 48 and 72 h is 72, 90 and 97 pieces, respectively.

It is established that in the course of biological activation, the share of proteins of grain of triticale which is exposed to hydrolysis makes 14–15%, carbohydrates – 16–17% of their general contents; the amount of cellulose grows for 4–5% that is explained by formation of a sprout.

Experimental studies have found that intensive hydrothermal treatment of triticale grain in cold conditions contributes to a significant increase in the content of vitamins: the amount of ascorbic acid increases by 2–4 times, routine – by 2–2.5 times, tocopherols – by 3–3.5 times.

It is found that the content of water-soluble vitamins in triticale grains is also significantly increased in the course of the proposed preparation: the amount of thiamine increases by 2–2.5 times; riboflavin – 1.5 times, the content of nicotinic acid and choline increases 1.5–2 times, inositol – 4 times, depending on the varietal features of the grain.

Prolonged hydrothermal treatment under cold modes promotes improvement of the biological value of triticale grains, in particular a significant increase in the content of vitamins and also increase in the bioavailability of energogenny substances.

Key words: biological activation, grain, triticale, nutritional value, vitamins.