

**Любов Паляниця<sup>1</sup>, Наталія Березовська<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат хімічних наук, доцент кафедри технології органічних продуктів  
Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)

**E-mail:** [liubov.y.palianytsia@lpnu.ua](mailto:liubov.y.palianytsia@lpnu.ua). **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7891-9434>

**ResearcherID:** R-1871-2017. **Scopus Author ID:** 57194166710

<sup>2</sup>кандидат хімічних наук, доцент кафедри технології органічних продуктів  
Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)

**E-mail:** [nataliia.i.berezovska@lpnu.ua](mailto:nataliia.i.berezovska@lpnu.ua). **ORCID:** <https://orsid.org/0000-0002-5658-1452>

**ResearcherID:** R-1845-2017. **Scopus Author ID:** 6507247187

**ВПЛИВ СОРТІВ СПЕЛЬТИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ  
СПИРТОВОЇ БРАЖКИ**

У роботі визначено технологічні показники спиртової бражки, одержаної біоконверсією спельти озимої (*Triticum spelta* L.) сортів «Зоря України» та «Європа» з використанням комплексів ферментних препаратів різної дії та сухих спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Показано, що у бражці, одержаній зі спельти сорту «Європа», нагромаджується на 11 % більше етанолу, зменшується на третину вміст спирторозчинних вуглеводів, декстринів і нерозчиненого крохмалю. У бражці, отриманій зі спельти сорту «Зоря України», спостерігається інтенсивніше піноутворення та збільшення концентрації дріжджів на 17 %. Запропоновано використовувати спельту сорту «Європа» як сировину у технології етанолу. Отримані результати спрямовані на розширення сировинної бази за рахунок сортів спельти з високою крохмалистістю.

**Ключові слова:** спельта; спиртова бражка; ферментні препарати; сусло; дріжджі; етанол.

Рис.: 1. Табл.: 3. Бібл.: 32.

**Актуальність теми дослідження.** Основним видом зернової сировини, що переробляється на підприємствах спиртової галузі в етиловий спирт – вихідний продукт для виготовлення лікєро-горілчаних напоїв високої якості, є пшениця. На сьогодні дедалі більшого поширення набувають реліктові сорти пшениці, такі як спельта, полба, що придатні до екологічного та органічного виробництва [1-3]. Вони добре адаптовані до несприятливих погодних умов, посухи, стійкіші до ураження шкідниками та контамінантною мікрофлорою.

Сорти гексаплоїдної пшениці спельти (*Triticum spelta*) культивують у багатьох країнах Європи, у США, Канаді, Австралії та Азії [4-7]. В Україні її здебільшого вирощують у північних регіонах, менше – в центральних і південних, у тих господарствах, що практикують низькозатратне органічне землеробство [8-9].

Зі спельти одержують органічні продукти, зокрема хліб, макаронні вироби та сухі сніданки [10], а також збалансовані за основними нутрієнтами корми для відгодівлі тварин [11]. Ця культура має хороший потенціал для різноманітного використання.

Враховуючи тенденції розвитку харчової промисловості та органічного землеробства, актуальним є комплексне перероблення спельти як для одержання продуктів функціонального призначення, так і для виробництва етанолу.

**Постановка проблеми.** Якість спирту, що використовується для одержання лікєро-горілчаних виробів, безпосередньо залежить від якості сировини, тому до зерна висуваються все більші вимоги. Перероблення сортів пшениці з високою крохмалистістю за низькотемпературними режимами не викликає суттєвих труднощів у технології спирту. Проте війна в Україні внесла корективи у структуру посівних площ для цього зерна, оскільки певна їх частина знаходиться під окупацією в південних регіонах країни. Крім цього, через несприятливі екологічні чинники та економію мінеральних добрив спостерігається зниження виробництва зерна пшениці та втрати його якості. Так, за останні роки в Україні осінь стала посушливою, зима малосніжною та відносно теплою, а погода весною та влітку – спекотною і сухою [12]. Вищеперелічені чинники зумовлюють

переведення фокусу на інші сорти пшениці, що відрізняються кращою адаптивною здатністю до збіднених ґрунтів і витривалістю до природно-кліматичних умов середовища. При цьому значну увагу приділяють спельті.

На противагу м'якій пшениці, вона невибаглива до умов культивування, оскільки росте на малородючих ґрунтах, стресостійка до холоду та зволоження, а також не потребує надмірного застосування засобів захисту рослин [13]. Спельта відрізняється від пшениці тим, що має вищий вміст білків і ліпідів, нижчий вміст вуглеводів і клітковини. Ці відмінності можуть впливати на її технологічні та функціональні властивості. Завдяки своїм дієтичним властивостям та відмінним смаковим якостям вона має значний попит серед споживачів. Зважаючи на розширення посівних площ для спельти та недостатнє вивчення потенціалу її сучасних сортів у біотехнології етанолу, тема дослідження є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням всебічного вивчення спельти щодо походження, селекції, вирощування в умовах органічного землеробства, харчових властивостей продукції на її основі та можливостей використання в інших галузях присвячено достатню кількість наукових праць [14-16]. Увага до цієї культури як в Україні, так і в країнах Європи зумовлена її придатністю до маловитратного органічного культивування, харчовою та технологічною якістю, що дозволяє частково замінити традиційно вживані сорти пшениці спельтою [17-18]. Хоча вона генетично близька до пшениці, було зазначено [19], що існує чітка розбіжність між спельтою та звичайною пшеницею. Здебільшого вона може містити вищий рівень розчинного білка, харчових волокон і мінеральних речовин (цинку, селену, літію, фосфору, магнію), ніж пшениця залежно від генотипу [20]. Проте згідно з дослідженням [21] встановлено, що в суцільно змеленому спельтовому борошні вміст моно- та дисахаридів є меншим, автолітична активність та активність  $\beta$ -амілази є нижчими порівняно із суцільно змеленим борошном із пшениці.

Результати досліджень показали, що зі спельти можна виробляти лущений солод, який забезпечуватиме виробництво спеціальних харчових продуктів, напоїв і пива. Так, підвищений вміст білків у спельті впливає на появу помутніння в пиві, тому слід цю особливість використовувати для виробництва непрозорого пива зі стабільною каламутністю [22]. У статті [23] запропоновано використовувати спельтове сусло як компонент живильного середовища для вирощування дріжджів, що розширює ринок альтернативних зернових культур. Показана можливість ефективного культивування засівних дріжджів у суслі зі спельти з метою їх використання в технології продуктів бродіння.

На сьогодні здійснюється пошук альтернативних видів сировини для одержання етанолу, який би забезпечував оригінальні органолептичні властивості лікєро-горілчаних напоїв [24]. Одним і таких видів може бути спельта, перероблення якої до спирту є актуальним завданням.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Здійснений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що проблема використання вітчизняних сортів спельти в біотехнології етанолу залишається невирішеною. Найбільш уживаним комерційним сортом в Україні є «Зоря України», проте в його зерні міститься більше білків і менше вуглеводів у порівнянні зі звичайною пшеницею. Вміст етилового спирту у бражці, одержаній зі спельтового сусла з масовою частотою сухих речовин 16,7-16,8 %, знаходився в межах 6,7-7,1 % об. що не забезпечує нормативних виходів цільового продукту [25]. Концентрація дріжджів після бродіння досягла 170-180 млн клітин/см<sup>3</sup>. Під час зброджування сусла також спостерігалось значне піноутворення.

Придатність сировини, що використовується в технології етанолу, насамперед визначається вмістом крохмалю. Зі збільшенням його масової частки у зерні зменшується масова

частка речовин некрохмальної природи. Відомо, що вміст білка в зерні залежить від генотипних особливостей, екологічних чинників та забезпеченості рослин азотом. За умови посухи й загального зниження врожайності масова часта білкових сполук у зерні може збільшуватися. Проте за низьких температур у період наливу зерна та за високої забезпеченості рослин азотом у зерні зменшується вміст білка [26-27]. Для ефективного розщеплення всіх компонентів зернової сировини необхідно підбирати комплекси ферментних препаратів, забезпечувати збереження їх активності [28] та умови гідроферментативного розщеплення з подальшим зброджуванням одержаного сусла до цільових продуктів.

Враховуючи той факт, що продовжуються дослідження зі селекції сортів спельти, можна очікувати такі, що відповідатимуть вимогам виробництва. З огляду на вищезазначене необхідно провести дослідження щодо впливу сортів спельти на показники бражки у технології етанолу.

**Метою роботи** є вивчення впливу двох сортів спельти на технологічні показники спиртової бражки за умов низькотемпературного гідроферментативного оброблення вихідної зернової сировини.

**Виклад основного матеріалу.** Об'єктами досліджень були два вітчизняні сорти зерна спельти озимої *Triticum spelta* L. - «Зоря України» та «Європа», селекціоновані та зареєстровані у Всеукраїнському науковому інституті селекції. Крохмалистість спельти «Зоря України» становила 49,5 %, вологість 9,6 %, зараженість шкідниками – не заражене, засміченість зерновими домішками 0,8 %, а сміттєвими – 1,0 %. Крохмалистість сорту «Європа» становила 54,7 %, вологість 10,5 %, зараженість шкідниками – не заражене, засміченість зерновими домішками 0,6 % та сміттєвими – 0,8 %. Показники визначали згідно з [29]. Зерно вказаних сортів спельти подрібнювали до помелу зі ступенем подрібнення 85,0 % прохідності крізь сито з отворами діаметром 1 мм.

Для досліджень використовували ферментні препарати фірми «Даніско»: Amylex 5T – як джерело  $\alpha$ -амілази, Diazyme SSF – як джерело глюкоамілази, Laminex BG2 – як джерело целюлази і Alphalase AFP – як джерело протеази та сухі спиртові дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* - «Deltaferm AL-18» (Німеччина).

Замість із сортів спельти готували змішуванням помелів та води для досягнення масової частки сухих речовин  $(17 \pm 1) \%$  за температури  $(49 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Далі вносили розріджувачий ферментний препарат Amylex 4T (0,8 од на 1 грам крохмалю) і витримували за температури  $(76 \pm 1) ^\circ\text{C}$  протягом 2,5 год. Після охолодження розрідженої маси до  $(59 \pm 1) ^\circ\text{C}$  вносили ферментний апарат Diazyme SSF (5,8 од на 1 грам крохмалю) та здійснювали оцукрювання протягом 45 хв. Як додаткові використовували протеолітичний препарат Alphalase AFP і целюлолітичний Laminex BG2 із розрахунку 0,05 од. ПрЗ/г зерна і 0,3 од.  $\beta$ -ГА/1 г зерна відповідно. Зброджування одержаного сусла здійснювали методом «бродильної проби». Сухі спиртові дріжджі попередньо реактивували. Бродіння тривало 72 год за температури  $(33 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Показники спиртової бражки визначали таким чином: величину рН – потенціометрично, видимий вміст сухих речовин – рефрактометрично, концентрацію незброджених вуглеводів – фотоколориметрично з антроновим реактивом [30], концентрацію етилового спирту – ареометричним методом [31] і концентрацію дріжджових клітин визначали методом прямого підрахунку клітин у камері Горяєва.

Для обох сортів спельти «Зоря України» та «Європа» здійснювали низькотемпературне гідроферментативне оброблення зернової сировини за однакових умов. Особливості будови зерна спельти та її хімічного складу порівняно з пшеницею зумовили вирішення насамперед задачі щодо підбору композицій ферментних препаратів для ефективного гідролізу крохмалю та інших компонентів некрохмальної природи. Оскільки його вміст у

досліджуваній зерновій сировині є меншим, ніж в кукурудзі, пшениці, житі, то збільшується частка некрохмальних полісахаридів і білкових сполук. Тому для розщеплення цих компонентів крім розріджуючого та оцукрюючого ферментних препаратів використовували целюлолітичний і протеолітичний. Відповідно дослідження біоконверсії сортів спельти до сусла проводили за такими варіантами: 1 – використовували комплекс ферментних препаратів Amylex 4T і Diazyme SSF; 2 – комплекс ферментних препаратів Amylex 4T, Diazyme SSF і Laminex BG2; 3 – комплекс ферментних препаратів Amylex 4T, Diazyme SSF і Alphasase AFP.

Ефективність дії комплексів ферментних препаратів визначали за реологічними показниками сусла, зокрема за величиною його динамічної в'язкості. Результати досліджень представлено в табл. 1.

*Таблиця 1 – Динамічна в'язкість сусла, одержаного з двох сортів спельти з використанням комплексів ферментних препаратів*

Сорт спельти	Комплекси ферментних препаратів / динамічна в'язкість сусла, Па·с		
	Amylex 4T Diazyme SSF	Amylex 4T Diazyme SSF Laminex BG2	Amylex 4T, Diazyme SSF Alphasase AFP
Зоря України	0,035	0,029	0,033
Європа	0,026	0,021	0,023

Із даних табл. 1 видно, що динамічна в'язкість сусла, одержаного з сорту «Європа», є нижчою на 35 % порівняно із суслон, одержаним і спельти «Зоря України» за умови використання комплексу, до складу якого ввійшли лише розріджуючий та оцукрюючий ферментні препарати. Внесення додаткового препарату Laminex BG2 на стадії розріджування крохмалю зменшує динамічну в'язкість сусла на 21-24 % для сортів «Європа» та «Зоря України» відповідно, що пов'язано з розщепленням некрохмальних полісахаридів ( $\beta$ -глюкану, арабіноксилану), які знаходяться у плівчастій частині зерна спельти. Саме з високомолекулярними арабіноксиланами, що містяться в пшениці, тритикале, ячмені та житі пов'язують збільшення в'язкості сусла, хоча для спельти це потребує подальших досліджень [22].

Оскільки спельта у своєму складі має підвищений вміст білків порівняно з іншими зерновими культурами, зокрема пшеницею, то протеаза може забезпечувати додаткове джерело живлення для дріжджів шляхом гідролізу білкових сполук. Використання протеолітичного ферментного препарату Alphasase AFP у комплексі з Amylex 4T і Diazyme SSF незначно зменшує в'язкість сусла, одержаного з сорту «Зоря України». Можливо, під час гідролізу білків, вміст яких у цьому сорті спельти є вищим, утворюються проміжні сполуки, що не сприяють зменшенню величини в'язкості сусла. Для сусла, приготованого із сорту «Європа», цей показник зменшувався на 13 %. Результати досліджень свідчать, що реологічні показники сусла, одержаного зі спельти сорту «Європа», були кращими для усіх трьох варіантів у порівнянні із сортом «Зоря України».

Одержане з двох сортів спельти сусло надалі зброджували за температури  $(33 \pm 1) ^\circ\text{C}$  протягом 72 год та визначали технологічні показники бражки. Варто зазначити, що бродіння відбувалося активніше в суслі (сорт «Європа») за динамікою виділення  $\text{CO}_2$  і повільніше в суслі (сорт «Зоря України»). Крім цього, спостерігалось більше піноутворення в бражці, де сусло готували зі спельти «Зоря України», що пов'язано з підвищеним вмістом білкових речовин.

За результатами досліджень зброджування спельтового сусла, одержаного з сорту «Зоря України», визначали технологічні показники дозрілої бражки (табл. 2). Показано, що найбільший вміст спирту 8,93 % об. був у варіанті 2, де сусло готували з використанням комплексу ферментних препаратів Amylex 4T, Diazyme SSF і Laminex BG2, що

пов'язано з дією целюлази. Натомість у першому варіанті без додаткових ферментних препаратів вміст спирту у бражці був на 2,5 % меншим. Внесення на стадії приготування суслу протеолітичного ферментного препарату збільшує вміст спирту на 1,4 %, що може бути зумовлено розщепленням білкових речовин до засвоюваних дріжджами сполук і збільшенням біомаси, що бере участь у спиртовому бродінні. Динаміка виділення CO<sub>2</sub> показала, що його маса у варіанті 3 є на 1,8 % більшою, ніж у варіанті 1, що відрізняється від нагромадженого спирту. Ймовірно, це зумовлено збільшенням біомаси дріжджів. Щодо варіанта 2, то маса виділеного CO<sub>2</sub> під час бродіння спельтового суслу сорту «Зоря України» збільшилася на 2,4 % відносно варіанта 1.

*Таблиця 2 – Залежність технологічних показників зрілої бражки від комплексу ферментів, що використовувалися для приготування суслу зі спельти сорту «Зоря України»*

Показники зрілої бражки	Комплекс ферментів/варіанти досліджень		
	Amylex 4T, Diazyme SSF	Amylex 4T, Diazyme SSF Laminex BG2	Amylex 4T, Diazyme SSF Alphalase AFP
	1 варіант	2 варіант	3 варіант
pH, од.	4,54	4,47	4,58
Титрована кислотність, град	0,57	0,61	0,55
Маса виділеного CO <sub>2</sub> , г/200 г бражки	15,83	16,21	16,11
Вміст спирту, % об.	8,71	8,93	8,83
Вміст вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> :			
загальні	0,66	0,54	0,59
водорозчинні	0,59	0,50	0,53
спирторозчинні	0,31	0,25	0,28
декстрини	0,25	0,23	0,23
нерозчинений крохмаль	0,06	0,04	0,05

Важливим показником бражки є вміст залишкових вуглеводів, який свідчить про ефективність гідролізу компонентів спельти та процесу бродіння. Вміст загальних вуглеводів збільшувався з 0,54 г/100 см<sup>3</sup> (варіант 2) до 0,66 г/100 см<sup>3</sup> (варіант 1), вміст декстринів був максимальним 0,26 г/100 см<sup>3</sup> у варіанті 1 (табл. 2), вміст нерозчиненого крохмалю знаходився в межах 0,04-0,06 г/100 см<sup>3</sup> з мінімальним значенням у варіанті 2.

Таким чином, за технологічними показниками найкращим варіантом бражки, одержаної зі спельти сорту «Зоря України», був 2, де під час розварювання та оцукрювання використовували комплекс ферментних препаратів Amylex 4T, Diazyme SSF і Laminex.

У результаті дослідження технологічних показників бражки (табл. 3), одержаної зі спельти сорту «Європа», встановлено, що збільшення вмісту спирту на 1,8 % і 2,8 % спостерігали для варіантів 3 і 2 відповідно. Варто зазначити, що ці результати є кращими, ніж для спельти сорту «Зоря України». Маса виділеного CO<sub>2</sub> під час бродіння суслу, приготованого зі спельти сорту «Європа», також була більшою для усіх варіантів порівняно з результатами, одержаними для сорту «Зоря України».

Вміст водорозчинних, спирторозчинних вуглеводів і декстринів у дослідних варіантах змінювався в межах 0,37-0,43 г/100 см<sup>3</sup>, 0,22-0,26 г/100 см<sup>3</sup> та 0,14-0,15 г/100 см<sup>3</sup> бражки відповідно (табл. 3). У порівнянні з бражкою, одержаною зі спельти сорту «Зоря України», вміст загальних (залишкових) вуглеводів для трьох варіантів є меншим на 35-40 %. Щодо вмісту нерозчиненого крохмалю, спостерігали аналогічну до попереднього сорту спельти закономірність за варіантами досліджень, проте його величина була на третину меншою у бражці, приготованій із сорту спельти «Європа».

Таблиця 3 – Залежність хіміко-технологічних показників зрілої бражки від комплексу ферментів, що використовувалися для приготування сусла зі спельти сорту «Європа»

Показники зрілої бражки	Комплекс ферментів/варіанти досліджень		
	Amylex 4T, Diazyme SSF	Amylex 4T, Diazyme SSF Laminex BG2	Amylex 4T, Diazyme SSF Alphalase AFP
	1 варіант	2 варіант	3 варіант
pH, од.	4,34	4,32	4,49
Титрована кислотність, град	0,65	0,68	0,61
Маса виділеного CO <sub>2</sub> , г/200 г бражки	17,51	18,1	17,82
Вміст спирту, % об.	9,65	9,92	9,82
Вміст вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> :			
загальні	0,48	0,40	0,42
водорозчинні	0,43	0,37	0,38
спирторозчинні	0,26	0,22	0,24
декстрини	0,15	0,14	0,13
нерозчинений крохмаль	0,05	0,03	0,04

Важливим технологічним показником бражки є також концентрація дріжджів після завершення бродіння. Результати досліджень, свідчать, що концентрація дріжджових клітин збільшувалася на 11,5-26,2 % у всіх досліджуваних зразках (сорти «Зоря України» та «Європа»), де використовували додаткові ферментні препарати (рис. 1). Внесення протеолітичного препарату Alphalase AFP на стадії гідроферментативного оброблення обох сортів спельти, зумовлювало інтенсивніше розмноження дріжджів у приготованому суслі. Проте вміст етанолу не підвищувався у бражках, одержаних із використанням цього ферментного препарату. Таким чином можна стверджувати, що продукти ферментативного гідролізу білків за участі Alphalase AFP, які містяться у спельті, забезпечують нітрогенвмісне живлення дріжджів та стимулюють їх розмноження під час зброджування сусла.

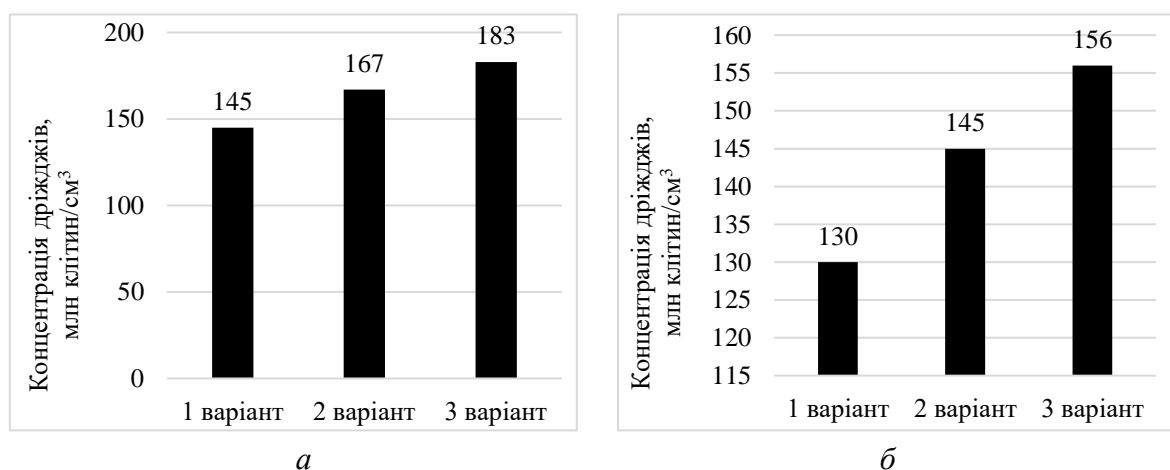


Рис. 1. Концентрація дріжджів у бражці:  
а – спельта сорту «Зоря України»; б – спельта сорту «Європа»

Варто зауважити, що у дозрілій бражці, для приготування якої використовували сорт спельти «Зоря України» та протеолітичний ферментний препарат, концентрація клітин збільшувалася на 17,3 % порівняно з бражкою, вихідною сировиною для якої був сорт «Європа» (рис. 1). Це пояснюється значно вищим вмістом білків у зерні сорту «Зоря України», а також вмістом сполук калію, фосфору і вітаміну РР, що містяться не тільки в ендоспермі зерна спельти, але й у його оболонці [32].

На основі вищевикладеного матеріалу можна стверджувати, що у технології етанолу доцільно використовувати спельту сорту «Європа», що характеризується більшим вмістом крохмалю, меншим вмістом білків, кращими технологічними показниками спиртової бражки щодо вмісту у ній спирту, незброджених вуглеводів, маси виділеного CO<sub>2</sub> та нагромаджених дріжджів.

**Висновки.** Визначено технологічні показники спиртової бражки, одержаної біоконверсією спельти озимої (*Triticum spelta* L.) сортів «Зоря України» та «Європа» з використанням комплексів ферментних препаратів розріджуючої, оцукрюючої, целюлолітичної, протеолітичної дії та сухих спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Проведені дослідження показали, що у бражці, одержаній зі спельти сорту «Європа», нагромаджується 9,92 % об. етанолу, що на 11 % більше, ніж для сорту «Зоря України», також зменшується на 35-40 % вміст спирторозчинних вуглеводів, декстринів і нерозчиненого крохмалю. У бражці, отриманій зі спельти сорту «Зоря України», спостерігається інтенсивніше піноутворення та збільшення на 17 % концентрації дріжджових клітин. Запропоновано використовувати спельту сорту «Європа» як альтернативну сировину у технології спиртової бражки.

#### Список використаних джерел

1. Petrenko, V. Evaluation of three wheat species commonly used in organic cropping systems, considering selected technological parameters for ethanol production. / T. Sheiko, L. Khudolii, V. Bondar // 17th International Scientific Conference Engineering for rural development Proceedings. – Czech University of Life Sciences Prague, 2018. – С. 451-456. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N030.
2. Спельта і полба в органічному землеробстві / О. В. Твердохліб, О. В. Голі, А. К. Нінієва, Р. Л. Богуславський // Посібник українського хлібороба : наук.-практ. зб. – 2013. – С. 154-155.
3. Sedláček, T. Impact of environmental factors to wheat ethanol production in the conditions of Central Europe / T. Sedláček // Cereal Research Communications. – 2010. – № 39. – С. 120-129.
4. Liubych, V.V. Quality features of spelt wheat grain / V. V. Liubych, H. M. Hospodarenko, S. P. Poltoretskyi. – Lambert, 2017. – 110 p.
5. *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* and ssp. *spelta* cultivars. 1. Functional evaluation / M. Rodriguez-Quijano, M. E. Vargas-Kostiuk, M. Ribeiro, M. J. Callejo // European food research and technology. 2019. – № 245. – P. 1561-1570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03263-7>.
6. Lacko-Bartosova, M. *Triticum spelta* — a specialty grain for ecological farming systems / M. Lacko-Bartosova, J. Korczyk-Szabo, T. Razny // Research Journal of Agricultural Science. – 2010. – № 42 (1). – P. 143-147.
7. Gałkowska, D. Characterization of some spelt wheat starches as a renewable biopolymeric material. / D. Gałkowska, T. Witczak, Ja. Korus, L. Juszcak // ISRN Polymer Science (February 5, 2014). – 2014. – P. 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/361069>.
8. Suvorova, K.Yu. Characteristics of winter spelt wheat (*Triticum spelta* L.) breeding lines in the eastern forest-steppe of Ukraine / K. Yu. Suvorova, O.Yu. Leonov, Z. V. Usova, M. M. Khukhryanska, N. A. Kryshota, R. L. Bohuslavskyi // Selection and Seed Industry. – 2023. – № 123. – P. 48-56. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.283648.
9. Корхова, М. М. Продуктивність сортів пшениці спельти озимої в Південному Степу України / М. М. Корхова // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – № 4. – С. 30-37. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104).
10. Ключевич, М. М. Спельта – цінна харчова та лікувальна культура / М. М. Ключевич // Сучасні аспекти збереження здоров'я людини : зб. праць XV Міжнар. міждисц. наук.-практ. конф. – Ужгород : ДВНЗ «УНУ», 2022. – С. 100-104.
11. Подпрятков, Г. І. Придатність зерна пшениці спельти озимої для хлібопекарських та кормових цілей / Г. І. Подпрятков, Н. О. Ящук // Новітні агротехнології. – 2013. – № 1(1). – С. 71-79.
12. Україна: погодні умови та стан озимих культур у лютому 2023 року [Електронний ресурс] / НААН України. – Режим доступу: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1532522>.

13. Quality parameters and rheological dough properties of 15 spelt (*Triticum spelta* L.) varieties cultivated today. / M. Wiwart, A. Szafranska, U. Wachowska, E. Suchowilska // Cereal chemistry. – 2018. – № 94 (6). – P. 1037-1044. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-17-0097-R/>.
14. Дослідження технологічних властивостей пшениці та спельти як сировини для виробництва борошна і крупи / Д. О. Жигунов, М. Р. Мардар, С. М. Соц, Ю. С. Барковська, Г. Д. Жигунова // Наукові праці НУХТ. – 2018. – № 24 (5). – С. 208-217.
15. Паляниця, Л. Я. Спельта як сировина у біотехнологічних процесах / Л. Я. Паляниця, Н. І. Березовська, З. Г. Піх // Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2020. – № 3 (2). – С. 73-78. DOI: <https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.073>.
16. Shewry, P. R. Do «ancient» wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? / P. R. Shewry, S. Hey // J. Cereal Sci. Elsevier Ltd. – 2015. – № 65. – P. 236-243.
17. *Triticum spelta*: Origin, biological characteristics and perspectives for use in breeding and agriculture / L. M. Babenko, H. M. Hospodarenko, R. V. Rozhkov, Y. F. Pariy, M. F. Pariy, A. V. Babenko, I. V. Kosakivska // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 2018. – № 9 (2). – С. 250-257. DOI: <https://doi.org/10.15421/021837>.
18. Quality of spelt wheat grain cereal products / G. M. Hospodarenko, S. P. Poltoretskyi, V. V. Liubych, V. V. Zheliezna // Bulletin of Uman National University of Horticulture. – 2018. – № 2. – P. 29-34. DOI: 10.31395/2310-0478-2018-21-26-34.
19. Abdel-Aal, E.-S.M. Spelt: a speciality wheat for emerging food uses / E.-S.M. Abdel-Aal, P. Hucl // Speciality grains for food and feed / Eds. E.-S. M. Abdel-Aal, P. J. Wood. – Amer Assn of Cereal Chemists, 2005. – P. 109-141.
20. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / E. Escarnot, J.-M. Jacquemin, R. Agneessens, M. Paquot // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. – 2012. – № 16(2). – P. 243-256.
21. Семенова, А. Б. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки круп'яних культур : автореф. дис.... канд. техн. наук : 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / А. Б. Семенова; Національний університет харчових технологій. – Київ, 2014. – 24 с.
22. Malting process optimization of spelt (*Triticum spelta* L.) for the brewing process / A. Muñoz-Insa, H. Selciano, M. Zarnkow, T. Becker, M. Gastl // LWT - Food Science and Technology. – 2013. – № 50. – P. 99-109.
23. Palianytsia, L. Y. Spelta wheat as a component of the medium for yeast growing / L. Y. Palianytsia, N. I. Berezovska, R. B. Kosiv // Chemistry, technology and application of substances. – 2019. – № 2 (1). – P. 64-68.
24. Ługowoj, S. Traditional and new raw materials for spirit beverage production / S. Ługowoj, M. Balcerek // Folia Biologica et Oecologica. – 2021. – № 17. – P. 70-78. DOI: 10.18778/1730-2366.16.17.
25. Зуб, Н. О. Удосконалення технології спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води : автореф. дис.... канд. техн. наук / Н. О. Зуб; Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України. – Київ, 2020.
26. Господаренко, Г. Якість пшениці спельти залежно від особливостей удобрення азотними добривами / Г. Господаренко, І. Ткаченко // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія. – 2014. – № 18. – С. 68-74.
27. The influence of selected agronomic factors on the chemical composition of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) grain / W. Biel, S. Stankowski, A. Jaroszewska, S. Pużyński, P. Boško // Journal of Integrative Agriculture. – 2016. – № 15(8). – P. 1763-1769.
28. Процан, Н. Активація ферментів під час розварювання житніх замісів підвищеної концентрації / Н. Процан, Л. Ткаченко // Технічні науки та технології. – 2020. – № 1 (19). – С. 241-249.
29. Галузевий стандарт України Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості (ГСТУ 46.045-2003) [Електронний ресурс] / Міністерство аграрної політики України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0250555-03#Text>.
30. ДСТУ 7898:2015 Сировина крохмалевмісна для спиртового виробництва. Метод визначення загальної мікробної забрудненості [Електронний ресурс] / Міністерство аграрної політики України. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=80832](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80832).



31. СОУ–15.9-37-243:2005 Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначення незброджених вуглеводів. – Київ : Міністерство аграрної політики України, 2006. – 20 с. – (Стандарт організацій Мінагрополітики України).

32. Алавердян, Л. Н. Борошно зі спельти: визначення та обґрунтування тенденцій розвитку ринку, оцінка якості / Л. Н. Алавердян, О. П. Юдичнева, О. В. Романенко // Товарознавчий вісник. – 2019. – № 12. – С. 6-17.

### References

1. Petrenko, V. (2018). Evaluation of three wheat species commonly used in organic cropping systems, considering selected technological parameters for ethanol production. T. Sheiko, L. Khudolii, V. Bondar. *17th International Scientific Conference Engineering for rural development Proceedings* (pp. 451-456). Czech University of Life Sciences Prague. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N030.

2. Tverdokhib, O.V., Holik, O.V., Niniieva, A.K., Bohuslavskiy, R.L. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelt in organic farming]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba – Manual of the Ukrainian farmer. Scientific and practical collection, 1*, 154-155.

3. Sedláček, T. (2010) Impact of environmental factors to wheat ethanol production in the conditions of Central Europe. *Cereal Research Communications*, 39, 120-129.

4. Liubych, V.V., Hospodarenko, H.M., Poltoretskyi, S.P. (2017). *Quality features of spelt wheat grain*. Saarbrücken, Germany.

5. Rodriguez-Quijano, M., Vargas-Kostiuk, M.E., Ribeiro, M., Callejo, M.J. (2019). Triticum aestivum ssp. vulgare and ssp. spelta cultivars. 1. Functional evaluation. *European food research and technology*, 245, 1561-1570. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03263-7>.

6. Lacko-Bartosova, M., Korczyk-Szabo, J., Razny, T. (2010). Triticum spelta – a specialty grain for ecological farming systems. *Research Journal of Agricultural Science*, 42(1), 143-147.

7. Gałkowska, D., Witeczak, T., Korus Ja., Juszczak L. (2014). Characterization of Some Spelt Wheat Starches as a Renewable Biopolymeric Material. *ISRN Polymer Science*, (February 5, 2014), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/361069>.

8. Suvorova, K.Yu., Leonov, O.Yu., Usova, Z.V., Khukhryanska, M.M., Kryshchtopa, N.A., Bohuslavskiy, R.L. (2023). Characteristics of winter spelt wheat (Triticum spelta L.) breeding lines in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Selection and Seed Industry*, 123, 48-56. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.283648.

9. Korkhova, M.M. (2019). Produktivnist sortiv pshenytsi spely ozymoi v Pivdennomu Stepu Ukrainy [Productivity of winter spelt wheat varieties in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia – Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 4, 30–37.

10. Kliuchevych, M.M. (2022). Spelta – tsinna kharchova ta likuvalna kultura [Spelled - the price of a food and medicinal crop]. *Suchasni aspekty zberezhennia zdorovia liudyny : zb. prats KhV Mizhnar. mizhdysts. nauk.-prakt. konf. – Modern aspects of preserving human health: Proceedings of the 15th International Interdisciplinary Scientific and Practical Conference* (pp. 100–104). Uzhhorod: State higher educational institution "Uzhhorod National University".

11. Podpriatov, H.I., Yashchuk, N.O. (2013). Suitability grain of winter wheat spelt for baking and feeding purposes [Prydatnist zerna pshenytsi spely ozymoi dlia khlibopekarskykh ta kormovykh tsilei]. *Novitni ahrotekhnolohii – Advanced Agritechnologies*, 1(1), 71–79.

12. NAAN Ukrainy. (2023). Ukraina: pohodni umovy ta stan ozymykh kultur u liutomu 2023 roku [Ukraine: weather conditions and condition of winter crops in February 2023]. <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1532522>.

13. Wiwart, M., Szafranska, A., Wachowska, U., Suchowilska, E. (2018). Quality parameters and rheological dough properties of 15 spelt (Triticum spelta L.) varieties cultivated today. *Cereal chemistry*, 94(6), 1037-1044. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-17-0097-R/>.

14. Zhyhunov, D.O., Mardar, M.R., Sots, S.M., Barkovska, Yu.S., Zhyhunova H.D. (2018). Doslidzhennia tekhnolohichnykh vlastyvostei pshenytsi ta spely yak syrovyny dlia vyrobnytstva boro-shna i krupy [Research of technological properties of wheat and spelt grain as raw materials for flour and groats manufacturing]. *Naukovi pratsi NUKhT – Scientific Works of NUFT*, 24(5), 208-217.

15. Palianytsia, L.Ia., Berezovska, N.I., Pikh, Z.H. (2020). Spelta yak syrovyna u biotekhnolohichnykh protsesakh [Spelta as a raw material in biotechnological processes]. *Khimiia, tekhnolohiia rehovyn ta yikh zastosuvannia – Chemistry, Technology and Application of Substances*, 3(2), 73-78. <https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.073>.
16. Shewry, P.R., Hey, S. (2015). Do «ancient» wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal Sci. Elsevier Ltd*, 65, 236-243.
17. Babenko, L. M., Hospodarenko, H. M., Rozhkov, R. V., Pariy, Y. F., Pariy, M. F., Babenko, A. V., Kosakivska, I. V. (2018). Triticum spelta: Origin, biological characteristics and perspectives for use in breeding and agriculture. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(2), 250-257. <https://doi.org/10.15421/021837>.
18. Hospodarenko, G.M., Poltoretskyi, S.P., Liubych, V.V., Zheliezna, V.V. (2018). Quality of spelt wheat grain cereal products. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 29-34. DOI: 10.31395/2310-0478-2018-21-26-34.
19. Abdel-Aal, E.-S.M., & Hucl, P. (2005). Spelt: a speciality wheat for emerging food uses. In E.-S. M. Abdel-Aal, & P. J. Wood (Eds.). *Speciality grains for food and feed*. p. 109-141.
20. Escarnot, E., Jacquemin, J.-M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 16(2), 243-256.
21. Semenova, A.B. (2014). *Udoskonalennia tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv z vykorystanniam produktiv pererobky krupianykh kultur [Improvement of the technology of bakery products using the products of processing of cereal crops]* (Abstract of candidate's thesis, National University of Food Technologies).
22. Muñoz-Insa, A., Selciano, H., Zarnkow, M., Becker, T., Gastl, M. (2013). Malting process optimization of spelt (*Triticum spelta* L.) for the brewing process. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 99-109.
23. Palianytsia, L.Y., Berezovska, N.I., Kosiv, R.B. (2019). Spelta wheat as a component of the medium for yeast growing. *Chemistry, technology and application of substances*, 2(1), 64–68.
24. Ługowoj, S., Balcerek, M. (2021). Traditional and new raw materials for spirit beverage production. *Folia Biologica et Oecologica*, 17, 70-78. DOI: 10.18778/1730-2366.16.17.
25. Zub, N.O. (2020). *Udoskonalennia tekhnolohii spyrtovoi brazhky z vykorystanniam elektrokhimichno aktyvovanoi vody [Udoskonalennia tekhnolohii spyrtovoi brazhky z vykorystanniam elektrokhimichno aktyvovanoi vody]* (Abstract of candidate's thesis. Instytut prodovolchychk resursiv Natsionalnoi akademii ahrarykh nauk Ukrainy).
26. Hospodarenko, H., Tkachenko, I. (2014). Yakist pshenytsi spely zalezho vid osoblyvosti udobrennia azotnymy dobryvamy [The quality of spelt wheat depending on the peculiarities of fertilization with nitrogen fertilizers]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahraryho universytetu. Seriya: Ahronomiia – Bulletin of Lviv National Environmental University: agronomy*, 18, 68–74.
27. Biel, W., Stankowski, S., Jaroszevska, A., Pużyński, S., Boško, P. (2016). The influence of selected agronomic factors on the chemical composition of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. spelta L.) grain. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(8), 1763–1769.
28. Protsan, N., Tkachenko, L. (2020). Aktyvatsiia fermentiv pid chas rozvariuvannia zhytnykh zamisiv pidvyshchenoi kontsentratsii [Activating of Enzymes While Tenderizing of Rye Batches of High Concentration]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 1(19), 241-249.
29. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. (2004). Haluzevyi standart Ukrainy Zerno. Metody vyznachennia umovnoi krokhmalystosti (HSTU 46.045-2003) [Industry standard of Ukraine. Grain. Methods of determining conditional starchiness] (GSTU 46.045.2003).
30. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. (2006). DSTU 7898:2015 Syrovyna krokhmalevmisna dlia spyrtovoho vyrobnytstva. Metod vyznachennia zahalnoi mikrobnai zabrudnenosti [Organization standard of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. Starch-containing raw materials are fermented for the production of ethyl alcohol. Methods of determination of unfermented carbohydrates] (SOU-15.9-37-243:2005).

31. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. (2006). OU–15.9-37-243:2005 Syrovyna krokhmal'evmisna zbrodzhenia dlia vyrobnytstva etylovoho spyrtu. Metody vyznachannia nezbrodzhenykh vuhlevodiv [Organization standard of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. Starch-containing raw materials are fermented for the production of ethyl alcohol. Methods of determining the volume fraction of ethyl alcohol] (SOU-15.9-37-242:2005).

32. Alaverdian, L.N., Yudychneva, O.P., Romanenko, O.V. (2019). Boroshno zi spely: vyznachennia ta obruntuvannia tendentsii rozvytku rynku, otsinka yakosti [Flour of spelt: determination and justification of trends in market development, quality assessment]. *Tovarovnavchyi visnyk – Commercial Bulletin Lutsk National Technical University*, 12, 6-17.

Отримано 16.11.2023

UDC 663.53

**Liubov Palianytsia<sup>1</sup>, Nataliia Berezovska<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Organic Products Technology  
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: [liubov.y.paliaytsia@lpnu.ua](mailto:liubov.y.paliaytsia@lpnu.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7891-9434>

ResearcherID: R-1871-2017. Scopus Author ID: 57194166710

<sup>2</sup>PhD in Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Organic Products Technology  
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: [nataliia.i.berezovska@lpnu.ua](mailto:nataliia.i.berezovska@lpnu.ua). ORCID <https://orsid.org/0000-0002-5658-1452>

ResearcherID: R-1845-2017. Scopus Author ID: 6507247187

## THE INFLUENCE OF SPELT VARIETIES ON ALCOHOL MASH TECHNOLOGICAL INDICATORS

*Winter spelt (Triticum spelta) has good potential for organic farming and complex processing to obtain functional products and ethanol.*

*Unlike common wheat, spelt is undemanding to growing conditions, as it grows on infertile soils and is stress-resistant to cold and moisture. Due to its dietary properties and good taste, it is of great demand among food consumers.*

*The analysis of the latest research and publications showed that the issues of a comprehensive study of spelt regarding its origin, selection, cultivation in organic farming conditions, nutritional properties of products based on it and possibilities of use in other industries require detailed study.*

*The problem of using domestic varieties of spelt in ethanol biotechnology remains unsolved since the starch content is lower than in other grain crops and does not provide the standard yield of the target product.*

*The work aims to study the effect of two types of spelt on the technological parameters of alcohol mash under the low-temperature hydroenzymatic processing of raw grain material.*

*We proposed to carry out low-temperature hydrofermentative processing of the grinding of two types of spelt «Zoria Ukrainy» and «Yevropa», with the participation of complexes of enzyme preparations of amylolytic, glucoamylase, cellulolytic and proteolytic action. The effectiveness of their action is determined by the rheological indicators of spelt wort and the technological indicators of alcohol mash.*

*The research results showed that the indicators of alcoholic mash obtained from spelt of the «Yevropa» variety are better than from the «Zoria Ukrainy» variety since 11 % more ethanol is accumulated, the content of alcohol-soluble carbohydrates, dextrins, and undissolved starch decreases by 35-40 %, and yeast biomass decreases by 17 %.*

**Keywords:** spelt; alcohol mash; enzyme preparations; wort; yeast; ethanol.

**Fig.:** 1. **Table:** 3. **References:** 28.