

Наталія Процан, Любов Ткаченко

АКТИВАЦІЯ ФЕРМЕНТІВ ПІД ЧАС РОЗВАРЮВАННЯ ЖИТНІХ ЗАМІСІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

Актуальність теми дослідження. Для спиртової галузі України актуальним завданням є зниження собівартості етилового спирту за рахунок більшого економічного використання імпортованих концентрованих ферментних препаратів, які широко застосовуються в Україні.

Постановка проблеми. Важливою стадією виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини є біоконверсія крохмалю зернової сировини у спирт за рахунок використання концентрованих ферментних препаратів. Основним видом зернової сировини, що переробляється в етиловий спирт, є жито, переробляння якого за низькотемпературними режимами ускладнено особливостями будови та складових цієї культури, що призводить до збільшення витрат ферментних препаратів амілолітичної дії на 15–25 %.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізовано наукові розробки з проблем ферментативного гідролізу крохмалю різних культур під час виробництва етилового спирту, що відображені в працях С. Т. Олійнічука, П. Л. Шияна, В. О. Маринченка, В. В. Сосницького, Р. Г. Кириленка. Напрацювання цих науковців було реалізовано в технології низькотемпературного гідроферментативного оброблення таких видів крохмалевмісної сировини, як пшениця і кукурудза.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Нині проблема ефективного переробляння жита на спиртових заводах залишається невирішеною, особливо під час розварювання житніх замісів підвищеної концентрації.

Постановка завдання. Метою роботи є активація амілолітичних ферментів під час низькотемпературного розварювання житніх замісів підвищеної концентрації сухих речовин за рахунок внесення фосфатів, які сприяють збереженню активності ферментів.

Виклад основного матеріалу. У статті наведено результати досліджень впливу фосфатів на активність ферментів під час низькотемпературного розварювання житніх замісів підвищеної концентрації в умовах виробництва спирту етилового.

Висновки відповідно до статті. Встановлено, що використання фосфатів із розрахунку 0,05 г/дм³ суслу на стадії приготування житнього замісу є раціональною кількістю, за якої ферментативний гідроліз проходить більш повно за рахунок активації амілолітичних ферментів. Показано, що при внесенні фосфатів в'язкість суслу знижується в 2,4 рази, що сприяє кращому формуванню ферментно-субтрактного комплексу та дії амілолітичних ферментів.

Ключові слова: жито; заміс; фосфати; активність ферментів; в'язкість; дозріла бражка.

Табл.: 5. Бібл.: 19.

Актуальність теми дослідження. На сьогодні практично на всіх спиртових заводах України впроваджено технології низькотемпературного гідроферментативного оброблення крохмалевмісної сировини, що стало можливим завдяки використанню імпортованих концентрованих ферментних препаратів [1; 2]. Використання концентрованих ферментних препаратів потребує корегування технологічного режиму в кожному конкретному випадку, залежно від особливостей складу зернової культури, що переробляється. Для спиртової галузі актуальним завданням є зниження собівартості етилового спирту за рахунок більшого економічного використання концентрованих ферментних препаратів.

Постановка проблеми. Важливою стадією виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини є біоконверсія крохмалю зернової сировини у спирт, яка складається з таких технологічних стадій: приготування замісу, гідроферментативне оброблення замісу, оцукрювання розвареної маси, під час яких відбувається гідроліз крохмалю сировини під дією амілолітичних ферментів. За умов низькотемпературного гідроферментативного оброблення зернової сировини відбувається нагрів середовища від 55 до 95 °С, що призводить до зниження активності ферментних препаратів [3].

Основним видом зернової сировини, що переробляється в етиловий спирт, є жито, переробляння якого за низькотемпературними режимами ускладнено особливостями будови та складових цієї культури [4; 5]. Крохмаль жита характеризується певними фізико-хімічними властивостями, які визначають структурно-механічні характеристики водно-борошняних систем і гідролізаторів. Основними властивостями крохмалю житнього борошна є температура клейстеризації та в'язкість. Важливою особливістю жита є наявність у його складі значної кількості некрохмальних полісахаридів, зокрема, геміцелюлоз та слизових гумі-речовин [6]. Крім того, що ці речовини не гідролізуються ферментами амілолітичної дії під час низькотемпературного переробляння, вони призводять до погір-

шення реологічних властивостей житнього суслу: значно підвищується в'язкість замісу. У результаті чого відбувається блокування активних центрів амілолітичних ферментів та зменшується їхня активність саме під час розварювання житніх замісів. Тому під час переробляння жита підприємства змушені збільшувати витрати ферментних препаратів амілолітичної дії: альфа-амілази до 25 % та глюкоамілази – до 15 % [7].

Оптимальні умови дії ферментів досягаються за параметрів, які гарантують найвищу їхню активність, тобто максимальну швидкість реакції і високу стабільність ферменту [3; 8]. Від активності та стабільності дії амілолітичних ферментів під час гідроферментативного оброблення зернових замісів залежить ефективність спиртового виробництва. З огляду на вищесказане розроблення ефективних технологічних прийомів, які сприяють активації дії амілолітичних ферментів у процесі розварювання і оцукрювання житніх замісів, особливо за підвищених концентрацій сухих речовин, для зниження їхньої в'язкості, є актуальним завданням у напрямку удосконалення технології спиртової бражки із жита та раціонального використання ферментних препаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізовано наукові розробки з проблем ферментативного гідролізу крохмалю різних культур під час виробництва етилового спирту, що відображені в працях С. Т. Олійнічука, П. Л. Шияна, В. О. Маринченка, В. В. Сосницького [1; 3]. Напрацювання цих науковців було реалізовано в технології низькотемпературного гідроферментативного оброблення таких видів крохмалевмісної сировини як пшениця і кукурудза. Дослідженнями Р. Г. Кириленка [9] встановлено технологічні особливості переробки зернової сировини на етиловий спирт за низькотемпературними режимами та наведено шляхи удосконалення технології спиртових бражок при використанні ферментних препаратів різної селективної дії залежно від виду сировини. Наукову роботу [10] присвячено питанням удосконалення технології гідроферментативного оброблення жита за рахунок раціональних режимів біоконверсії крохмалю. Дослідженнями [11] визначено негативний вплив наявних у зернівці жита похідних алкілрезорцинолів на оцукрюючу здатність суслу та проведено підбір речовин для нейтралізації алкілрезорцинолів, які зумовили збереження активності ферментних препаратів.

Каталітична дія ферментів значною мірою залежить від таких факторів, як температура, концентрація іонів водню та домішок, одні з яких діють як інгібітори, а інші – як активатори [8; 12]. До числа активаторів, що сприяють підвищенню активності ферментів та посилюють їхню дію, відносяться іони багатьох металів, які входять до складу простетичної групи ферментів.

Вміст у складі концентрованих ферментних препаратів, наприклад, іонів кальцію коливається від 1 до 30 г на 1 г/моль ферменту, причому повне видалення кальцію призводить до інактивації ферменту, повторне введення кальцію, наприклад, у кількості $5 \cdot 10^{-3}$ моля у середовище може частково відновити його активність [8]. Дослідженнями [13] доведено, що додавання CaCl_2 у кількості 200 мг/дм³ у воду, яка використовується для розведення ферментних препаратів амілолітичної дії значно підвищує їхню термостабільність за температури 58... 65 °С. Авторами проведено дослідження щодо позитивного впливу іонів кальцію на активність ферментів під час спиртового зброджування кукурудзяного суслу і доведено, що внесення в кукурудзяний заміс іонів кальцію в кількості 300 мг /дм³ дає змогу стабілізувати активність ферментів амілолітичної дії [14].

Відомо, що солі ортофосфорної кислоти – дигідроортофосфат калію (K_2HPO_4) і динатрійфосфат (Na_2HPO_4) – входять до складу пекарських порошків [15]. Сіль K_2HPO_4 додають у середовище під час вирощування плісеневих грибів, які продукують пеніциліни, а також – до рідких заквасок під час приготування житнього хліба. За даними [10], саме калій ще виконує роль не тільки коферменту, але також входить у деякі клітинні структури дріжджів і бере участь у регуляції транспорту іонів крізь клітинну стінку, а також активує 40 різних ферментів і тісно пов'язаний із розмноженням дріжджів та швидкістю зброджування.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На сьогодні проблема ефективного використання ферментних препаратів при зброджуванні жита на спиртових заводах залишається невирішеною. Переробляння жита ускладнено передусім за рахунок значної в'язкості житніх замісів, проблем перемішування та транспортування, неможливості досягнути регламентованих показників дозрілої бражки. Під час гідроферментативного оброблення житніх замісів останні нагрівають до температури 65...95 °С на стадії розрідження та до 55...58 °С на стадії оцукрювання [3]. За умов температурного оброблення житніх замісів відбувається значне зниження активності амілолітичних ферментів за причини високих значень в'язкості суслу, що є основною причиною недостатнього рівня оцукрювання житніх замісів. При підвищенні концентрації житніх замісів до 16 % сухих речовин та вище, в'язкість збільшується у 2,5-3,2 рази. Збільшення кількості ферментних препаратів лише частково вирішує проблему переробки жита у виробництві етилового спирту, але є економічно не вигідним для виробників, тому що при цьому підвищується собівартість кінцевого продукту. З огляду на це, необхідно провести дослідження щодо активації амілолітичних ферментів під час гідроферментативного розварювання житніх замісів підвищеної концентрації для більш економічного та ефективного їх використання.

Постановка завдання. Метою роботи є активація амілолітичних ферментів під час низькотемпературного розварювання житніх замісів підвищеної концентрації сухих речовин за рахунок внесення фосфатів, які сприяють збереженню активності ферментів.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами досліджень були ферментні препарати фірм «Новоконтакт» і «Даніско»: альфа-амілазної дії – Термаміл СЦДС, Амілекс ЗТ і глюкоамілазної дії – Сан-Супер 240 Л, Діазим ССФ. Активність концентрованих ферментних препаратів визначали згідно з [16].

Під час проведення досліджень використовували жито з такими показниками: вологість – 12,84 %, крохмалистість – 57,21 %, засміченість – 1,24 %. Зерно жита подрібнювали й одержували помели, ступінь подрібнення яких характеризувався 95 %-ним проходом крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Розріджуючий і оцукрюючий ферментні препарати вносили з розрахунку 1 од. та 6 од. на 1 грам крохмалю, відповідно. Під час визначання активності розчини ферментних препаратів готували на дистильованій воді, а також із додаванням у воду фосфатів із розрахунку 0,1 г/дм³. Солі Na₂HPO₄ і KН₂PO₄ у співвідношенні (1:19), які розчиняли в дистильованій воді. Одержаний водний розчин фосфатів використовували в дослідженнях.

Житні замиси готували таким чином: помели змішували з водою для досягнення концентрації сухих речовин у межах 16...20 %, а у дослідних варіантах, у воду вносили фосфати з розрахунку 0,05...0,40 г/дм³ суслу у вигляді розчинів. Замиси витримували за температури (45±1) °С впродовж 40 хв. Гідроферментативне оброблення замісів проводили за температури (65±1) °С впродовж 3 год, оцукрювання – за температури (58±1) °С впродовж 1 год. В'язкість, у сП, у житніх замісах визначали за допомогою віскозиметра Гепплера КF з падаючою кулькою. Дослідне зброджування житнього суслу проводили методом «бродильної проби» [17] за умов: температура – 30...32 °С, тривалість процесу – 72 год. Під час зброджування використовували дріжджі *S. cerevisiae* расу XII-T, які розмножували за режимами прийнятими у спиртовому виробництві [2]. Засівні дріжджі вносили розрахунку 10 % від об'єму зброджуваного середовища. У дозрілій бражці визначали: величину рН – потенціометрично, видиму густину та істинні сухі речовини – ареометричним методом, вміст незброджених вуглеводів (загальних і водорозчинних) – фотоколориметричним методом за реакцією з антроновим реагентом [18]. У бражних дистилятах визначали концентрацію етилового спирту ареометричним методом [19].

З метою встановлення впливу фосфатів на активність ферментних препаратів під час розварювання житніх замісів, попередньо перед визначенням альфа-амілазної активності ферментних препаратів, вихідні розчини останніх витримували за температури

65 °C впродовж 3 год. Результати досліджень, які проводили за такими варіантами: контроль – без внесення фосфатів і без витримання за температури 65 °C; I варіант – витримання за температури 65 °C без внесення фосфатів; II варіант – витримання за температури 65 °C із внесенням фосфатів, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вплив фосфатів на альфа-амілазну активність ферментних препаратів, %

Назва ферментного препарату	Альфа-амілазна активність, од./см ³		
	контроль	I варіант	II варіант
Термаміл СЦДС	921 ± 2	767 ± 2	919 ± 2
Амілекс 4Т	974 ± 2	819 ± 2	970 ± 2

З даних табл. 1 видно, що використання фосфатів в умовах витримання за температури розварювання житніх замісів сприяє збереженню активності ферментних препаратів. Так, за умови витримання розчину Термаміл СЦДС за температури 65 °C впродовж 3 год без внесення фосфатів (I вар.), активність знижується на 16,7 % порівняно з вихідним значенням у контрольному варіанті. А внесення фосфатів за таких же умов, сприяє збереженню активності Термаміл СЦДС на рівні контролю. Застосування фосфатів під час витримання Амілекс 4Т за температури 65 °C впродовж 3 год також позитивно впливає на альфа-амілазну активність ферментного препарату.

Для встановлення впливу фосфатів на активність ферментних препаратів глюкоамілазної дії (Сан-Супер 240 Л та Діазим ССФ) під час оцукрювання житніх замісів дослідження проводили за такими варіантами: контроль – без внесення фосфатів і без витримання за температури 58 °C; I варіант – витримання за температури 58 °C без внесенням фосфатів; II варіант – витримання за температури 58 °C із внесення фосфатів; III варіант – витримання за температури 65 °C без внесення фосфатів; IV варіант – витримання за температури 65 °C із внесенням фосфатів (табл. 2). Тривалість витримання за визначених температур становила 1 год.

Таблиця 2

Вплив фосфатів на глюкоамілазну активність ферментних препаратів, %

Назва ферментного препарату	Глюкоамілазна активність, од./см ³				
	контроль	I вар.	II вар.	III вар.	IV вар.
Діазим ССФ	5800 ± 2	5394 ± 2	5846 ± 2	5055 ± 2	5865 ± 2
Сан-Супер 240Л	2953 ± 2	2613 ± 2	2965 ± 2	2510 ± 2	2953 ± 2

Результати досліджень (табл. 2), підтверджують позитивний вплив фосфатів на активність ферментних препаратів глюкоамілазної дії. За отриманими даними можна зробити висновок, що витримання ферментних препаратів глюкоамілазної дії без внесення фосфатів за температур 58 °C (вар. I) та 65 °C (вар. III) призводить до зменшення глюкоамілазної активності приблизно на 7 % для Діазим ССФ і на 11,5 % для Сан-Супер 240 Л за температури 58°C та на 12,8 % для Діазим ССФ і на 15 % для Сан-Супер 240 Л за температури 65°C порівняно з контролем. Водночас, при внесенні фосфатів (вар. II і IV), за таких же умов, значення показника глюкоамілазної активності залишається на рівні контрольних. Таким чином, одержані результати свідчать про те, що використання фосфатів під час приготування розчинів ферментних препаратів дає можливість стабілізувати активність останніх за температур, за яких проводять гідроферментативне оброблення жита.

З метою вибору оптимальної кількості фосфатів для активації ферментних препаратів амілолітичного комплексу, за якої ферментативний гідроліз буде проходити більш повно з урахуванням реологічних властивостей сусла, було проведено наступні дослідження.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

У табл. 3 наведено показники дозрілих бражок, одержаних після зброджування житнього суслу, до складу якого на стадії приготування замісу вносили фосфати в кількості від 0,05 до 0,4 г/дм³ суслу (у контрольному варіанті у заміс фосфати не вносили).

Таблиця 3

*Вплив концентрації фосфатів у житньому суслі
на показники суслу й дозрілих бражок*

Показники	Контроль	Концентрація фосфатів, г/дм ³ суслу				
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
В'язкість середовища перед внесенням дріжджів, сП	2870	1015	983	967	948	935
pH, од.	4,43	4,42	4,42	4,41	4,40	4,38
Кислотність, град.	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65
Видима густина, %	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Істинні сухі речовини, %	3,8	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6
Вміст спирту, об. %	7,7	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Незброджені вуглеводи, г/100 см ³ :						
- загальні	0,94	0,72	0,71	0,71	0,70	0,69
- водорозчинні	0,65	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58
- нерозчинений крохмаль	0,25	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10

Наведені у табл. 3 дані свідчать, що за умови внесення у заміс фосфатів, уже за концентрації останніх 0,05 г/дм³ суслу, в'язкість суслу зменшується на 50,8 % проти контрольного варіанта. За умови збільшення концентрації фосфатів у суслі до 0,3 г/дм³ суслу показник в'язкості зменшився на 64,6...67,4 % порівняно з контролем і за концентрації фосфатів 0,4 г/дм³ суслу становив 935 сП. Одержані результати показують, що внесення фосфатів позитивно впливає на показники дозрілої бражки, зокрема, зменшується вміст нерозчиненого крохмалю та незброджених вуглеводів. Так, уже за концентрації фосфатів 0,05 г/дм³ суслу вміст нерозчиненого крохмалю зменшився на 52 % і незброджених загальних вуглеводів – на 23,4 % у порівнянні з контролем. Зменшення втрат із незбродженими вуглеводами обумовлює збільшення вмісту спирту в дозрілій бражці порівняно з контрольним варіантом на 0,15 об. %.

Отже, на основі проведених досліджень, можна стверджувати, що концентрація фосфатів 0,05 г/дм³ суслу є раціональною кількістю, за якої ферментативний гідроліз крохмалю жита проходить більш повно, тому що активність ферментних препаратів не знижується, що підтверджують показники дозрілої бражки, і при цьому не потрібно додаткових витрат ферментних препаратів.

Досліджено вплив визначеної кількості фосфатів (0,05 г/дм³ суслу) на в'язкість житніх замісів при збільшенні концентрації сухих речовин від 16,1 до 20,2 %. У табл. 4 наведено показники в'язкості житніх замісів залежно від концентрації сухих речовин у середовищі без фосфатів і при внесенні фосфатів.

Таблиця 4

В'язкість житніх замісів залежно від концентрації СР

Концентрація сухих речовин, %	В'язкість житнього замісу, сП	
	контроль (без фосфатів)	дослід (внесення фосфатів із розрахунку 0,05 г/дм ³)
16,1	2875	1022
17,2	3189	1210
18,3	3465	1370
19,1	3846	1584
20,2	4095	1710

З даних табл. 4 видно, що в'язкість житніх замісів збільшується на 1220 сП по мірі підвищення концентрації сухих речовин від 16, 1 до 20,2 %. Водночас, за умови внесення у заміс фосфатів, показник в'язкості середовищ зменшується в порівнянні з контрольними варіантами у 2,4-2,8 рази. Це дає змогу пояснити попередньо одержані дані, щодо позитивного впливу фосфатів на активність ферментів амілолітичної дії під час гідроферментативного розварювання житніх замісів: зниження в'язкості середовища сприяє кращому утворенню фермент-субстратного комплексу та активації і стабілізації ферментних систем.

Оскільки внесення фосфатів за нормативних витрат ферментних препаратів позитивно впливає на реологічні властивості житнього суслу, досліджено можливість приготування житнього суслу підвищеної концентрації сухих речовин (20 %) без додаткових витрат ферментних препаратів амілолітичної дії. Під час досліджень житні заміси готували за такими варіантами: контроль – нормативні витрати ФП без внесення фосфатів; I варіант – витрати ферментних препаратів Амілекс 4Т та Діазим ССФ були збільшені на 15 % щодо нормативних витрат; II варіант – витрати ферментних препаратів як у контрольному варіанті та з внесенням фосфатів із розрахунку 0,05 г/дм³ суслу.

Показники дозрілих бражок, які були одержані під час зброджування житнього суслу концентрацією 20,1 %, наведено в табл. 5. Результати досліджень (табл. 5) показують, що дозрілі бражки, одержані під час зброджування житнього суслу підвищеної концентрації сухих речовин з використанням нормативних витрат ферментних препаратів (контрольний варіант), характеризуються підвищеними показниками незброджених вуглеводів та нерозчиненого крохмалю.

Таблиця 5

Вплив внесення фосфатів на показники зброджування суслу підвищеної концентрації

Показники	Варіанти		
	Контроль	I	II
рН, од.	4,23	4,21	4,24
Кислотність, град.	0,68	0,71	0,66
Видима густина, %	0,8	0,7	0,6
Істинні сухі речовини, %	5,5	5,3	5,1
Вміст спирту, об. %	9,50	9,85	10,10
Кількість незброджених вуглеводів, г/100 см ³ :			
- загальні	0,93	0,58	0,39
- водорозчинні	0,73	0,47	0,32
- нерозчинений крохмаль	0,18	0,10	0,06
- спирторозчинні вуглеводи	0,35	0,25	0,15
- декстрини	0,34	0,23	0,15

За умови збільшення витрат ферментних препаратів на 15 % проти нормативних витрат (вар. I) спостерігається зменшення вмісту незброджених загальних і водорозчинних вуглеводів та нерозчиненого крохмалю, приблизно, на 38, 36 та 45 % відповідно, та збільшення вмісту спирту на 0,35 об. % проти показників у контрольному варіанті. Таке збільшення вмісту спирту можна пояснити тим, що за рахунок збільшення витрат ферментних препаратів покращуються реологічні показники суслу – зменшується вміст декстринів на 32 % та збільшується вміст зброджуваних речовин, які легко засвоюються дріжджами, на що вказує вміст спирторозчинних вуглеводів, які зменшилися на 28,5 %.

Найбільш показовим є варіант II, в якому за умови внесення фосфатів із розрахунку 0,05 г/дм³ суслу та використання нормативних витрат ферментних препаратів вміст спирту в дозрілій бражці збільшився на 0,6 об. % у порівнянні з контрольним варіантом. Відповідно, зменшився вміст незброджених загальних і водорозчинних вуглеводів та нерозчиненого крохмалю, приблизно, на 58, 56 та 67 % порівняно з контролем.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Порівнюючи результати вар. I та вар. II видно, що внесення фосфатів дає можливість стабілізувати активність амілолітичних ферментних препаратів та збільшити взаємодію ферменту із субстратом і тим самим підвищити швидкість утворення фермент-субстратного комплексу, що, у свою чергу, сприяє підвищенню швидкості гідролізу крохмалю жита та збільшенню кількості редуруючих речовин у суслі і, в результаті, дає змогу досягнути нормативних показників у дозрілій бражці.

Висновки відповідно до статті. За результатами досліджень показано позитивний вплив фосфатів на активність ферментів під час низькотемпературного розварювання житніх замісів концентрацією від 16,0 до 20,2 %. Встановлено, що при виробництві етилового спирту, використання фосфатів у кількості 0,05 г /дм³ на стадії приготування житнього замісу є раціональною кількістю для покращання дії амілолітичних ферментів. Показано, що за рахунок внесення в житній заміс визначеної кількості фосфатів в'язкість знижується у 2,4-2,8 рази залежно від концентрації сухих речовин, що в свою чергу сприяє кращому утворенню фермент-субстратного комплексу та активації і стабілізації ферментів амілолітичної дії за умов низькотемпературного розварювання жита. Встановлено, що внесення в житній заміс фосфатів за умов нормативної кількості ферментних препаратів дає змогу зброджувати житнє сушло підвищеної концентрації сухих речовин та досягати нормативних показників дозрілої бражки.

Список використаних джерел

1. Технологія спирту / за ред. В. О. Марінченка. Вінниця: Поділля-2000, 2003. 496 с.
2. ТРУ 18.8049 Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини. Київ: УкрНДІспиртбіопрод, 2000. 144 с.
3. Шиян П. Л., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. Київ: ВД «Асканія», 2009. 424 с.
4. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1989. 368 с.
5. Крикунова Л. Н., Максимова Е. М., Черных В. Я. Реологическое поведение клейстеризованного крахмалосодержащего сырья. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2001. № 3. С. 24–25.
6. Лукерченко В. Н. Некрахмальные углеводы зерна и их значение для спиртового производства. *Пищевая промышленность*. 2000. № 1. С. 11–13.
7. Кононенко В. В., Крикунова Л. Н., Колпакова В. В. Переработка зерна ржи и ячменя в спиртовом производстве. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2003. № 3. С. 11–13.
8. Грачева И. М. Технология ферментных препаратов. Москва: Агропромиздат, 1987. 336 с.
9. Кириленко Р. Г. Удосконалення енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / НУХТ. Київ, 2007, 23 с.
10. Процан Н. В. Удосконалення технології спиртової бражки з жита: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.05 / Інститут продовольчих ресурсів НААУ. Київ, 2018. 25 с.
11. Protsan N., Oliynichuk S., Verbytskyi S. Effect of alkylresorcinols derivatives on the activity of enzyme preparations. *Технічні науки та технології*. 2017. № 4. С. 235–240.
12. Капрельянц Л. В. Ферменты в пищевых технологиях. Одесса: Друк, 2009. 468 с.
13. Шиян П. Л., Ткаченко Д. О., Ткаченко Л. В. Стабілізація амілолітичної активності ферментних препаратів під час термоферментативного оброблення зернових замісів *Обладнання та технології харчових виробництв*: темат. зб. наук. пр. Донецьк: ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2012. Вип. 28. С. 77–82.
14. Ткаченко Д. О., Шиян П. Л., Ткаченко Л. В. Спосіб підвищення активності ферментів сушла під час спиртового зброджування. *Наукові праці ОНАХТ*, 2013. Вип. 44. № 2. С. 269–272.
15. Лукачевский Б. П., Куцый И. А., Веретова Т. В. Немецкие фосфаты в пищевой промышленности. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2002. № 2. С. 56.
16. СОУ–15.9-37-241:2005. Препарати ферментні для спиртового виробництва. Методи визначення амілолітичної активності. Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006. 26 с. (Стандарт організацій Мінагрополітики України).

17. ГСТУ 46.045.2003 Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості. Київ: Міністерство аграрної політики України. Чинний від 01.01.2004. 23 с. (Галузевий стандарт України).

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

19. СОУ–15.9-37-242:2005 Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначання об'ємної частки етилового спирту. Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006. 21 с. (Стандарт організацій Мінагрополітики України).

References

1. Marinchenko, V. O. (Ed.) (2003). *Tekhnolohiya spyrту [Technology of alcohol]*. Vinnytsya: Podillya-2000 [in Ukrainian].

2. TRU 18.8049-2000 (2000). *Tekhnolohichnyy rehlement vyrobnystva etylovoho spyrту z krokhmalevmisnoyi syrovyny [Technological regulation of production of ethyl alcohol from starch-based raw materials]*. Kyiv: UkrNDIspirtbioprod [in Ukrainian].

3. Shyian, P. L., Sosnytskyi, V. V., Oliynychuk, S. T. (2009). *Inovatsiini tekhnolohii spyrtovoi promyslovosti. Teoriia i praktyka. [Innovative technologies of the alcohol industry. Theory and Practice]*. Kyiv: Vyd. dim. «Askanii» [in Ukrainian].

4. Kazakov, E. D., Kretovich, V. L. (1989). *Biokhimiya zerna i produktov yego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]* (2nd ed.). Moscow: Agropromizdat [in Russian].

5. Krikunova, L. N., Maksimova, E. M., Chernykh, V. Ya. (2001). Reologicheskoye povedeniye kleysterizovannogo krakhmalosoderzhashchego syria [Rheological behavior of pasteurized starch-containing raw materials]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy – Production of alcohol and alcoholic beverages*, 3, 24–25 [in Russian].

6. Lukerchenko, V. N. (2000). Nekrakhmal'nyye uglevody zerna i ikh znacheniye dlya spirtovogo proizvodstva. [Non-carbohydrate carbohydrates of grain and their significance for alcohol production] *Pishchevaya promyshlennost' – Food industry*, 1, 11–13 [in Russian].

7. Kononenko, V. V., Krikunova, L. N., Kolpakova, V. V. (2003). Pererabotka zerna rzhi i yachmenya v spirtovom proizvodstve [Processing of grain of rye and barley in alcohol production]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy – Production of alcohol and alcoholic beverages*, 3, 11–13 [in Russian].

8. Hracheva, I. M. (1987). *Tekhnologiya fermentnykh preparatov [Enzyme preparation technology]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].

9. Kyrylenko, R. H. (2007). *Udoskonalennya enerho-ta resursozberihayuchoyi tekhnolohiyi spyrtovoi brazhky z krokhmalevmisnoyi syrovyny [Improvement of energy and resource-saving technology of alcohol starch from starch-containing raw materials]*. (Candidate's thesis). NUKHT, Kyiv [in Ukrainian].

10. Protsan, N.V. (2018). *Udoskonalennia tekhnolohii spyrtovoi brazhky z zhyta [Perfection of technology of alcohol mash from rye]*. (Candidate's thesis). Instytut prodovolchyykh resursiv NAAU, Kyiv [in Ukrainian].

11. Protsan, N., Oliynychuk, S., Verbytskyi, S. (2017). Effect of alkylresorcinols derivatives on the activity of enzyme preparations. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 4, 235–240 [in Ukrainian].

12. Kapreliants, L. V. (2009). *Fermenty v pishchevykh tekhnologiyakh [Enzymes in food technology]*. Odessa: Druk [in Ukrainian].

13. Shyian, P. L., Tkachenko, D. O., Tkachenko, L. V. (2012). Stabilizatsiya amilolitychnoyi aktyvnosti fermentnykh preparativ pid chas termofermentatyvnoho obroblennia zernovykh zamisiv [Stabilization of amylolytic activity of enzyme preparations during thermo-enzymatic treatment of grain mixtures]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnystv – Equipment and technology of food production*, 28, 77–82 [in Ukrainian].

14. Tkachenko, D. O., Shyian, P. L., Tkachenko, L. V. (2013). Sposib pidvyshchennia aktyvnosti fermentiv susla pid chas spyrtovoho zbrodzhuvannia [A method of increasing the activity of wort enzymes during alcohol fermentation]. *Naukovi pratsi ONAHT – Scientific Works ONAHT*, 44 (2), 269–272 [in Ukrainian].

15. Lukachevsky, B. P., Kutsyi, I. A., Veretova, T. V. (2002). Nemetskiye fosfaty v pishchevoy promyshlennosti [German phosphates in the food industry]. *Pishchevyie ingridiyenty: syrie i dobavki – Food Ingredients: Raw and Supplements*, 2, 56 [in Russian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

16. SOU–15.9-37-241:2005 (2006). *Preparaty fermentni dlia spyrtovoho vyrobnytstva. Metody vyznachennia amilolitychnoi aktyvnosti [Enzyme preparations for alcohol production. Methods for determining amylolytic activity]*. Standart orhanizatsii Minahropolityky Ukrainy [in Ukrainian].

17. HSTU 46.045.2003 (2004). *Zerno. Metody vyznachennya umovnoyi krokhmalystosti [Grain. Methods for determining conditional starch]*. Ministerstvo ahrarynoi polityky Ukrayiny, Kyiv [in Ukrainian].

18. SOU–15.9-37-243:2005 (2006). *Syrovyna krokhmalevmisna zbrodzheni dlia vyrobnytstva etylovoho spyrty. Metody vyznachannya nezbrodzhennykh vuhlevodiv [Raw starch fused to produce ethyl alcohol. Methods for the determination of non-fermented carbohydrates]*. Standart orhanizatsii Minahropolityky Ukrainy [in Ukrainian].

19. SOU–15.9-37-242: 2005 (2006). *Syrovyna krokhmalevmisna zbrodzheni dlia vyrobnytstva etylovoho spyrty. Metody vyznachannya ob yemnoyi chastky etylovoho spyrty [Raw starch fused to produce ethyl alcohol. Methods for determining the volume fraction of ethyl alcohol]*. Standart orhanizatsii Minahropolityky Ukrainy [in Ukrainian].

UDC 663.53.531

Natalia Protsan, Liubov Tkachenko

ACTIVATING OF ENZYMES WHILE TENDERIZING OF RYE BATCHES OF HIGH CONCENTRATION WHILE WHILE TENDERIZING OF RYE BATCHES OF RYE BATCHES

Urgency of the research. For the Ukrainian alcohol industry, the urgent task is to reduce the cost of ethyl alcohol through the more economical use of imported concentrated enzyme preparations, which are widely used in Ukraine.

Target setting. An important stage in the production of ethyl alcohol from starch raw materials is the bioconversion of starch of cereal raw materials into alcohol through the use of concentrated enzyme preparations. The main type of grain raw materials processed into ethyl alcohol is rye, the processing of which under low-temperature modes is complicated because of the peculiarities of the structure and components of this culture, which leads to increasing the cost of enzyme preparations of amylolytic process by 15-25 %.

Actual scientific researches and issues analysis. The scientific researches on the problems of enzymatic hydrolysis of starch of different cultures during the production of ethyl alcohol are reflected in the works by S.T. Oliymchuk, P.L. Shiyani, V.O. Marinchenko, V.V. Sosnitsky, R.G. Kirilenko. The work of these scientists was implemented in the technology of low-temperature hydro-enzymatic processing of such starch-containing raw materials as wheat and corn.

Uninvestigated parts of general matters defining. For today the problem of efficient processing of rye at distilleries remains unresolved, especially while tenderizing of rye batches of high concentration.

The research objective. The purpose of this work is to activate amylolytic enzymes during low-temperature tenderizing of rye batches of high concentration of solids due to the introduction of a rational amount of phosphates that help to maintain the activity of enzymes.

The statement of basic materials. The article presents the results of studies of the influence of phosphates on the activity of enzymes during low-temperature tenderizing of rye batches of high-concentration under conditions of production of ethyl alcohol.

Conclusions. It is established that the use of phosphates in the amount of 0.05 g / dm³ of wort at the stage of preparation of rye batches is a rational amount at which enzymatic hydrolysis is more complete and the activity of amylolytic enzymes is not reduced. It has been shown that when phosphate is applied, the viscosity of the wort is reduced by 2.4 times, which contributes to the better formation of the enzyme-substrate complex and the action of amylolytic enzymes.

Keywords: rye; batch; phosphate; enzyme activity; viscosity; mature mash.

Table: 5. References: 19.

Процан Наталія Вікторівна – кандидат технічних наук, зав. відділом технології продуктів бродіння і мікробного синтезу, ДНУ «Український науково-дослідний інститут спирту і біотехнології продовольчих продуктів» (пров. Бабушкіна, 3, м. Київ, 03190, Україна).

Protsan Natalia – PhD in Technical science, Head of the Department of Technology of Products of Fermentation and Microbial Synthesis, State Scientific Institution «Ukrainian Research Institute of Alcohol and Biotechnology of Foods» (3 Babushkina Lane, 03190 Kyiv, Ukraine).

E-mail: protsannataly@gmail.com.

Ткаченко Любов Володимирівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу технології продуктів бродіння і мікробного синтезу, ДНУ «Український науково-дослідний інститут спирту та біотехнології продовольчих продуктів» (пров. Бабушкіна, 3, м. Київ, 03190, Україна).

Tkachenko Liubov – PhD in Technical science, Senior Scientist Spivor, State Scientific Institution Ukrainian Research Institute for Alcohol and Biotechnology of Food Products (3 Babushkina Lane, 03190 Kyiv, Ukraine).

E-mail: lubashev28@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1082-6431>

ResearcherID: G-7764-2014