

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ЖИТА В ЕТАНОЛ

І. ГУЛИЙ, академік

А. УКРАЇНЕЦЬ, П. ШИЯН, доктори технічних наук

Т. МУДРАК, А. ФІЩЕНКО, кандидати технічних наук

Р. КИРИЛЕНКО, В. СИЗЬКО, наукові співробітники

Національний університет харчових технологій

І. ЖОЛНЕР, голова

В. СОСНИЦЬКИЙ, кандидат технічних наук, перший заступник голови

Державний концерн "Укрспирт"

В. АРТЮХОВ, директор

Червонослобідський спиртозавод

А. МИХАЙЛІВ, інженер

Вузьлівський спиртозавод

Останнім часом на ринку сировини для спиртової галузі переважає жито, що вирізняється високою крохмалистістю та відносно низькою ціною. Однак це нетехнологічна, важка для виготовлення спирту сировина, її переробляють переважно в суміші з іншими зерновими, зокрема пшеницею. Цим досягають середньозваженого виходу спирту з однієї тонни умовного крохмалю.

ТРУДНОЩІ і в тому, що жито містить підвищену кількість незброджуваних β-глюканів, пентозанів, геміцелюлоз та слизистих гемі-речовин, які підвищують в'язкість замісу, інгібують дріжджі на стадії дріжджогенерування та бродіння. Кількість пліснявих грибів та кислотоутворюючих мікроорганізмів на житі значно більше (у шість разів), ніж на пшениці. Якість виробничих дріжджів з жита значно погіршується, бражка закисає, підвищуються втрати зброджуваних речовин, знижується концентрація спирту в бражці, зменшується його вихід.

Підвищення кислотності в бражці з жита спричиняє не лише наднормативні втрати крохмалю, а й додаткову витрату пари на стерилізацію комунікацій та обладнання. Тривалість бродіння збільшується на 1–2 доби, що зменшує потужність підприємства й підвищує собівартість кінцевого продукту. Різка коливання в житі вмісту крохмалю й некрохмальних полісахаридів також ускладнює його переробку в спирт. Тож **проблема ефективної переробки в етанол усіх потенційних джерел зернової сировини, в тому числі й жита, має для України велике техніко-економічне значення.**

Останнім часом завдяки зусиллям науковців та виробників підприємства галузі широко впроваджу-

ють енерго- та ресурсозберігаючі технології спиртових бражок, що передбачають низькотемпературну водно-теплову обробку зернової сировини з постадійним гідролізом крохмалю та використанням концентрованих ферментних препаратів (ФП) селективної дії.

Особливість цієї технології – поєднання процесу розварювання замісу з розрідженням крохмалю під дією термостабільної α-амілази до декстринів з подальшим їх гідролізом глюкоамілазою до зброджуваних цукрів на стадії оцукрення чи бродіння.

Ферментативний гідроліз крохмалю сировини – основний процес у технології спиртової бражки. Тому оптимальний підбір комплексу фер-

ментних препаратів – визначний для забезпечення необхідного ступеня гідролізу крохмалю, забезпечення регламентних показників дозрілої бражки, нормативного виходу спирту з тонни умовного крохмалю.

Для дослідження ферментативного гідролізу замісів з жита використовували найбільш поширені препарати таких фірм, як "Ново-Зим" (Данія) та "Дьоллер" (Німеччина).

Як джерело α-амілази використовували Термаміль 120L, Дистицим БА-Т і Декстаміль БА; глюкоамілази – Сан-Супер 240L, Дистицим-АГ, Глюкаміль і як додаткові – целюлолітичні ферментні препарати: Целюкласт, Ультрафлю та Ліквімеш.

Термоферментативну обробку жита проводили термостабільною α-амілазою при температурі 90°C з експозицією 150 хв. Оцукрювання відбувалось глюкоамілазою при температурі 55°C протягом 30 хв.

Тонкість помелу сировини становила 100% проходу крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Ефективність дії ферментних препаратів визначали залежно від динаміки бродіння оцукреного сусла.

На рис. 1 наведено динаміку бродіння оцукреного сусла з початковою концентрацією сухих речовин 18,0% при крохмалистості жита 58,7%. Отже, композиції досліджуваних ферментних препаратів істотно не впливають на динаміку бродіння. Лише при використанні ферментних препаратів фірми "Дьоллер" Дистицим БА-Т та Дистицим АГ на початку бродіння дещо знижувалась бродильна активність, але вже на другу добу динаміка бродіння була такою ж, як і при використанні ферментних препаратів фірми "Ново-Зим".

До складу жита входить до 12% біополімерів некрохмального походження, які обволікають крохмальні

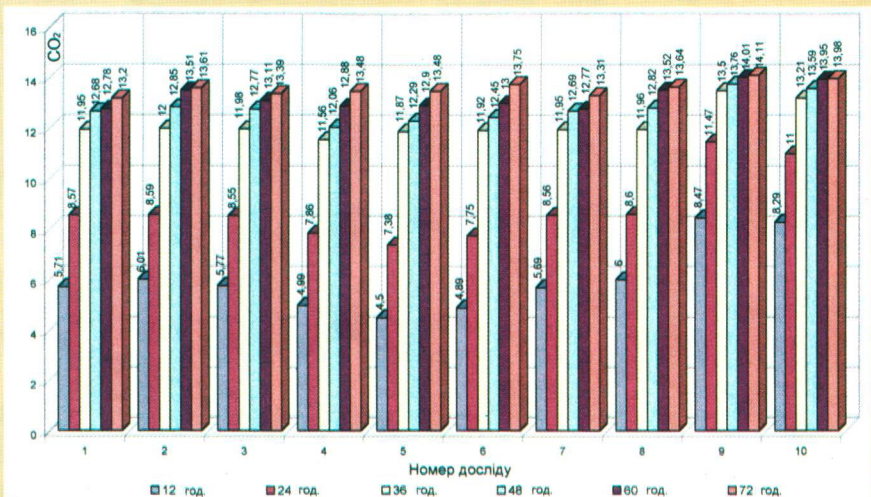


Рис. 1. Динаміка бродіння сусла з жита.

зерна, що ускладнює вивільнення екстрактивних речовин і зернової сировини, заважає доступу до них амілолітичних ферментів, зменшує швидкість проникнення ферментів до молекул крохмалю.

Гідроліз геміцелюлоз, β-глюканів та гумі-речовин має сприяти не лише зниженню в'язкості замісу, а й підвищенню ступеня гідролізу крохмалю жита.

У дослідах 2–4, 6 та 8 на стадії оцукрення додатково задавали целюлолітичні ферментні препарати – Целюкласт, Ультрафло та Ліквімеш. Використання їх не тільки значно знижує в'язкість суслу, а й збільшує на 0,87–1,1% концентрацію етанолу в дозрілій бражці. Крім того, при використанні цих препаратів на 2,9–4,0% збільшується вміст розчинених вуглеводів у бражці. Це може бути пов'язано з тим, що під дією целюлолітичних ферментів відбувається гідроліз β-глюканів та геміцелюлоз до низькомолекулярних вуглеводів (маноза, арабіноза, ксилоза), що лише частково зброджуються спиртовими дріжджами раси К-81. Додаткове використання целюлолітичних ферментних препаратів дає змогу зменшити концентрацію нерозчинного крохмалю в бражці на 16,9–24,2% при 72 годинах бродіння.

Накопичення дріжджової біомаси в усіх дослідах було практично на одному рівні, за винятком 9 та 10, в яких до суслу додавали карбамід. З використанням концентрованих ферментних препаратів вміст живильних речовин для дріжджів (амінокислот, вітамінів) у суслі значно менший, ніж при використанні солоду. Тому досліджували використання азотного живлення (карбаміду) не лише на стадії приготування виробничих дріжджів, а й на стадії зброджування суслу. З додаванням в оцукрене

сусло карбаміду (досліди 9 та 10) динаміка бродіння за першу добу зростала в 1,2–1,8 раза, а його тривалість зменшувалась на 8–12 год. Вміст розчинних вуглеводів у дозрілій бражці в дослідах 9 та 10 зменшився на 15,4 та 24,5%, а кислотність знизилась на 0,06 та 0,13 мл 1н. NaOH на 100 мл бражки відповідно, що зумовлено збільшенням популяції дріжджів до 169 та 240 млн. клітин в 1 мл бражки.

При цьому концентрація етанолу в дозрілій бражці зменшилась на 1,4%, що пов'язано з витратою крохмалю на біосинтез додаткової кількості дріжджів. Тому азотне живлення на стадії бродіння можна рекомендувати за низької бродильної активності виробничих дріжджів чи недостатньої їх кількості.

Підвищений, ніж передбачено технологічним регламентом, вміст незброджених вуглеводів у бражці при нормативному терміні бродіння 72 год. свідчить про необхідність більш глибоких досліджень з метою оптимізації технології спиртової бражки з жита.

У зв'язку з цим ми досліджували вплив вмісту сухих речовин замісу та концентрації крохмалю в житі на технологічні показники дозрілої бражки. Для дослідів використали жито з концентрацією крохмалю 52,5, 58,7 та 60,2%, тонкість помелу – 100%-ний прохід крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Замість готували з вмістом сухих речовин у діапазоні 12,0–18,0%.

Крохмаль жита розріджували термостабільним ферментним препаратом Термамил 120L (0,2 л/т умовного крохмалю), розріджену масу оцукрювали ферментним препаратом Сан-Супер (1,0 л/т умовного крохмалю), додатковий фермент – препарат Целюкласт. Температура розрідження – 92°C, експозиція – 150 хв.; темпера-

тура оцукрення – 55°C, експозиція – 30 хв., термін бродіння – 72 год.

Досліди підтвердили, що зброджування суслу з концентрацією СР 18% протягом 72 год. супроводжується підвищеним вмістом незброджених вуглеводів у бражці і, як наслідок, – зменшеним виходом спирту з тонни умовного крохмалю.

Висока в'язкість суслу з жита зумовлена не тільки продуктами неповного гідролізу клітинних стінок, залишками гемі-целюлоз та гумі-речовинами, а й концентрацією сухих речовин у замісі. З підвищенням в'язкості уповільнюється процес дифузії екстрактивних речовин у розчин, зменшується швидкість проникнення ферментів до молекул крохмалю й знижується бродильна активність дріжджових клітин.

Проведені нами дослідження показали, що із зниженням концентрації СР у замісах вихід спирту з тонни умовного крохмалю підвищувався.

При зброджуванні суслу в широкому діапазоні концентрацій сухих речовин вдалося одержати дозрілі бражки з виходом спирту, який наближався до нормативного (65,5 дал/т ум. крохм.) при концентрації СР суслу 12–15% та використанні додатково целюлолітичного ферменту.

Для визначення впливу концентрації крохмалю в житі на вихід етанолу зброджували сусло з жита з різним вмістом крохмалю (60,2%, 58,7% та 52,5%) при наведених вище технологічних параметрах та використанні як джерела целюлолітичного ферменту – Целюкласту (див. таблицю).

Встановлено, що в зразках, із вмістом крохмалю 52,5% вихід спирту наближався до нормативного. Із збільшенням концентрації крохмалю в житі питома вага некрохмальних біополімерів підвищується. При гідролізі вони утворюють оптично активні незброджувані низькомолекулярні сполуки, що є причиною завищених результатів аналізу концентрації зброджуваних вуглеводів поляриметричним методом та зменшення розрахункового виходу спирту.

Тож існує розбіжність між дійсною і визначеною концентрацією зброджуваних речовин як у житі, так і в дозрілій бражці. Чим вища концентрація крохмалю в житі, а отже, й вміст некрохмальних біополімерів, тим більша ця розбіжність і нижчий вихід спирту.

На підставі дослідів встановлено, що незброжені вуглеводи представ-

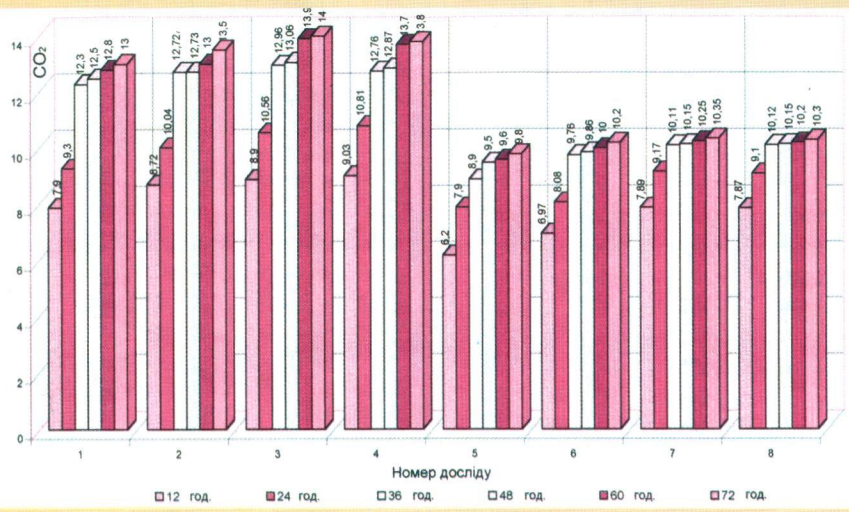


Рис. 2. Динаміка виділення CO₂ при зброджуванні житнього суслу залежно від концентрації ферментного препарату