

ГУЛЯЄВ В.М., д.т.н., професор
МАЗНИЦЬКА О.В.,* к.т.н., доцент, магістр
АНАЦЬКИЙ А.С., к.т.н., доцент
ПАСЕНКО А.В.,* к.т.н., доцент, магістр

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУСЛА З ДОБАВКОЮ ТОПІНАМБУРА У ВИРОБНИЦТВІ ДРІЖДЖІВ РОДУ *SACCHAROMYCES*

Вступ. В останні десятиліття перелік біотехнологічних процесів, в яких використовуються дріжджі, значно збільшився. Перспективи використання дріжджів висвітлені у різних розробках, патентах, де згадується більш ніж 200 видів біопродуктів, синтезованих дріжджами. В даний час дріжджі використовуються для отримання різних органічних кислот, полісахаридів, багатоатомних спиртів, вітамінів і вітамінних добавок, а також у безлічі інших дрібномасштабних процесів [1].

Дріжджі є також джерелами для отримання ферментних препаратів, які використовуються в сучасній харчовій та хімічній промисловості. З дріжджового осаду, що утворюється як відхід пивоваріння, одержують фермент β -фруктофуранозідазу (інвертазу), що розщеплює сахарозу на глюкозу і фруктозу.

В умовах підприємств пивоварної галузі малої потужності виникає проблема наявності чистих культур дріжджів (ЧКД), які необхідно закуповувати у великих пивоварних об'єднань, що збільшує собівартість готової продукції. В зв'язку з цим, актуальною задачею є розробка технологій одержання пивних дріжджів в умовах діючих малих броварень.

Постановка задачі. Традиційно у якості несоложеної сировини у пивоварінні використовують зернові культури. Перевага надається тим, хімічний склад яких наближається до складу ячменя.

Відомо, що бульби деяких рослин, зокрема топінамбура *Helianthus tuberosus*, містять активні ферменти, що гідролізують власні вуглеводи (інулін, фруктозани) [2].

Інулін ($C_6H_{10}O_5$)_n – природний біополімер, поширений у природі резервний полісахарид, поліцукридний ланцюжок якого складається переважно з залишків D-фруктози (35-42 ланки), сполучених між собою 1,2-глюкозидними зв'язками. Молекула інуліну містить невелику кількість залишків глюкози.

Інулаза (β -1,2-фруктан-фруктаногідролаза) – фермент у складі бульб топінамбура, який гідролізує β -1,2-зв'язки в інуліні. Відщеплення починається з D-фруктозного кінця полімеру з утворенням фруктози та продовжується до останнього зв'язку. В результаті цієї реакції утворюється близько 95% фруктози, решта – глюкоза.

Отже, оцукрювачами власних резервних полісахаридів бульб топінамбура виступають власні ферменти рослини *Helianthus tuberosus*. Тому сусло з топінамбура містить переважно фруктозу, яка легко зброджується пивними дріжджами до спирту та вуглекислоти.

Мета роботи полягає в дослідженні процесів класичного пивного бродіння і з використанням топінамбурового сусла, органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників продуктів пивного бродіння для з'ясування можливості часткової заміни пивного сусла на сусло, отримане з бульб топінамбура.

Матеріали і методи досліджень. Визначення фізико-хімічних та мікробіологічних показників сусла, продуктів пивного бродіння здійснювали відповідно до методів дослідження, які використовуються у пивоваріння [3].

Сировиною для приготування пивного сусла був світлий і темний ячмінний солод за ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний», хміль гранульований за ДСТУ 7067:2009 «Хміль. Технічні умови», сухі дріжджі пивоварні *Saccharomyces carlsbergensis* 131 К штаму *Bulldog B38 Amber Lager Yeast* прямого внесення.

Солодове сусло, як поживне середовище, готували в лабораторних умовах. Затирання солоду здійснювали за традиційним способом при гідромодулі 1:5. Подрібнений світлий і темний ячмінний солод у співвідношенні 1:1 змішували з водою (температура 45 ± 2 °C), з витримкою температурної паузи 30 хв. за умови постійного перемішування. Далі суміш нагрівали до $60 \pm$ °C і залишали на 1 год., потім температуру підвищували до 72 ± 2 °C і витримували з метою переведення максимального об'єму екстрактивних речовин у розчинений стан. Готовий затір відфільтрували від дробини. В суслі, охолодженому до 20 °C, концентрація сухих речовин складала 11,2% мас [4].

Паралельно отримували сусло із топінамбура. Для цього сирі бульби топінамбура подрібнювали до розміру частинок 1,5-2,0 мм, додавали воду у співвідношенні 1:3, нагрівали до температури 85 ± 2 °C і витримували при даній температурі 30 хв. до повного оцукрення інуліну та поліфруктозанів. Далі затір відпресовували та отримували сусло коричневого кольору. В охолодженому суслі (20 °C) концентрація сухих речовин складала 11%.

Солодове сусло кип'ятили з хмелем та розливали в стерильні колби. Для охмеління пивного сусла використовували гранульований хміль відповідно до ДСТУ 4098.2-2002. Сусло з топінамбура також піддавали стерилізації. Після автоклавування сусло залишали на 24 год. в боксі при температурі 26 ± 2 °C.

Показники пивного сусла і молодого пива визначали за ДСТУ 3888:2015. Органолептичні показники – за ДСТУ 7103:2009, фізико-хімічні: масова частка спирту та розрахунок сухих речовин у початковому суслі – згідно з ГОСТ 12787-81; кислотність – відповідно до ГОСТ 12788-87; колір – згідно з ГОСТ 12789-87, діоксид карбону – згідно з ГОСТ 12790-81. Активну кислотність вимірювали іономером лабораторним «И-160МИ».

Після приготування контрольного зразка охмеленого пивного сусла з концентрацією сухих речовин 12% мас., його розливали в колби для бродіння.

В інші колби додавали сусло з топінамбура (концентрація сухих речовин 11%) і охмелене пивне сусло у співвідношенні 1:6.

У дослідні зразки вносили чисту культуру дріжджів *Saccharomyces carlsbergensis* 131 К у кількості 0,5% від об'єму сусла, колби закривали сірчано-кислими затворами для забезпечення мікробіологічної чистоти проведення дослідів. Бродіння здійснювали впродовж 7 діб при температурі 8 ± 2 °C до досягнення видимого кінцевого ступеню зброджування сусла. Проводили три паралельні експерименти.

Для визначення бродильної енергії пивоварних дріжджів під час класичного зброджування пивного сусла використовували ваговий метод. За різницею маси сусла до і після бродіння, за кількістю виділеного CO₂ визначали бродильну активність пивних дріжджів.

В кінці бродіння визначили видимий екстракт, зброжене сусло декантували, визначали морфологічний та фізіологічний стан дріжджів мікроскопіюванням. Кількість мертвих клітин визначили за Фінком розчином метиленового синього. Вгодованість дріжджів визначали за вмістом глікогену, шляхом забарвлення розчином Люголя. [5].

Результати роботи. В табл.1, 2 наведено хімічний склад солодового сусла та сусла, приготовленого з додаванням топінамбура, а також фізико-хімічні показники молодого пива.

Таблиця 1 – Хімічний склад солодового сусла, приготовленого з додаванням сусла із топінамбура з часткою сухих речовин 15% до маси затираємих зернопродуктів

Показник	Сусло з топінамбуром	Контроль
Масова частка сухих речовин, %	11,0	12,0
Кольоровість, см ³ 0,1 н розчину I ₂ /100 см ³	4,4	3,5
Титрована кислотність, см ³ розчину NaOH/100 см ³	2,2	2,3
Активна кислотність рН	4,12	4,07

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники молодого пива з часткою 15% сусла з топінамбура у солодовому суслі

Показник	Сусло з топінамбуром	Контроль
Масова частка сухих речовин, %	11,0	12,0
Титрована кислотність, см ³ , 1 н розчин NaOH/100 см ³	5,2	4,7
Кольоровість, см ³ 0,1 н розчину I ₂ /100 см ³	4,0	2,5
Активна кислотність рН	4,42	4,38
Дійсний ступінь зброджування, %	72,5	72,5
Масова частка алкоголю, % мас.	4,08	4,02

Як видно з табл.1, 2 додавання сусла з топінамбура у солодове сусло викликало підвищення дійсного ступеня зброджування і масової частки алкоголю у молодому пиві.

Кольоровість молодого пива з добавкою сусла топінамбура також була вищою ніж у контрольного зразка.

Мікробіологічні показники пивних дріжджів (морфологічний стан, фізіологічні показники) визначали мікроскопіюванням за допомогою мікроскопу Мікромед-1 USB з фотокамерою (табл.3).

Таблиця 3 – Результати дослідження морфологічного стану та фізіологічних показників пивних дріжджів *Saccharomyces carlsbergensis* 131 К

Об'єкт	Показник			
	Морфологічний стан дріжджів	Кількість брунькуючих клітин, %	Кількість глікогену, %	Мертві клітини, %
Контроль, солодове сусло	Однорідні клітини з тонкою оболонкою, переважно одного розміру	15	44	2,0
Суміш сусла солодового з топінамбуровим 6:1, відповідно	Неоднорідні клітини з тонкою оболонкою, зустрічаються великих розмірів	21	58	2,1

З даних табл.3 випливає, що морфологічний стан клітини дріжджів в обох дослідах відповідає характерним ознакам *Saccharomyces carlsbergensis*. За фізіологічними показниками дріжджі відповідають нормам.

Висновки. Додавання сусла з топінамбура у солодове сусло викликало підвищення дійсного ступеня зброджування і масової частки алкоголю у молодому пиві. Це обумовлено тим, що дана раса пивних дріжджів синтезує ферменти, які гідролізують фруктани, і здатні зброджувати полісахариди. Крім цього, полісахариди зброджуються власними ферментами топінамбура. Кольоровість молодого пива з добавкою сусла топінамбура також була вищою ніж у контрольного зразка, тому значна, більше 10%, заміна солоду топінамбуром може бути рекомендована тільки для виготовлення темних сортів пива. Класичне пивне солодове сусло може бути розведене суслим із бульб топінамбура. Дріжджі однаково добре працюють в обох видах сусла. Додавання топінамбурового сусла покращує процес бродіння і сприяє накопиченню біомаси дріжджів. Часткова заміна класичного солодового сусла на сусло із бульб топінамбура має економічну доцільність, оскільки призводить до зменшення витрат на виробництво пива та пивних дріжджів. Сировина топінамбура – доступна і дешевша за солод. Отриманий в результаті бродіння продукт – темне пиво – має задовільні органолептичні властивості, солодкуватий присмак і легкий соняшниковий присмак.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар І.В., Гуляєв В.М. Промислова мікробіологія Харчова і агробіотехнологія. Навчальний посібник Дніпродзержинськ : видавництво ДДТУ, 2004. 280 с.
2. Купин Г.А., Рувинский О.Е., Зайко Г.М. Исследование гидролиза инулина в соке топінамбура. *Изв. вузов. Пищевая технология*, 2002. № 5-6. С. 79-80.
3. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения /пер. с нем. А.А. Куреленкова. СПб. : Профессия, 2007. 640 с.
4. Кунце В. Технология солода и пива Г. Мит; пер. с нем. СПб: «Профессия», 2001. 912 с.
5. Пирог Т.П., Ігнатова Т.П. Загальна біотехнологія: підручник К.: НУХТ, 2009. 336 с.

Надійшла до редколегії 29.06.2020.