

Рис. 2 – Залежність вмісту діацетилу від рН сусла

### Висновки

Отже, біологічне підкислення МКЗ до оптимальних значень рН для процесів приготування і збродження сусла сприяє їхній інтенсифікації. Під час приготування сусла скорочується тривалість одукрення і фільтрування. При збродженні скорочується період адаптації дріжджів до середовища та зменшується вміст діацетилу у готовому пиві. Також застосування МКЗ дозволяє уникнути витрат на харчову молочну кислоту або спеціальні типи солоду.

### Література

1. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: Підручник. – Київ: «Фірма «НКОС», 2004. – 426 с.
2. Краткий курс пивоварення / Нарцисс Л., Бак В. – СПб.: Профессия, 2007. – 640с.
3. Мелетьев А.С., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: Підручник / За ред. А.С. Мелетьєва. – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 392 с.

УДК 663.4.098-026.5

## ФІЗИЧНІ ЧИННИКИ ЯК СТИМУЛЯТОРИ БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Романова З.М., канд. техн. наук, Зубченко В.С., канд. фіз.-мат. наук  
Карпугіна М.В., канд. техн. наук  
Національний університет харчових технологій, м. Київ  
Мельник І.В., канд. техн. наук  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Метою роботи були теоретичні та експериментальні дослідження впливу електромагнітного випромінювання на біологічні середовища.*

*The purpose of the work is theoretical and experimental research of electromagnetic radiation influence on biological activity.*

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, рентгенівські промені, дріжджі, біологічне середовище, пиво.

На сьогодні існує багато різних методів обробки пива з метою підвищення його термінів зберігання: термічна пастеризація і стерилізація; використання хімічних речовин і консервантів; ультрафільтрація; електрофізичні методи обробки (електромагнітна обробка полями високої і надвисокої частоти, радіаційна пастеризація, ультрафіолетове опромінювання, обробка пружними хвилями, використання електрич-

них полів низької і високої напруги, використання постійного і змінного магнітних полів). Проте прикладів практичного застосування електрофізичного впливу на удосконалення процесів пивоваріння мало.

Так, наприклад, здатність ГЧ-випромінювання утворювати тепловий потік великої густини на поверхні і проникати в товщу матеріалу, простота апаратурного оформлення також створюють передумови до широкого його використання в харчовій промисловості [1,2].

УЗ-коливання забезпечують швидке протікання таких процесів, як екстракція, емульгування, диспергування, перемішування, дифузія, дозрівання напоїв тощо.

Разом з тим, за допомогою іонізуючої радіації можна пригнітити життєдіяльність мікроорганізмів, що викликають псування продуктів, без підвищення температури останніх. Ультразвуковий та іонізуючий впливи сприяють поліпшенню процесу фільтрації.

Таким чином, фізичні, хімічні й комплексні фізико-хімічні методи оброблення використовують на багатьох технологічних стадіях: на етапах одержання сировини, її перетворення, одержання готової продукції та оброблення з метою продовження термінів зберігання.

Електромагнітні хвилі є поєднанням електричних і магнітних полів. В окремих випадках переважає та або інша складова. Так, виникають електричні (зокрема, електростатичні) і магнітні поля як різновиди електромагнітних.

Спектр електромагнітних коливань широкий. Значення частоти коливань змінюються від декількох на секунду до  $10^{20}$  Герц (Гц) і більше. Кількісні зміни в частоті коливань виявляються в істотних якісних перетвореннях. У результаті електромагнітні хвилі однакової природи, але різної частоти сильно розрізняються за своїми властивостями та ефектом впливу на речовину.

Можливість спрямованої дії фізичних факторів, а саме електромагнітного поля, ультразвуку, рентгєнівського, лазерного, видимого та ультрафіолетового діапазону хвиль, — променів, НВЧ випромінювання на біологічні середовища доведена багатьма авторами [2,3].

Перевагами дії фізичних чинників є їхня екологічна чистота та простота використання, а основне — можливість безконтактно діяти на біологічне середовище та контактно діяти на перебіг хімічних, біохімічних та ферментативних процесів. Причому під впливом фізичних методів у харчових об'єктах нерідко проходять різноманітні реакції, що позитивно відбивається на технологічних процесах. Проте дія може бути, як стимулююча, так і інгібуюча. Отже, залежно від дози дії або самого впливового фізичного фактора процеси в біологічних середовищах можна пригнічувати або стимулювати.

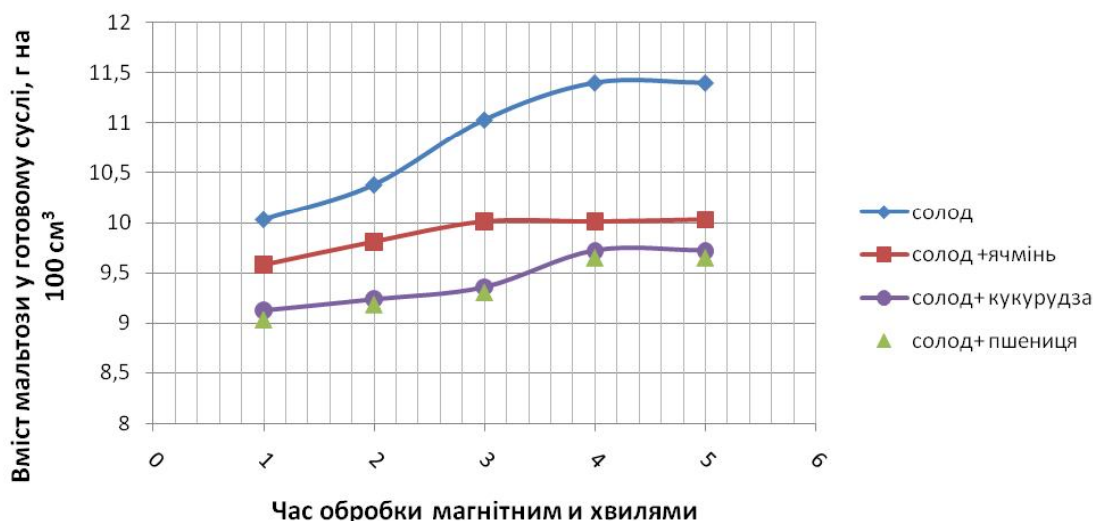
З метою визначення найефективніших режимів дії всього спектру електромагнітних полів та випромінювань у напрямі стимуляції ферментативної активності солоду та ферментних препаратів Термамил і Сан-Супер і дріжджів було проведено ряд досліджень.

У дослідженнях використовували такі електрофізичні чинники:

1. Лазерне випромінювання за допомогою геліонеонового лазера з  $\lambda = 633$  нм при потужності 1 мВт, оброблення здійснювали від 10 до 120 секунд, оптимальні, найкращі показники отримали при випромінюванні зразків впродовж 30 сек.
2. Ультрафіолетове випромінювання за допомогою азотного газового лазера при  $\lambda = 3,378 \cdot 10^{-7}$  м від 30 сек. до 15 хв. (5–8 хв).
3. Рентгєнівське випромінювання при  $\lambda = 1,542 \cdot 10^{-10}$  м від 30 секунд до 5 хвилин (2 хв).
4. Постійне однорідне магнітне поле напруженістю (20,0...80,0) кА/м від 1 до 25 хв.
5. НВЧ-випромінювання потужністю (0...3) кВт з частотою (1800...2450) мГц від 5 с до 30 хв (3–5 хв).
6. Ультразвуком частотою 44 Гц від 5 хв до 15 хв.

За результатами досліджень впливу постійного магнітного поля на амїлолітичну активність ферментних препаратів Термамил і Сан-Супер для інтенсифікації процесів розчинення, декстринізації та зчурювання крохмалю зернової сировини встановлено, що ефект активації амїлолітичної активності концентрованих ферментних препаратів магнітним полем присутній. Експериментально встановлено, що оптимальна напруженість постійного магнітного поля 75 кА/м, при якому досягнуто максимальне збільшення амїлолітичної активності при тривалості впливу 5 хвилин для концентрованого ферментного препарату Термамил на 10,4 % і при тривалості впливу 20 хвилин для концентрованого ферментного препарату Сан-Супер на 14,6 % порівняно з контролем [4].

Також досліджували вплив вищенаведених чинників на активність ферментів солоду. Експериментально встановлено, що оптимальна напруженість постійного магнітного поля для стимулювання  $\alpha$ -амїлази становить 75 кА/м, час дії 4–5 хв (рис. 1).



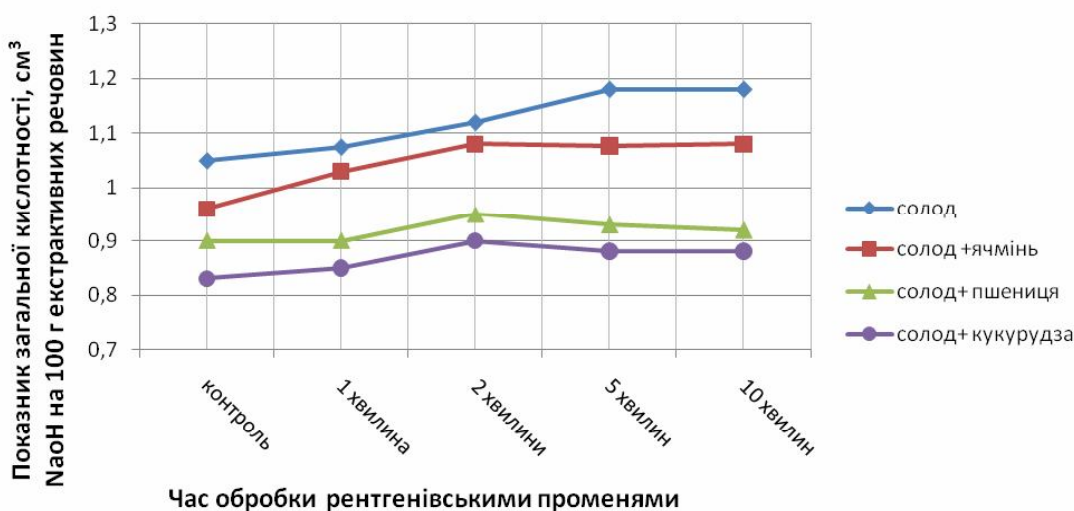
**Рис. 1 – Динаміка зміни мальтози при використанні постійного магнітного поля**

Оброблення фізичними чинниками дає можливість при менших затратах солоду і без використання концентрованих ферментних препаратів досягти максимального переведення в розчин компонентів як солоду, так і інших зернопродуктів (при сумісному їх затиранні разом із солодом), оскільки активність ферментів зростає.

Також були проведені дослідження впливу електромагнітних хвиль на активацію ферментів ячмінного та пшеничного солоду. За об'єкти досліджень брали водні розчини подрібнених зернопродуктів (затори), приготовлені п'ятьма способами:

- I) на чистому солоді (солод);
- II) з використанням несолодженої сировини — ячменю (солод + ячмінне борошно);
- III) солод + пшеничне борошно;
- IV) солод + кукурудзяна крупка;
- V) солод + рисова крупка.

За джерело випромінювання брали також рентгенівські випромінювання при  $\lambda = 1,542 \cdot 10^{-10}$  м від 30 секунд до 10 хвилин (рис. 2, 3).



**Рис. 2 – Зміна загальної (титрованої) кислотності при використанні рентгенівських променів**

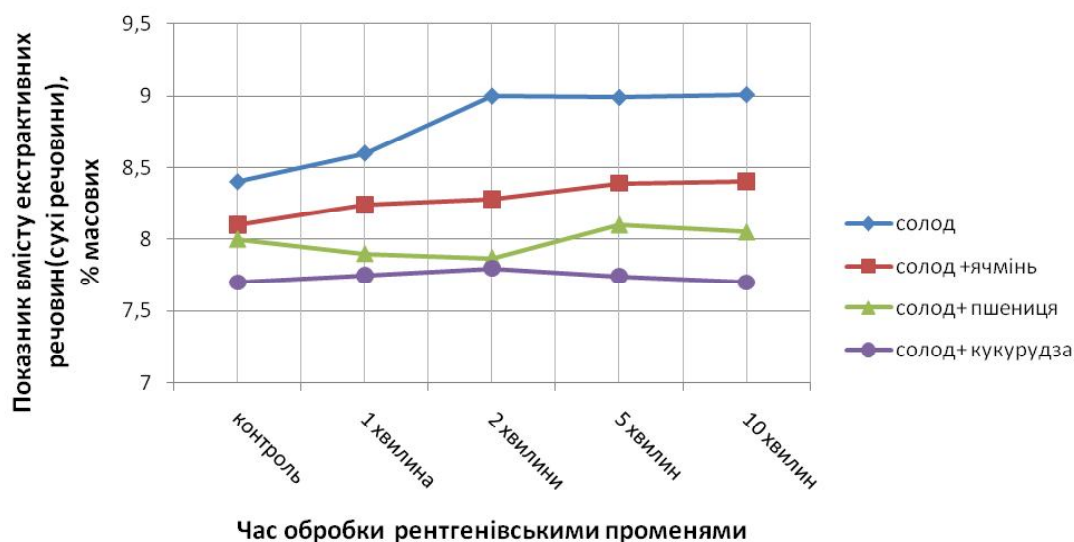


Рис. 3 – Динаміка екстрактивних речовин (СР) при використанні рентгенівських променів

Як видно з наведених графіків 2 і 3, достатньо 2 хвилин опромінення для активації ферментів солоду.

Важливим чинником інтенсифікації багатьох технологічних, у тому числі біотехнологічних, процесів є електромагнітні хвилі — хвилі, які впливають на ріст, розмноження та бродильну енергію дріжджоподібних грибів. Нами було вивчено та визначено часову залежність впливу (терміну обробки) рентгенівського випромінювання на показники залежності ступеня активації клітинних структур дріжджової культури *Saccharomyces cerevisiae* (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив ЕМ-опромінення на культуру *Sacch. Cerevisiae*

Зразок	Час опромінювання, хв	Середня кількість колоній, КУО $\times 10^5/\text{см}^3$
Контрольний зразок	0	92
Електромагнітне опромінення	5	185
	10	92
	15	87
	20	64

Як об'єкт дослідження використовували також дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* *pacu Saflager* W 34/70, що вирощували на твердому скошеному поживному середовищі сусло-агарі при температурі 28 °C протягом 24 годин. Для опромінення використовували ультрафіолетове випромінювання за допомогою азотного газового лазера при  $\lambda = 3,378 \cdot 10^{-7}$  м. від 30 с до 15 хв.

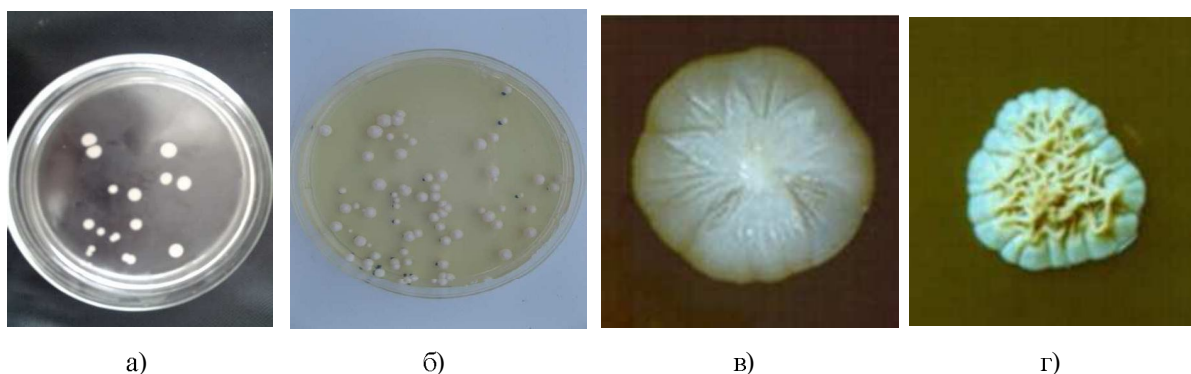
Після опромінення дріжджову суспензію з контрольними та опроміненими зразками переносили у стерильне рідке поживне середовище (солодове солодке пивне сусло) та інкубували при 28 °C протягом 24 годин.

*Морфологію та розміри клітин*, особливості поверхневої будови клітин, життєздатність клітин у популяції досліджували методом світлової мікроскопії.

*Вивчення біохімічної активності* пивних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* *pacu Saflager* W 34/70 проводили на стерильному виробничому пивному суслі, куди вносили біомасу пивних дріжджів, розведених до цехової стадії.

Результати дослідження опромінених дріжджів показали, що електромагнітна дія приводить до істотних змін дріжджових клітин.

Так, при оптимальному опроміненні впродовж (10-30) хв дослідні зразки дріжджів на солодовому суслі-агарі давали колонії круглої форми з дрібними радіальними смужками, плоскими злегка хвилястими краями і концентричним колом. Слід зазначити, що в порівнянні з контрольним зразком (рис. 3а), тобто неопроміненими клітинами дріжджів, деякі клітини збільшилися в розмірах у 1,5-2 рази (рис. 3 б, г). Це може свідчити про пригнічення життєдіяльності клітин.



а – контрольний зразок; б, в – зразки, опромінені протягом 5 хв;  
г – зразок, опромінений азотним лазером, протягом 15 хв

**Рис. 3 – Колонії дріжджів *Saccharomyces cerevisiae***

Опромінення дріжджів азотним лазером призводить до зміни морфологічно-фізіологічного стану клітин, прискорює процес розмноження та значно активує їх ферментативну діяльність: підвищується зимазна активність і зростає у 2 рази піднімальна сила. З багаторазово опроміненних лазером клітин цукроміцетів одержано новий штамп хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* V-503.

#### Висновки

Найкращі результати для стимулювання біохімічних процесів отримані при ультрафіолетовому випромінюванні за допомогою азотного газового лазера при  $\lambda = 3,378 \cdot 10^{-7}$  м експеримент тривав від 30 с до 10 хв. (Найкращі результати 5–8 хв). Також при використанні рентгенівського випромінювання при  $\lambda = 1,542 \cdot 10^{-10}$  м від 30 с до 5 хв (2 хв), а також при використанні постійного однорідного магнітного поля напруженістю 80,0 кА/м при дії впродовж 5 хв.

#### Література

1. Остапенко В.В. Вплив механічної і магнітної обробки на фізико-хімічні показники води / Остапенко В.В., Прибильський В.Л. // Харчова промисловість. – 2007. – №5. – С. 45-47.
2. Попова В. Екстрагування ароматичних речовин і ефірних олій з рослинної сировини з магнітною обробкою / Попова В., Кисла Л., Фефелов А. // Харчова і переробна промисловість, 2004. – №6. – С. 28-29.
3. Попова В. Зміна фізико-хімічних властивостей водних систем під впливом магнітних полів / Попова В., Кисла Л., Фефелов А. // Харчова і переробна промисловість. – 2004. – №7. – С. 28-29.
4. Романова З.М., Зубченко В.С. Вплив постійного магнітного поля на амілолітичну активність ферментних препаратів Термамил і Сан-Супер для інтенсифікації процесів розчинення, декстринізації та зцукрювання крохмалю зернової сировини / Романова З.М., Зубченко В.С. // Харчова промисловість. – 2005. – №4. – С. 129-130.
5. Системи контролю кінетики процесів седиментації та дифузії магнітооброблених суспензій цукрового виробництва: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / О.А. Буняк / Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2002. – 19 с. – укр.
6. Українець А. І. Вплив ультразвукового та ультрафіолетового випромінювання на мікрофлору харчових продуктів / А.І. Українець, І.С. Гулий, Ю.А. Дашковський, В.В. Ольшевський, С.В. Гнітецький // – Харчова промисловість. – 1998. – № 43. – С. 18-19.