

## Вплив фізичних чинників на активацію ферментів солоду при занижених показниках нутрієнтів сировини

Актуальною проблемою сьогодення є збереження активності ензимів при переробленні солоду з сировини, що перебувала під впливом негативних природних умов. Метою наукового дослідження було визначення найкращого фізичного чинника та дослідження його впливу на активацію ферментів солоду і відповідно якісний склад суслу. Не дивлячись на перспективність електрофізичних методів, питаннями їх впровадження в харчову промисловість займаються поки окремі ентузіасти. Тому одним з першорядних завдань, виконання якого сприятиме широкому впровадженню методів електрофізики у виробництво, є завдання популяризації цих методів.

Рентгенівське випромінювання — короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10 нм до 0,01 нм. В електромагнітному спектрі діапазон частот рентгенівського випромінювання лежить між ультрафіолетом та гамма-променями. У рентгенівській трубці виробляється розподіл рентгенівських довжин хвиль, де використовуються різні матеріали для анода, такі як мідь (Cu), молібден (Mo), хром (Cr) або вольфрам (W). Характерні лінії К-альфа ( $K\alpha$ ) і К-бета ( $K\beta$ ) з'являються над безперервним спектром. Мінімальна довжина хвилі безперервного спектра визначається як

$$\lambda_{\min} = \frac{12,4}{V} \text{ \AA},$$

де  $V$  — це напруга між анодом і ниткою розжарювання у кіловольтах (кВ).

Таким чином, при певному значенні напруги  $V$  можна отримати лише характерні довжини хвиль для молібдену. У рентгенівській трубці електрони, що випромінюються катодом, прискорюються до металевого анода-мішені за допомогою прискорювальної напруги, як правило, 50 кВ. Електрони високої енергії взаємодіють з атомами в металевій мішені. Іноді електрон дуже близько наближається до ядра в мішені і відхиляється електромагнітною взаємодією. У цьому процесі, який називається «bremsstrahlung» (гальмівне випромінювання), електрон втрачає багато енергії і випромінюється фотон (рентген). Енергія випромінюваного фотона може приймати будь-яке значення до максимуму, відповідного енергії падаючого електрона [1].

Результатами експерименту встановлено доцільність використання в якості фізичного чинника рентгенівських променів, це було підтверджено як за фізико-хімічними, так і мікробіологічними показникам.

Об'єктом досліджень є процес приготування пивного суслу.

Предмет — водні розчини подрібнених зернопродуктів (затори), приготовлені п'ятьма способами: 1) на чистому солоді (солод); 2) з використанням несолодженої сировини — ячменю (солод + ячмінне борошно);

3) солод + пшеничне борошно; 4) солод + кукурудзяна крупка; 5) солод + рисова крупка.

Були проведені дослідження дії рентгенівських променів на 5 комбінацій зернової сировини. Нами були оброблені такі зернопродукти, як солод, ячмінне борошно, пшеничне борошно, кукурудзяна крупка, рисова крупка. У зразках сусла, приготовлених з використанням рентгенівського опромінення, були визначені основні фізико-хімічні показники, досліджений якісний і кількісний склад сусла, виміряні основні характеристики (вміст екстрактивних речовин, загальна кислотність, вміст амінного азоту, вміст мальтози та тривалість оцукрення). Вперше було визначено оптимальну комбінацію зернопродуктів, яка підвищує кількість загального екстракту на 5% та покращує якість пивного сусла. До складу цієї комбінації входить солод та ячмінне борошно.

### Вміст екстрактивних речовин, % масових

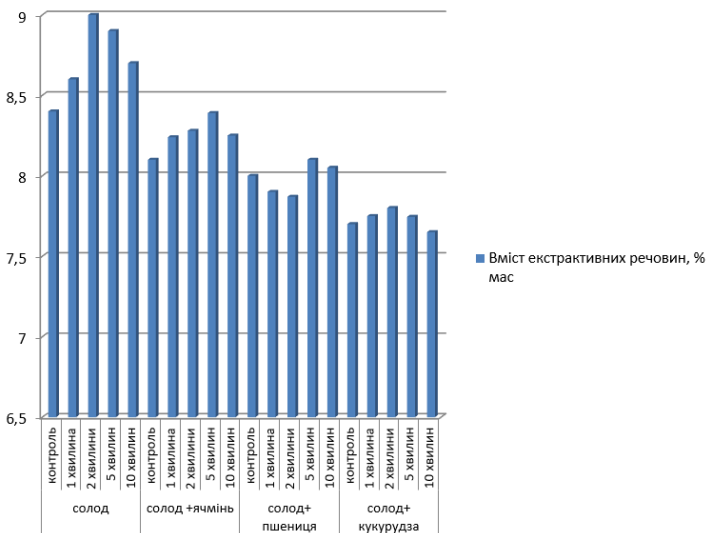


Рис. 1. Динаміка зміни екстрактивних речовин

На рис. 1 показано динаміку зростання вмісту екстрактивних речовин у лабораторному суслі, приготовленому чотирма способами після оброблення затору рентгенівськими променями. Результати свідчать, що рентгенівські промені довжиною хвилі  $1,542 \cdot 10^{-10}$  м найефективніші для активізації ферментів солоду, що дає можливість скорочення тривалості оцукрення. Сусло, отримане у цьому експерименті, має більший вміст розчинних речовин порівняно з контролем — суслем, затір якого не оброблявся рентгенівськими променями. Можна прослідити закономірність, що зразок затору, приготовлений із солоду та ячмінного борошна, та опромінений на протязі 5 хвилин рентгенівськими променями, має вміст екстрактивних речовин, дуже близький до зразку затору, приготовленому на чистому пивоваренному солоді, а саме 8,39% масових. Зразок затору, приготовленого із суміші солоду та пшеничного борошна, дуже близько наближається до

цього показника — 8,1% масових. В цілому проглядається позитивна динаміка зростання вмісту екстрактивних речовин у порівнянні із контролем кожного із чотирьох зразків.

Наступним етапом досліджень було встановлення оптимальної тривалості перебування заторів у зоні рентгенівського опромінення при довжині хвилі  $1,542 \cdot 10^{-10}$  м (1,542 нм) [2].

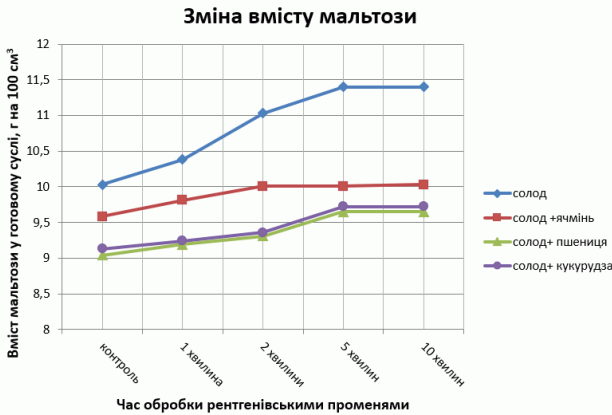


Рис. 2. Зміна вмісту мальтози

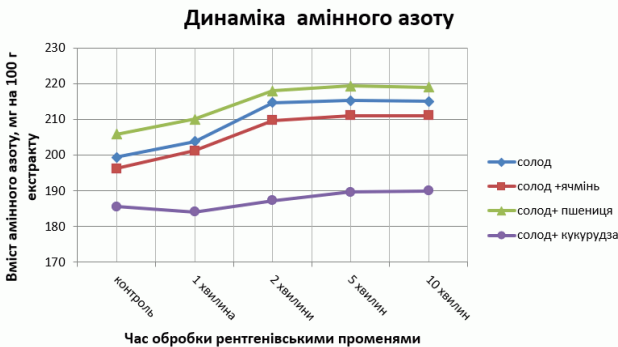


Рис. 3. Динаміка зміни амінного азоту

Мальтоза є основною частиною вуглеводів суслу, які зброджуються. Її вміст обумовлює максимально можливі рівні ступеня зародження і накопичення спирту, що є сприятливим для отримання пива підвищеної стійкості. В залежності від типу і сорту пива вміст мальтози у суслі коливається від 65 до 85% екстракту суслу. Відносно більше її міститься в суслі світлого пива (75–80%) і менше — темного пива (65–70%).

Аміний азот входить в аміногрупи амінокислот і пептидів. Він є джерелом азотного живлення для пивних дріжджів. По кількості амінного азоту в сировині роблять висновок про ступінь ферментативного гідролізу білкових речовин і розчинення ендосперму зернівки. Вважається, що коли в 100 г екстракту солоду міститься більше 230 мг амінного азоту, то солод перерозчинений; 230–200 мг — дуже добре розчинений; 200–180 мг — добре розчинений; менше 180 мг — слабозрочинений.

Виходячи з рис. 2 та 3, на яких зображена динаміка зростання вмісту амінного азоту та мальтози після обробки рентгенівськими променями, можна зробити висновок, що тривалості оброблення протягом 5 хвилин рентгенівськими променями достатньо для активізації протеолітичних та амілолітичних ферментів солоду.

**Висновок.** Оптимальна тривалість впливу рентгенівськими променями на суміш зернопродуктів, яка склала 5 хвилин при довжині хвилі опромінення 1,542 нм. Таке значення величина опромінення є мінімальним, проте може бути використане для стимуляції біохімічних процесів рослинної сировини.

Було вдосконалено технологію пивного сусла, розроблено апаратурно-технологічну схему використання у виробництві даних удосконалень, а також були дані рекомендації виробництву.

Для зниження інтенсивності випромінювань від зовнішніх поверхонь застосовуються будь-які матеріали з низькою теплопровідністю.

При виборі матеріалу для ізоляції необхідно брати до уваги механічні властивості матеріалів, а також їхня здатність витримувати високу температуру. Якщо температура об'єкта, що ізолюється — висока, звичайно застосовується багатoshарова ізоляція. У нашому випадку використання ізоляції — це лише пересторога для працівників виробництва.

#### Список використаних джерел

1. Федишин Я. І., Вадець Д. І., Федишин Т. Я. Високотемпературне рентгенографічне дослідження теплових властивостей кристалічних тіл // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. — Львів, 2016. — № 2 (68). — С. 111–114.
2. Безух Е. П. Опыт применения рентгена в селекции малины // Теоретический и научно-практический журнал. ИАЭП. — 2018. — Вып. 97. — С. 184–189.