

## FEATURES OF PROCESS GERMINATING BARLEY

S.M. Mironenko, S.A. Byt, O.O. Boiko

National university of food technologies

<b>Key words:</b> Malt Beer Germinating barley	<b>ABSTRACT</b> The uniformity of moisture and aeration malt depends on the stage of germination quality of the resulting commercial product. Calculated amount of heat capacity and oxygen, which is necessary for germination of malt. Formulated the shortcomings of existing sawn devices. A design of devices for humidifying malt — dezintegrato ditch-water flow, which do not have these drawbacks. The device recovery streams can reduce heating costs and cooling air by approximately 60–75% compared to the case with no recovery. Further increasing the proportion of recuperative flow limited increase in the concentration of carbon dioxide released during germinatio
<b>Article history:</b> Received 10.03.2014 Received in revised form 20.03.2014 Accepted 25.03.2014	
<b>Corresponding author:</b> boikooo@gmail.com	

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРОРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ

С.М. Мироненко, С.А. Бут, О.О. Бойко

Національний університет харчових технологій

*Від рівномірності зволоження та аерації солоду на етапі пророщування залежить якість отриманого товарного продукту. Розраховано кількість теплового потенціалу та кисню, які необхідні для пророщування солоду. Сформульовано недоліки існуючих пристроїв розпилення. Запропоновано конструкцію пристроїв для зволоження солоду — деінтеграторів водяного потоку, які позбавлені цих недоліків.*

**Ключові слова:** солод, пиво, пророщування, ячмінь.

**Вступ.** Виробництво пива від свого зародження складалося як сукупність циклічних технологічних процесів, у яких виконання певних операцій потребувало цілком визначеного часу, температурних режимів, механічного, ферментного або мікробіологічного оброблення тощо.

Процес пророщування ячменю незалежно від типу солодовні потребує кондиціювання повітря, оскільки пророщування є екзотермічним процесом.

Під час пророщування зерно задовольняє свої потреби в енергії за рахунок дихання, коли в основному частина крохмалю ендосперму окислюється до утворення діоксиду вуглецю й води. Теплота, що при цьому виділяється, призводить до підвищення температури всієї маси зерна.

За нормальних умов у процесі солодовирощування відбувається зменшення кількості сухих речовин (СР) на 8 %, окислюється близько 4,5 % речовин зерна. Ця кількість становить 4,2 % крохмалю і 0,3 % жирів з теплотою згорання 17 388 Дж/кг і 39 480 Дж/кг відповідно [1]. Таким чином, пророщування 1 т ячменю вивільняє 848 820 Дж тепла.

© С.М. Мироненко, С.А. Бут, О.О. Бойко, 2014

Важливо, що кондиціоноване повітря, яке проходить через шар пророщуваного зерна, повинно забезпечити задану температуру (від 12 °С) за стовідсоткової відносної вологості. Розрахунки і практика виробництва показують, що за рахунок насичення повітря вологою у весняно-літній сезон зниження температури повітря максимально можливе лише на 6 °С, тому виникає необхідність використання холодильних установок. Узимку за від'ємних температур повітря доводиться витрачати теплову енергію на його підігрівання.

**Матеріали та методи досліджень.** Використання повітря для охолодження пророщуваного зерна пов'язано з подоланням суперечності у зв'язку з можливістю втрати зерном вологи. Останній показник має відповідати заданому технологічному режиму, проте охолодження зерна досягається за рахунок нагрівання повітря, відносна вологість якого навіть за стовідсоткової початкової зменшується до 92–95 %.

Відповідно до більшості існуючих регламентів температура солоду протягом восьмидобового процесу змінюється від 12 до 17–18 °С. Температура ж повітря, що подається, повинна бути меншою на 1,5–2 °С, а температура повітря після проходження шару солоду не повинна перевищувати номінальної температури останнього. Такі показники повітря на виході дають підстави для рекуперативного повернення частини вихідного потоку на вхід. Тут відбувається змішування рекуперативного потоку зі складовою свіжого повітря, підготовленого певним чином. Цим вдається зменшити теплові витрати і витрати на охолодження повітря приблизно на 60–75 % порівняно з випадком роботи без рекуперації. Подальше нарощування частки рекуперативних потоків обмежується збільшенням концентрації діоксиду вуглецю, що виділяється у процесі пророщування.

Витрати повітря і його параметри визначаються на основі рівнянь матеріальних і теплових балансів. Якість солоду значною мірою за інших рівних умов визначається витриманням таких регламентованих показників, як температура і вологість зернової маси в процесі пророщування. У зв'язку з неможливістю отримання охолодженого повітря на більшості підприємств України в ліній період випуск солоду припиняється, а робота солодовень в осінньо-зимовий період планується таким чином, щоб забезпечити його запаси на річну програму виробництва пива.

Проте в сучасних умовах можливості підприємств щодо створення запасів зерна і солоду зменшились, і вилучення з обігу коштів, що витрачаються на створення таких запасів, економічно недоцільне, а інколи й неможливе. Саме тому вирішення проблеми випуску солоду протягом всього року дедалі частіше привертає увагу фахівців. Стимувальним фактором у впровадженні систем для охолодження повітря є порівняно значні капітальні та експлуатаційні витрати, і за таких умов економічне обґрунтування проекту повинно бути виваженим [2–4].

У зв'язку з відміченим завданням цього дослідження визначено пошук можливостей удосконалення технологічного забезпечення процесів пророщування зерна.

Проблеми підготовки повітря стосуються літніх і зимових сезонів роботи.

Зовнішнє повітря рідко відповідає заданим температурним режимам пророщування солоду, тому взимку воно підігрівається, а в літній сезон охолоджується.

Теплові витрати на нагрівання і охолодження можуть бути зменшені за рахунок часткової рециркуляції відпрацьованого повітря. Нагрівання повітря доцільно здійснювати відкритою гострою парою, бо при цьому має місце одночасно підвищення відносної вологості і суттєве зменшення загальних енергетичних витрат.

Зволоження і догрівання повітря в сучасних умовах вирішується наявністю відповідного обладнання і не викликає труднощів у виробничників. В цих умовах з точки зору інтересів енергокористування раціональною є рециркуляція до 2/3 відпрацьованого повітря.

**Результати досліджень.** Виконаємо оцінку теплових витрат на підготовку повітря під час зимового сезону за умови температури зовнішнього повітря  $t_z = -20$  °С. Розрахунки виконаємо для об'єму повітря  $V_n = 1000$  м<sup>3</sup> і кількості теплоти, яка передається повітрю в калорифері

$$Q = V_n c (t_k - t_z) = 1000 \cdot 1,36 (16 - (-20)) = 46760,4 \text{ кДж} \quad (1)$$

де  $c$  — теплоємність повітря, кДж/м<sup>3</sup>;  $t_k$  — кінцева температура повітря, °С.

Визначимо коефіцієнт рециркуляції повітря

$$\varepsilon = \frac{V_n}{V_{p.n}} \quad (2)$$

де  $V_{p.n}$  — об'єм рециркуляційного повітря,  $\text{м}^3$ .

Очевидно, що для кожного співвідношення температур свіжого  $T_c$  і рециркуляційного  $T_p$  повітря можна знайти значення  $\varepsilon$ , яке змішуванням двох потоків забезпечить необхідну кінцеву температуру суміші  $T_k$ . Вказані параметри знаходяться у співвідношенні

$$T_k = \frac{(1 + \varepsilon)T_c T_p}{T_p + \varepsilon T_c} \quad (3)$$

Звідси знайдемо

$$\varepsilon = \frac{T_c T_p - T_k T_p}{T_k T_c - T_c T_p} \quad (4)$$

Оскільки аерація солоду забезпечує вирішення задач доставки кисню, охолодження і відведення діоксиду вуглецю, то рівень рециркуляції визначають з урахування можливості виконання трьох задач.

Підкреслимо, що нагрівання повітря на  $2^\circ\text{C}$  за проходження через шар солоду супроводжується зниженням його відносної вологості до 90–92 %. Це означає, що на частині свого транспортування через зернову масу повітря підсушує солод. Між тим існує категорична заборона на зниження вологості солоду нижче 46 %. Поновлення кількісного складу вологості солоду досягають його зрошуванням, а рециркуляційна частина повітря повинна бути донасичена до 100 % відносної вологості.

Рівень рециркуляції повітря, таким чином, визначається кількістю накопиченого в ньому діоксиду вуглецю. Зазвичай рециркуляційну частину повітря змішують зі свіжим повітрям і після цього насичують вологою в камерах кондиціонування. За таких умов концентрація  $\text{CO}_2$  зменшується кратно рівню рециркуляції. Між тим загальний вміст  $\text{CO}_2$  можливо суттєво знизити і стабілізувати за рахунок окремої обробки рециркуляційної частини повітря в камері кондиціонування. В цьому випадку система «вода — повітря» характеризується наявністю діоксиду вуглецю в газовій фазі і  $\text{CO}_2$  добре розчиняється у воді. За підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в газовій фазі маємо його підвищений парціальний тиск і у відповідності з законом Генрі обробка в камері лише рециркуляційної частини повітря суттєво прискорює видалення з повітря діоксиду вуглецю (на новому рівні рівноважного стану).

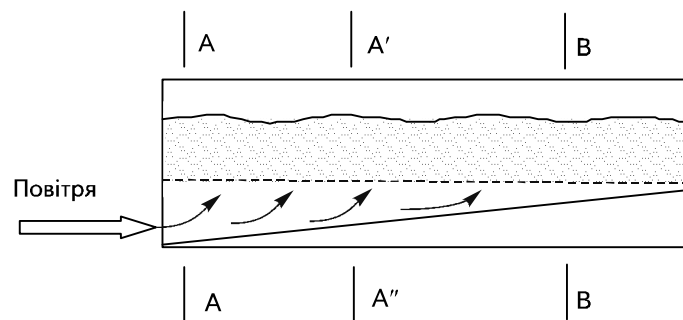


Рис. 1. Схема повітропроводів для аерації пророщуваного солоду з рівномірним роздаванням газового потоку

У зв'язку з викладеним запатентовано систему для пророщування солоду, в якій з метою збільшення рівня рециркуляції відпрацьованого повітря рециркуляційна частина повітря проходить окремо обробку в камері кондиціонування і змішується зі свіжим повітрям тільки після цього [6].

Якщо потік змішаного повітря характеризується відносною вологістю  $< 100 \%$ , то його також слід спрямувати в камеру кондиціонування і досягти умов  $\varphi = 100 \%$ .

Подальший розвиток системи з окремою обробкою рециркуляційної частини повітря автор вбачає в наступному.

В зв'язку з тим, що температури повітря зростають з  $10^\circ\text{C}$  для аерації солоду першої доби пророщування до  $15^\circ\text{C}$ , для солоду сьомої доби пророщування існує можливість послідовно передавати потік повітря від першої позиції до сьомої з пропусканням між позиціями через камери кондиціонування для насичення вологою, доохолодження і видалення  $\text{CO}_2$ .

Стабілізація температури всієї маси солоду має принципове значення і така стабілізація однозначно пов'язана з рівномірністю аерації по всій поверхні опорної решітки. Рівномірність аерації пов'язують з рівномірним розподілом маси солоду по опорній площині та однаковою її щільністю. Поза увагою спеціалістів, однак, залишається конструктивне влаштування повітропроводу підситового простору.

Суть пропозиції по Пат. 52219 А (рис. 1) складається у встановленні додаткової перегородки, яка поперечний переріз повітропроводу робить змінним від максимального на вході до нуля в кінці. За цих умов гарантується рівність тисків в перерізах А, А<sub>г</sub> та В [5]:

$$P_A = P_{A_r} = P_B \quad (5)$$

і рівномірний розподіл повітря по всій поверхні решітки. За випадку, коли ширина ящика значна, може виникати нерівномірність розподілу повітря у двох напрямках на додаток до поздовжньої нерівномірності. Для ліквідації цих обох небажаних явищ підситовий простір повинен бути змінним у двох напрямках (рис. 2).

*Конструкція зрошувального пристрою.*

Для ліквідації підсушування солоду в процесі його пророщування при продуванні повітря здійснюється періодичне зрошування зернової маси. Вода, яка подається для зрошування, повинна мати температуру на  $1\text{--}2^\circ\text{C}$  нижчу за температуру солоду і виняткову увагу слід приділяти рівномірності зрошування і ступеню розпилю води. У зв'язку з цим над зерною масою в пристрої для пророщування солоду montують дезінтегратори потоку води. Використовують як стаціонарно встановлені пристрої, так і пересувні. У багатьох випадках в якості дезінтеграторів використовують різні форсунок.

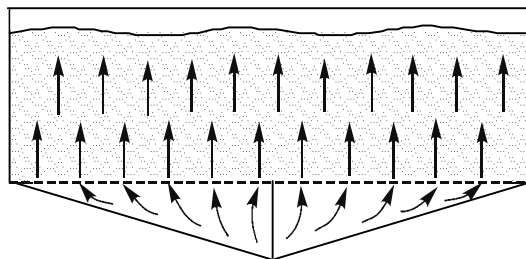


Рис. 2. Поперечний переріз ящика зі змінною площею газоваду у двох напрямках

Недоліком такого вибору є недостатній рівень розпилю води і розташування форсунок в локальних зонах. Окрім того, факел розпиленої води, що отримується на форсунках, не рівномірний і в середині конусу виникає явно виражена порожнина. На додаток до названого слід нагадати про необхідність використання фільтрів тонкої очистки, бо тільки відсутність механічних домішок може забезпечити стійку роботу форсунок.

У відповідності з патентом № 604499 А [7] на винахід пропонується конструкція дезінтегратора, яка поєднує в собі позитивні якості ежекційних пристроїв, простоту конструктивного рішення і розгалужену систему окремих робочих зон дезінтеграції. Складається трубчатий дезінтегратор (рис. 3) із зовнішньої труби 1, внутрішньої труби 2, торцевої кришки 3 і патрубків (на рисунку не показані), якими у внутрішню трубу і кільцевий простір подають воду і повітря.

На внутрішній трубі виконуються циліндричні отвори 4 мм і їм на зовнішній трубі відповідають співвісні конічні отвори.

Важливою вимогою є те, що тиск потоку повітря або води у внутрішній трубі має перевищувати тиск в кільцевому просторі на  $0,2\text{--}0,3$  МПа. Співвідношення площ поперечних перерізів внутрішньої труби і загальної площі поперечних перерізів отворів приймається

таким, яке забезпечить швидкість повітря в циліндричних отворах на рівні 35–45 м/с, а для випадку внутрішнього водяного потоку — 3,0–3,5 м/с.

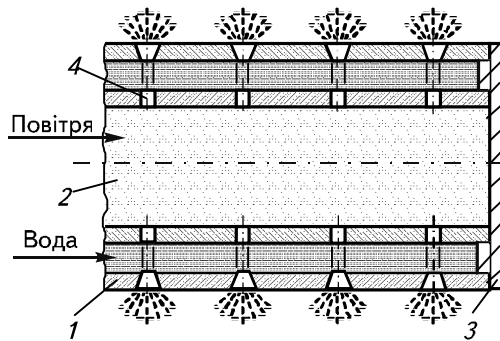


Рис. 3. Схема трубчатого дезінтегратора водяного потоку:  
1 — зовнішня труба; 2 — внутрішня труба; 3 — кришка;  
4 — циліндричний отвір внутрішньої труби; 5 —  
конічний отвір зовнішньої труби

Співвісне виконання циліндричних і конічних отворів, рознесених на відстань кільцевого зазору призводить до створення подоби мікроежекційних апаратів з притаманними останнім властивостями. Струмінь внутрішнього потоку в циліндричному отворі одержує відносно високу швидкість і спрямовується в конічний отвір. В результаті підсмоктування потоку з кільцевого простору і взаємодії між потоками відбувається дезінтеграція води з утворенням дуже тонкого розпилю. Завдяки останньому досягається зменшена швидкість осідання дезінтегрованих часток води і задовільна рівномірність розподілу потоку.

Вимога до співвісності отворів зовнішньої і внутрішньої труб задовольняється наступною технологією виготовлення. Торцева кришка 3 виконується з кільцевим буртиком, внутрішня поверхня якого є базою внутрішньої труби, а зовнішня циліндрична поверхня буртика — базою зовнішньої труби. Виготовлення отворів здійснюється після збирання труб в блок в такій послідовності. По-перше, просвердлюються одним заходом зовнішня і внутрішня труби свердлом, що відповідає циліндричному отвору внутрішньої труби. По-друге, виконується зенкування зовнішнього отвору так, щоб менший діаметр конічної поверхні залишився без змін.

Розроблена конструкція впроваджена і знайшла схвальну оцінку спеціалістів промисловості.

#### Висновки:

1. Забезпечення процесу пророщування солоду рециркуляційними схемами аерації як мінімум вдвічі знижує енергетичні витрати, пов'язані з охолодженням повітря в літній сезон і з нагріванням взимку.

2. Для збільшення рівня десорбції  $\text{CO}_2$  з рециркуляційної частини повітря її обробку в камерах кондиціонування доцільно виконувати до змішування зі свіжою частиною повітря. Розділене вологонасичення рециркуляційної частини повітря дозволяє рівень рециркуляції підвищити до 80 %.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький, В.А. Прибильський, М.Г. Михайлов. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 408 с.
2. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний. — К.: АртЕк, 2002. — 304 с.
3. Калунянц К.А. Химия солода и пива / К.А. Калунянц. — М.: Агропромиздат, — 1990. — 176 с.
4. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива / В.А. Домарецький — К.: Урожай, — 1999. — 537 с.
5. Деклараційний патент України № 52219 А. Пристрій для пророщування солоду. Соколенко А.І., Українець А.І., Шевченко О.Ю. та ін. Опубл. 16.12.2002, бюл. № 12.
6. Деклараційний патент України № 58827 А. Пристрій для пророщування зерна. Соколенко А.І., Українець А.І., Яровий В.Л. та ін. Опубл. 15.08.03, бюл. № 8.

7. Деклараційний патент України № 604499 А. Пристрій для пророщування зерна ящикового типу, барабанний або у вигляді «пересувна грядка». Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. та ін. Опубл. 15.10.03. Бюл. № 10.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЯЧМЕНЯ

С.М. Мироненко, С.А. Бут, А.О. Бойко

Национальный университет пищевых технологий

*От равномерности увлажнения и аэрации солода на этапе проращивания зависит качество полученного товарного продукта. Рассчитано количество теплового потенциала и кислорода, которые надо для проращивания солода. Сформулированы недостатки существующих распиливающих устройств. Предложена конструкция устройств для увлажнения солоду — дезинтеграторов водяного потока, которые лишены этих недостатков.*

**Ключевые слова:** солод, пиво, проращивание, ячмень.