

Технологічні особливості пророщування зерна та кондиціонування аераційного повітря

Соколенко А.І., доктор технічних наук, Максименко І.Ф., Бойко О.О., Білик О.А., кандидат технічних наук

Загальна оцінка процесів пророщування зерна складається з трьох етапів, що стосуються морфологічних, біохімічних та хімічних змін.

Морфологічні зміни характеризуються появою корінців і пелюстки. Цей період називають «накльовуванням». Розвиток зародкового паростку не повинен виступати за верхівку зернівки. Довжина паростку і корінців пропорційна втратам сухих речовин, що обмежується мінімізацією часу пророщування і температури процесу.

Проростання зерна супроводжується цитологічними змінами його складових частин. Під дією ферментів відбувається

гідроліз клітин ендосперму, стінки клітин алейронового шару та кож частково гідролізуються.

Біохімічні та хімічні зміни в зерні при пророщуванні добре вивчені і стосуються ферментативних перетворень [1], оптимізація яких пов'язана з такими факторами, як температура в шарі солоду, вологість солоду та інтенсивність аерації.

Основні критерії оптимізації солододорощення – це найбільш висока ферментативна активність при мінімальних втратах сухих речовин і низькій собівартості.

Підвищення температури солододорощення супроводжується втратою сухих речовин зерна внаслідок окислювальних процесів

і значного росту вегетативних частин. Збільшення температури на 1°C приводить до збільшення інтенсивності дихання на 20%.

Втрати цукрів і крохмалю при солодоращенні не повинні перевищувати 16% від їхнього вмісту в зерні, що складає 1,2% від усіх зброджуваних речовин зерна.

Оптимальна температура для накопичення гідролітичних ферментів ячмінного солоду – 14-17, просяного – 25-30°C. Для більшості гідролітичних ферментів оптимальною при пророщуванні є вологість 44-48%.

Важлива роль належить інтенсивності аерації солоду, оскільки кисень бере участь у синтезі й активуванні ряду ферментів. Підвищення концентрації CO₂ в повітрі для аерації до 8% інгібує ріст зерна, хоча триває його розчинення. При концентрації CO₂ понад 20% нормальне дихання припиняється і починається автоліз зерна. В зв'язку з цим нами більш детально розглянуто кондиціювання аераційного повітря.

Тонкий шар пророщуваного солоду знаходиться в природно-му контактуванні з повітрям лише на токових солодовнях. У всіх інших випадках солод розташовується на перфорованих ситах у шарі до 1,5 м. Кількість повітря, що подається на аерацію, має забезпечити перебіг всіх життєвих процесів. У рекомендаціях [2] наводяться дані щодо витрат повітря від 300 до 700 м³ на 1 тону ячменю за 1 год. Не викликає сумніву те, що ці дані є узагальненням значної кількості емпіричних показників, проте, у фізичній суті в них запрограмована помилка. Вона пов'язана з тим, що цією характеристикою рівня аерації ніяк не враховується такий важливий показник, як висота шару зерна, та її співвідношення з двома іншими геометричними габаритами.

Об'єктивним показником рівня аерації шару зерна могла б слугувати наведена швидкість повітря в поперечному перерізі шару. Розрахункова формула у цьому випадку приводиться до вигляду:

$$W_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{п}}}{F} \quad (1)$$

де V_п – об'ємний потік повітря, м³/с;
F – площа поперечного перерізу ящика.

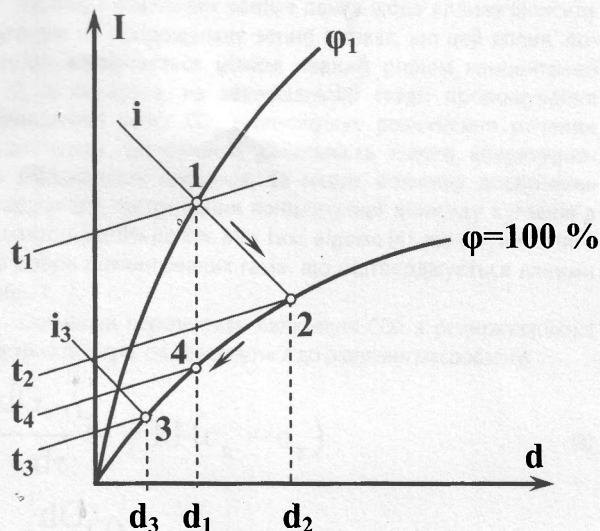
Пропускання повітря через шар солоду супроводжується охолодженням останнього і відведенням діоксиду вуглецю. За даними [2], кількість теплоти, що виділяється в процесі пророщування, складає 850 тис. кДж на кожен тону ячменю за весь цикл. Якщо вважати, що цикл пророщування триває 7 діб (168 год.), то питоме енергетичне навантаження становить:

$$Q = 850000 : 168 = 5060 \text{ кДж/год.} \quad (2)$$

а його потужність:

$$N = \frac{Q}{3600} = \frac{5060}{3600} = 1,4 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Організовується тепловідведення за рахунок того, що повітря на аерацію підводиться з температурою, на 2°C ниж-



■ Рис. 1. Схема до визначення параметрів процесу охолодження повітря

чою за номінальну температуру солоду. При цьому рівень тепловідведення визначається не тільки різницею температур на вході повітря в шар зерна і на виході, а і його збільшеним вологовмістом. У зв'язку з необхідністю досягати заданих температур для повітря воно охолоджується або нагрівається.

Зміни термодинамічних параметрів повітря за його нагрівання, охолодження або в режимі аерації відслідковуються на основі діаграми I-d стану повітря. Зволоження повітря до рівня відносної вологості φ=100% є обов'язковою процедурою, оскільки її невиконання матиме наслідком висушування солоду, що неприпустимо за технологічними вимогами.

Зволоження повітря досягається за рахунок дрібнодисперсного розпилювання в ньому води. Витрати останньої оцінюються у 0,5 м³ на 1 тону ячменю за цикл пророщування. Визначено, що охолодження повітря доцільно здійснювати за рахунок випарників холодильних установок.

Під час пророщування ячмінь активно дихає, витрачаючи на цей процес цінні речовини. Однак у завершальній стадії мають місце активні процеси ферментативного розчинення, які відбуваються незалежно від дихання, хоча при цьому відсутній сенс витрачання значної кількості речовини ендосперму. У зв'язку з цим доцільно здійснювати рециркуляційне повернення повітря з підвищеним вмістом CO₂, який гальмує дихальні процеси.

Важливою складовою процесів солодоращення є механічне перемішування солоду, мета якого полягає в обмеженні зростання корінців зернівок і вирівнюванні температур [3].

Кондиціювання повітря має суттєві відмінності за термодинамічними параметрами не лише у зв'язку із сезонними коливаннями температури, а навіть з їхніми різними добовими значеннями. Різниця денних і нічних температур повітря у літній сезон може сягати 15-20°C, що приводить до принципових відмінностей у його підготовці.

Зволоження повітря у камерах кондиціювання

■ Таблиця 1. Розчинність газів у воді, м3/м3 за парціального тиску 0,1 МПа

Газ	Температура, °C							
	0	5	10	15	20	25	30	40
Азот	0,0235	0,0209	0,0186	0,0168	0,0154	0,0143	0,0134	0,018
Кисень	0,0489	0,0429	0,0380	0,0341	0,0310	0,0283	0,0261	0,0231
Водень	0,0215	0,0204	0,0195	0,0188	0,0182	0,0175	0,0170	0,0164
CO ₂	1,713	1,424	1,194	1,019	0,878	0,759	0,665	0,530

