

УДК 663.44-048.78

Удодов С.О., к.т.н., доцент

Мерзляк Д.В.

Марцинкевич Л.В.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗАОЩАДНИХ СПОСОБІВ КИП'ЯТІННЯ ПИВНОГО СУСЛА

Пивоварна галузь харчової промисловості, як і всі інші галузі, зосереджує свою увагу на скороченні витрат енергії в виробництві або пошуку альтернативних джерел енергії. Безумовно в пивоварінні основна частина енергії витрачається на варильне відділення де найбільш енергоємним є процес кип'ятіння сусла з хмелем. Отримане в процесі фільтрування сусло кип'ятять впродовж 1 – 2 год. з додаванням хмелю[1].

При кип'ятінні сусла в нього переходять гіркі та ароматичні речовини хмелю, одночасно коагулюють білки.

Цей процес проводять в сусловарильних апаратах, в яких створюють всі умови для його інтенсифікації. Кінцевим продуктом після стадії кип'ятіння є гаряче охмелене сусло.

При цьому відбувається ряд наступних важливих процесів [1]:

- Розчинення і перетворення компонентів хмелю та виникнення і коагуляція конгломератів білкових та дубильних речовин;

- Випарювання води;
- Стерилізація сусла;
- Руйнування всіх ферментів;
- Підвищення кольору сусла;
- Підвищення кислотності сусла;
- Виникнення редуційних речовин;
- Зміна вмісту в суслі диметилсульфіду (ДМС) та інших летючих речовин;
- Видалення летючих компонентів;
- Зниження рН сусла.

Отже високотехнологічне сучасне обладнання для проведення процесу кип'ятіння сусла повинно не тільки забезпечувати якісне виконання всіх передбачених технологічних параметрів, а ще й споживати якомога менше енергії.

З метою встановлення найефективнішої конструкції сусловарильного апарату, яка б забезпечувала якість пивного сусла та зменшення енерговитрат на підігрів та кип'ятіння, були досліджені різні способи виконання даного процесу. Проведено аналіз різних відомих технічних рішень, серед яких система тонко-плівкового кип'ятіння (Merlin), щадного кип'ятіння (SchoKo та SchoKolino), система кип'ятіння сусла при низькому надлишковому тиску з накопичувачем енергії та без нього та система кип'ятіння з використанням внутрішнього кип'ятильника [2,3].

В програмі «Компас 3D» створені моделі робочих об'ємів апаратів відповідно до їх геометричних параметрів, проведено моделювання процесу з використанням різних систем кип'ятіння сусла в програмному комплексі Flow Vision.

В обраній моделі «Нестислива рідина» будуть вирішуватись рівняння Нав'є-Стокса:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V * V) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)) + S, \quad (1)$$

де джерело S дорівнює:

$$S = \left(1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho}\right) g + B + \frac{R}{\rho}, \quad (2)$$

та рівняння енергії:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(Vh) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{c_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho}. \quad (3)$$



Рисунок 1 – Схема розподілення потоку сусла і температури при використанні системи тонко-плівкового кип'ятіння

В результаті проведеного моделювання отримано відповідні дані та схеми розподілення теплових потоків при нагріванні та кип'ятінні сусла (рис.1). При тонко-плівковому кип'ятінні сусло прогривається в більшості рівномірно без утворення зон перегріву.

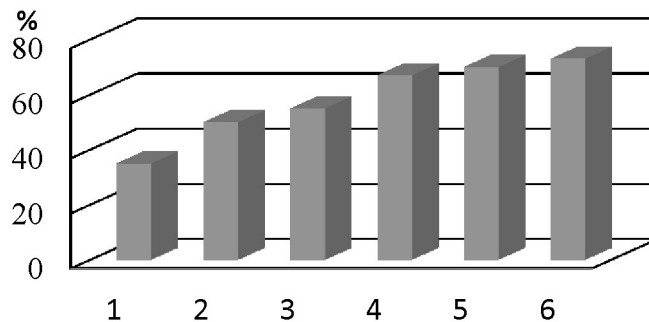


Рисунок 2 – Залежність різних способів кип'ятіння сусла від відсоткової економії енергії:

- 1- система кип'ятіння з використанням внутрішнього кип'ятильника;
- 2- кип'ятіння сусла при низькому надлишковому тиску без накопичувача енергії;
- 3- система щадного кип'ятіння SchoKolino;
- 4- система щадного кип'ятіння SchoKo;
- 5- кип'ятіння сусла при низькому надлишковому тиску з накопичувачем енергії;
- 6- система тонко-плівкового кип'ятіння;

Відповідно до проведеного аналізу систем кип'ятіння сусла та отриманих результатів після дослідження їх моделей побудовано залежність різних систем від відсоткової економії енергії (рис.2). З чого можна зазначити, що найменше споживання енергії на проведення процесу витрачається з використанням системи тонко-плівкового кип'ятіння сусла.

Висновок. Проведений аналіз та отримані дані дослідних моделей дають можливість зробити висновок, що найменш енергоємною являється технологія тонко-плівкового кип'ятіння сусла. Економія енергії складає близько 73%, що значною мірою зменшує собівартість готового продукту

Література

1. В.Кунце. Технология солода и пива. – СПб.: Профессия, 2001.
2. Kaspar Schulz, Schulz. Brewhouse Technology, apparatebauanstalt KG D-96052, Bamberg/www.kaspar-schulz.de/
3. Patent 008064 WO, PCT/EP2008/000792, Wort boiling method and corresponding devise/ Markus Hertel, Karl Sommer, № 2006/008064 A1, Pub. Date: Jan.26, 2006