

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ ТА УМОВ МОДУЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ НА ПЕРЕБІГ ФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА НА ЗАКВАСКІ З ПІДВИЩЕНИМ ТИТРОМ ЖИТТЄЗДАТНИХ КУЛЬТУР БРОДИЛЬНОЇ МІКРОФЛОРИ

**Корнієнко І.М.¹, Гуляєв В.М.², Монченко О.В.¹, Корнієнко Ю.М.²,
Філімоненко О.Ю.², Коваленко А.Л.², Кускова В.В.¹**

¹Національний авіаційний університет, kornienko.1979@gmail.com

²Дніпровський державний технічний університет

Вступ. Виробництво хлібобулочних виробів характеризується високими енергетичними витратами. На всіх стадіях технологічного процесу споживається значна кількість електроенергії для роботи дозаторів, транспортерів, механічних змішувачів та диспергаторів, також необхідна теплова енергія для проведення стадій випікання тістових заготовок, їх вистоювання та охолодження. Цілком очевидно, що для організації ефективного та прибуткового виробництва необхідне використання останніх досягнень науки і техніки, які дозволили б, серед іншого, зменшити енергоспоживання при одержанні готової продукції. Частково цю задачу можна вирішити заміною традиційної сировини, іншою альтернативною є зміна рецептури виробів, також, перспективним є використання фізичних факторів впливу на бродильні процеси. Виходячи із цього, запропоновано дослідити вплив фізичних факторів на перебіг ферментаційних процесів зброджування борошняної складової в біотехнології хліба (активації бродильної мікрофлори за швидкістю спливання кульки та часу ферментації) на установках «Кліностат» та УЗТ-1.01Ф [1, 2].

Матеріали та методи. Методика дослідження полягала у встановленні впливу ультразвукових коливань різних частот (36, 195, 400, 900 кГц та 1 МГц відповідно) і щільності потоку потужності (діапазон - 0,1 0,3 0,5 0,7 Вт/см² відповідно), також, впливу умов мікрогравітації закваски на інтенсивність ферментаційних процесів. Закваску виготовлено із додаванням чистих культур молочнокислих бактерій (МКБ) та лактозних дріжджів (ЛД) до борошняної суміші та води. Оцінку впливу фізичних факторів проводили за показниками титру життєздатних клітин біологічних об'єктів та швидкістю спливання за кулькою. Для реалізації даних досліджень було використано наступні прилади: апарат ультразвуковий (УЗТ-1.01Ф) та установку для дослідження процесів модульованої мікрогравітації «Кліностат». Прилад УЗТ-1.01Ф працює в комплексі із генератором та модулятором ультразвукових сигналів (ГЗ-112/1), частотоміром електронно-рахунковим (Ф5. 311). Завдяки регуляторам можна встановлювати необхідну щільність потоку потужності. В комплекті є приймачі – датчики УЗ коливань (основа роботи датчиків-приймачів полягає у п'єзоелектричному магнітострикційному ефекті). Установка, яка імітує процеси мікрогравітації «Кліностат», реалізує повільні обертання біологічного об'єкта в стерильних флаконах з частотою 4 оберт/хв. Вісь обертання в установці «Кліностат» паралельна землі, що повністю відповідає технічним характеристикам та вимогам до типових приладів, сила тяжіння (g) не більше 0,1.

Результати та обговорення. Доведено, що механічні та хімічні ефекти, які генеруються низькочастотним ультразвуком (УЗ) різної інтенсивності, можуть бути корисні для активації різних мікроорганізмів. Ультразвук, також, інтенсифікує біохімічні процеси, тому його застосовують для активації культур мікроорганізмів безпосередньо перед використанням у біотехнологічних процесах, зокрема, при виробництві хліба, кисломолочних продуктів, винних напоїв [1, 2].

Науковий і практичний інтерес, на нашу думку, має вивчення процесів життєдіяльності мікроорганізмів в умовах мікрогравітації. В останні роки активно вивчається вплив мікрогравітації на морфологію клітин та їх функції. Показано, що такі процеси, як проліферація, диференціювання, клітинний цикл, живучість клітин, їх програмувана загибель (апоптоз) істотно змінюються під впливом мікрогравітації, що вказує на практичну можливість її використання для цілеспрямованої регуляції клітинного метаболізму.

Отримані результати досліджень свідчать, що при частоті 1 мГц та щільності потоку 0,5 Вт/см² відбувається інтенсифікація росту МКБ (лакто- та біфідобактерій), титр яких коливається в межах 2,3 - 3,0*10⁸ кл/мл відповідно. Титр життєздатних ЛД є меншим і відповідає значенню 3.9*10⁷ кл/мл. Отримані результати досліджень свідчать, що завдяки присутності ЛД у складі закваски, відбувається інтенсифікації процесів газоутворення тіста, що також пояснюється процесами стимульованої активації мікрофлори закваски під впливом УЗ. Завдяки цьому впливу, вдалося зменшити час ферментації на 1 годину.

В останні роки в Україні та інших країнах світу зростає інтерес до космічної біотехнології, яка займається вивченням впливу сили тяжіння на ріст, розвиток, морфогенез мікроорганізмів та рослин. Усі ці дослідження дозволяють вирішити ряд прикладних проблем космічної біотехнології. Наразі ведуться дослідження, спрямовані на можливість отримання функціонального кисломолочного напою в умовах космічного корабля, а також, вирощування овочевих галерей. Враховуючи вище вказане, проведено дослідження впливу умов модульованої мікрогравітації на титр життєздатних клітин МКБ та ЛД у складі закваски для хлібопекарських потреб з визначенням піднімальної сили за швидкістю спливання кульки. Процес ферментації тривав 300 хвилин при температурі 24 °С в стерильних умовах. Порівняльна характеристика даного показника за умови озвучування закваски та впливу модульованої мікрогравітації наведена на рис.1. За результатами досліджень встановлено, що за рахунок присутності ЛД у заквасці, відбувається збільшення газоутворювальної здатності тіста на 5%, за рахунок чого відбувається скорочення часу спливання за кулькою, яке зменшилося у зразку К2 порівняно із зразком К1 із 40 хвилин до 37 хвилин. Найкращий результат показний для зразку 1, який був активований УЗ та зразку 3, який перебував в умовах мікрогравітації на установці «Кліностат» протягом 300 хвилин. В зразках 1 та 3 фіксується найменший час спливання за кулькою 26 та 23 хв., що в повній мірі відповідає вимогам до заквасок.

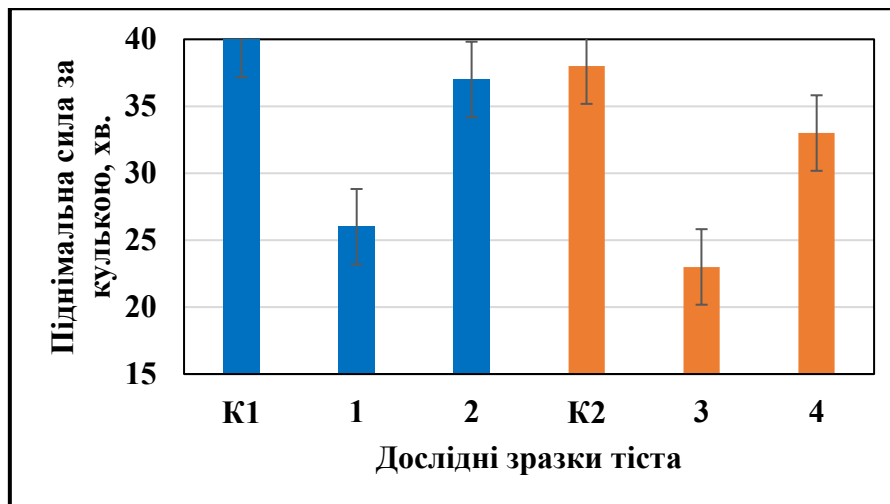


Рис.1. Вплив УЗ-коливань та умов модельованої мікрогравітації на перебіг ферментаційних процесів (піднімальна сила закваски за кулькою), хв.: K1- закваска з підвищеним титром МКБ, 1- закваска з підвищеним титром МКБ після активації УЗ (частота 1 мГц, щільність потоку потужності 0,5 Вт/см²); 2- закваска з підвищеним титром МКБ після кліноштатування; K2 – закваска із підвищеним титром МКБ, ЛД; 3 – закваска із підвищеним титром МКБ, ЛД після активації УЗ (частота 1 мГц, щільність потоку потужності 0,5 Вт/см²); 4 – закваска з підвищеним титром МКБ, ЛД після кліноштатування.

Встановлено, що завдяки процесам впливу ультразвукових коливань, відбувається збільшення газоутворювальної здатності тіста на 28% для зразку 1 та 36 % для зразку 3, що пояснюється впливом виділеного вуглекислого газу ЛД в переважній кількості порівняно із МКБ. В умовах кліноштатування фіксується скорочення часу спливання за кулькою за рахунок вібрацій та електромагнітних коливань, які впливають протягом 300 хвилин на процес ферментації.

Висновки. Порівнюючи вплив досліджених фізичних факторів, рекомендовано використання УЗ для активації бродильних процесів з економічної точки зору, оскільки озвучування закваски для хлібопечення триває 4 хвилини. Щодо впливу процесу кліноштатування на закваску для хлібопекарських потреб - відмічається зменшення часу ферментації, збільшення титру МКБ, особливо, лактозних дріжджів, що свідчить про можливість проведення подальших досліджень в реальних космічних умовах.

Список використаної літератури:

1. Denglin Luo, Ruoyan Wu, Jie Zhang et al. Effects of ultrasound assisted dough fermentation on the quality of steamed bread. Journal of Cereal Science.2018; 83(1):147-152.
2. Yanyan Zhang, Bei Wang, Cunshan Zhou et al. Surface topography, nano-mechanics and secondary structure of wheat gluten pretreated by alternate dual-frequency ultrasound and the correlation to enzymolysis. Ultrasonics Sonochemistry.2016; 31(1):267-265.