

44. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАТИВНОГО РОЗРІДЖУВАННЯ КРОХМАЛЮ

О.М. Деменюк, канд. техн. наук

О.В. Грабовська, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

Одним з найважливіших технологічних процесів виробництва цукристих крохмалепродуктів є гідроліз крохмалю, який на сьогодні здійснюють за допомогою амілолітичних ферментів. Особливістю гідролізу крохмалю з використанням ферментів від гідролізу за участі мінеральної кислоти є проведення цього процесу в два

етапи: розріджування крохмалю та його згукрювання. Кожен з цих етапів має свою мету і проводиться за участі різних ферментів та при дотримванні різних технологічних умов. Оскільки, розріджування крохмалю — перший етап гідролізу, від якого залежить ефективність подальших технологічних процесів, метою нашої роботи було вивчення кінетичних закономірностей ферментативного розріджування крохмалю і розроблення математичної моделі цього процесу.

Було проведено узагальнений експеримент щодо визначення технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалю. У дослідах проводили розріджування крохмальних суспензій з концентраціями 25, 30, 35, 40 % сухих речовин із застосуванням термостабільної α -амілази, яку дозували у кількості від 1 до 5 одиниць амілазної активності на 1 г сухих речовин суспензії (од.ак./г СР). Процес розріджування контролювали визначенням глюкозного еквіваленту (ГЕ) за йодометричним методом Вільштеттера та Шудля. За отриманими даними було встановлено кінетичні залежності, які характеризують збільшення ГЕ протягом розріджування кукурудзяного і картопляного крохмалю за різних технологічних умов. Для кожної концентрації крохмальної суспензії при різному дозуванні ферменту за методом Сімпсона і трапецій в середовищі Mathcad Professional розраховано середню тривалість розріджування, відповідно до якої мовою Basic в середовищі Quick Basic проведено апроксимацію функції і визначено середній ГЕ та розраховано середню швидкість розріджування у кожному досліді.

З метою встановлення оптимальних технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування кукурудзяного та картопляного крохмалів було проведено оптимізацію отриманих експериментальних даних. За допомогою одного вихідного параметру неможливо охарактеризувати досліджуваний процес, тому для вирішення задачі оптимізації ферментативного розріджування крохмалю був обраний узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити обрані локальні критерії оптимальності: швидкість процесу розріджування, хв^{-1} ; фактор в'язкості; глюкозний еквівалент гідролізатів, %; дозування ферменту, од. ак./г СР крохмалю; концентрація крохмальної суспензії, % до маси суспензії.

Розв'язання задачі оптимізації передбачає розроблення математичної моделі, яка б адекватно виражала залежність вихідних параметрів процесу від вхідних факторів. При виборі рівнів факторів та інтервалів варіювання керувалися літературними даними та результатами попередніх лабораторних досліджень.

Вибір рівнянь, розрахунок та уточнення коефіцієнтів цих рівнянь здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional з використанням методу найменших квадратів. Шляхом порівняння розрахункових значень з експериментальними було розраховано середньоквадратичні та відносні похибки. В результаті були отримані рівняння локальних критеріїв оптимізації (в натуральних значеннях факторів) для кукурудзяного крохмалю (1, 2, 3):

– залежність швидкості розріджування від концентрації крохмальної суспензії, дозування ферменту та тривалості процесу:

$$VF(C, D, \tau) := [0.411 + (10.163 - 0.627 \cdot C + 9.775 \cdot 10^{-3} \cdot C^2) \cdot D] \cdot e^{[-0.033 + (-0.304 + 0.019 \cdot C - 3 \cdot 10^{-4} \cdot C^2) \cdot D] \cdot \tau} \quad (1)$$

– залежність фактора в'язкості від концентрації крохмальної суспензії та дозування ферменту:

$$F(C, D) := (-60303 + 3566.1 \cdot C - 32.854 \cdot C^2) \cdot e^{(8.19302 - 0.8048 \cdot C + 0.02427 \cdot C^2 - 2.354 \cdot 10^{-4} \cdot C^3) \cdot D} \quad (2)$$

– залежність глюкозного еквівалента від дозування ферменту та тривалості процесу розріджування:

$$\text{FGE}(D, \tau) := -2.908 + (7.788 + 2.908) \cdot e^{-e^{-D}} + 4.6 \cdot \ln(\tau) \quad (3)$$

Аналогічні рівняння були отримані для процесу розріджування картопляного крохмалю.

Відносна похибка отриманих рівнянь знаходиться в межах 5 % від середнього значення кожного з факторів.

Таким чином, використовуючи отриманні рівняння, за допомогою узагальненого критерію оптимізації визначено значення оптимальних технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування крохмалю.