

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 631.56:633

АНАЛІТИЧНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ТА БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗЕРНОВОЇ МАСИ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Верхоланцева В.О., аспірант *

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – у статті представлено аналітичні засоби моделювання мікробіологічних та біохімічних процесів при зберіганні зернової маси, а також вивчення взаємодії протікання процесів між зерновою масою з точки зору теплотехніки.

Ключові слова – зернова маса, конвекція, модель, напруга, молекулярна система, клітинна система, зберігання.

Постановка проблеми. У практиці зберігання зерна погана теплопровідність зернової маси і насіння дозволяє тривалий час зберігати їх в охолодженому стані, а холод - дешевий і незамінний консервант будь-якої сільськогосподарської продукції.

З підвищенням показника вологості зерна теплопровідність зернової маси також підвищується. Через низьку теплопровідність зернової маси при сушінні зерна кондуктивним методом можливий перегрів окремих шарів зерна, знижується схожість насіння, погіршуються технологічні якості зерна.

Специфічні властивості зерна, як об'єкта охолодження, значною мірою обумовлені особливим станом води, що міститься у зерні, і механізмом взаємодії її з речовинами зерна.

У зерні немає вільної води, вона більш-менш міцно пов'язана з тканинами зерна та його клітинами або знаходиться у вигляді водного розчину тієї чи іншої концентрації і складу. Вода в зерні не тільки найважливіша складова частина, а й активний агент, який бере участь у біохімічних процесах, що постійно відбуваються у зерні[1,2].

Аналіз останніх досліджень. Основна увага вчених і практиків зосереджена на збільшенні врожайності рослинницької продукції. Однак, рішення продовольчої програми будь-якої держави залежить не тільки від кількості вирощеної продукції, а й від правильного проведення післязбиральної обробки і подальшого зберігання.

© Ялпачик В.Ф., д.т.н., проф., Кюрчев С.В., к.т.н., доц., Верхоланцева В.О., аспірант

* Науковий керівник – Кюрчев С.В., к.т.н., доц.

Збереження природних достоїнств зерна, продуктів його переробки, розміри втрат при зберіганні залежать від наукового обґрунтування технології післязбиральної обробки продукції та її зберігання[3].

При зберіганні сільськогосподарської продукції протікають фізіологічні, біохімічні та мікробіологічні процеси, які необхідно вивчати.

Виходячи з самої природи зерна та можливих втрат врожаю виникає необхідність у захисті його від активного впливу факторів абіотичного середовища, а також у створенні таких умов протягом зберігання, які б попереджували інтенсивний обмін речовин у клітинах зерна.

Проблемою зберігання зерна займалися багато вітчизняних і зарубіжних дослідників. Вирішити це завдання успішно можна тільки із застосуванням відповідних методів підготовки продукту та закладання і збереження його у необхідних умовах. [4, 5, 6].

Постановка завдання. Метою даної роботи є моделювання біохімічних і мікробіологічних процесів, які протікають у зерновій масі при зберіганні.

Основна частина. Перенос молекулярної (індекс m) та клітинної (індекс z) систем відбувається за допомогою індукованих примусовою й природною конвекцією механізмів[7,8].

На підставі невеликих діапазонів довжин ($l_m^* \approx 10^{-9}$ м для протеїнів і $l_z^* \approx 10^{-6}$ м для мікроорганізмів) вони перебувають у механічній і тепловій рівновазі[9,10].

Характеристичні внутрішні шкали часу переносу імпульсу у воду як дисперсійне середовище $\tau_{i,m}^{внутр*} = \frac{l_m^{*2}}{v^*} \approx 10^{-12}$ с і

$\tau_{i,z}^{внутр*} = \frac{l_z^{*2}}{v^*} \approx 10^{-6}$ с дають вказівку щодо механічної рівноваги.

Аналогічно характеризують внутрішні шкали часу $\tau_{i,m}^{внут*} = \frac{l_m^{*2}}{a^*} \approx 10^{-11}$ с і $\tau_{e,z}^{внутр*} = \frac{l_z^{*2}}{a^*} \approx 10^{-5}$ с перенос енергії у воду. Ці оцінки вимагають подальшого розгляду поблизу меж переходів фаз.

Там значною мірою спостерігається зміна стану «час реакції на термогідродинамічний вплив», тому що він створює поля швидкостей, поля індукованих тертям нормальних напруг і тангенціальних напруг, а також поля внутрішньомолекулярного тиску й температури.

Розміри внутрішніх шкал часу диспергованих молекулярних і клітинних систем значно відрізняються від типової тривалості процесу $\tau^{проц*}$ обробки.

Отже, число Дебори $De = \frac{\tau^{внутр*}}{\tau^{прот*}}$ приймає нескінченно мале

значення.

Цей безрозмірний індекс виражає локальну рівновагу, тобто, наявність «конгруентного термогідродинамічного стану» безперервної фази й диспергованих молекулярних і клітинних систем у будь-який момент часу в процесі впливу високого тиску при даних просторових координатах. Це значно полегшує моделювання, так як дозволяє нам відобразити технологічний вплив на молекулярні й клітинні реакції як загальні скалярні величини Θ^* .

У безрозмірному вигляді для відношення $\Theta = \frac{\Theta^*}{\Theta_0^*}$ ми отримали відповідну модель переносу

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\Theta \vec{U}) = \frac{1}{Re_0 Sc_0} \nabla \cdot (D_\Theta \nabla \Theta) + D_{a0} Q_\Theta. \quad (1)$$

Ліва сторона рівняння моделі повністю збігається з рівнянням збереження маси. Для молекулярного біокомпонента рівняння (1) виражає індуквані зміни, які пов'язані з дифузією, а також з якісною зміною (активацією або дезактивацією) біокомпонентів.

Ефекти дифузії ґрунтуються на існуванні неоднорідних полів скалярної величини Θ . Параметр D_Θ у першому члені правої сторони рівняння (1) даний для константи дифузії молекулярного або клітинного процесу.

Величина дифузії залежить, очевидно, від зворотного значення добутку критерію Рейнольдса Re_0 і критерію Шмідта $Sc_0 = \frac{V_0^*}{D_\Theta^*} ab$.

Критерій Шмідта дає оцінку відношенню дифузійного переносу імпульсу до скаляра Θ . Наступний ефект, пов'язаний з позитивним або негативним "виробництвом" Θ , виражає безрозмірний початковий член $D_{a0} Q_\Theta$.

Значення критерію Дамколлера Da_0 встановлює інтенсивність джерела Q_Θ . Він описує відношення між конвекційною шкалою часу й шкалою часу молекулярної реакції. Наприклад, при реакції n -ного порядку з концентрацією $c = \Theta$ інтенсивність джерела $Q_\Theta = -kc^n$ й

критерію Дамколлера становить $Da_0 = \frac{L_0^* k_0^* c_0^{*n-1}}{u_0^*}$.

Одна з основних ідей рівняння (1) полягає у тому, що молекули – якщо переважають необхідні значення термодинамічної змінної тиску й температури – реагують відповідним чином. Отже, клітинні реакції можна моделювати аналогічно [11,12].

Індуковане тиском придушення життєдіяльності мікроорганізмів як скалярна величина залежить від інтенсивності

джерела пригнічення життєдіяльності (наприклад, величина внутрішньомолекулярного тиску в сполученні з чутливістю відповідних мікроорганізмів до розмноження), дифузійного переносу знищених мікроорганізмів на основі чистого броунівського руху й конвекційного переносу на основі примусової й природної конвекції у мікробіологічній суспензії.

Уводячи початковий член у рівняння (1) ми виходили із гіпотези, що додатково до локальної механічної й теплової рівноваги між дисперговою й безперервною фазами існує локальна однорідність.

Конкретно це позначає, що реакції як у розглянутому місці оброблюваного продукту, так і в його безпосередньому просторовому оточенні проходять у залежності від ж самого локального термогідродинамічного стану.

Таким чином, у місцях із просторово дуже маленькою дистанцією між реакціями, що протікають, не існують як взаємні впливи, так і обмеження й уповільнення.

Так як цих взаємодій повністю не уникнути, то ми вважали раціональним зневажити взаємодіями, якщо середня відстань s^* між двома молекулами або мікроорганізмами приймає істотно більше значення, ніж їх характеристичні шкали довжин i_m і i_z .

Перевірка вірогідності цього вимагає розрахунку розміру наступного критерію, числа Кнудсена K_n , що знаходить застосування у газовій динаміці для порівняної аргументації. Для досягнення мети наших досліджень адаптуємо визначення числа Кнудсена як $K_n = s^* / l^*$.

Внаслідок цього ми вважали, що локальна однорідність приблизно існує при невеликих концентраціях дисперсних систем, тобто для більших значень \bar{s}^* .

Перепереверка вірогідності локальної однорідності, тобто, що ніякі взаємозв'язки не відбуваються між сусідніми просторовими зонами, має, крім того, велике значення щодо масштабування. Це виходить із того факту, що вимірювання кінетичних даних реакції відбуваються у дуже маленьких комірках, у яких вплив теплогідромеханічних розподілів виявляється відносно незначним. Тут повинна переважати апроксимативно не тільки локальна, але й, до певного розміру, глобальна однорідність.

На противагу цьому, розподіли теплогідромеханічних полів, що неминує трапляються у великих камерах, спроможні впливати на швидкість реакції іншим способом, ніж це виражено рівнянням (1).

Зважаючи на ці умови ми зробили висновок, що перенос маси, імпульсу, енергії й скалярів здійснює сильний вплив на взаємодії, однак, точної подоби досягти неможливо. Це працює, зокрема, якщо своєю метою ставити конкретні результати технологічного впливу як, наприклад, інактивація клітинних і молекулярних систем, але

становить значну складність не тільки для масштабування, але й для будь-якого спрощення моделювання й імітації.

Дотепер використання повного рівняння переносу відсутнє для скалярних величин. Напроти, відомі чисельні спрощення, наприклад, застосовувані для опису тимчасової залежності молекулярних і клітинних реакцій

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = D_{a0} Q_{\Theta} \quad . \quad (2)$$

Модель (2) являє собою найчастіше використовуваний математичний вираз [13,14,15].

Для спрощення рівняння (1) ми увели член $\nabla \cdot (\Theta \vec{U})$, яким можна врахувати ефект конвекційного переносу Θ через завжди присутнє у рідкій частці продукту поле швидкості \vec{U}

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\Theta \vec{U}) = +D_{a0} Q_{\Theta} \quad . \quad (3)$$

Висновки. Таким чином, викликані під час впливу ВТ поля температури й течії значно впливають на перетворення будь-якого цільового компонента оброблюваного продукту. Так, автори [16] показали, що дані поля дійсно значно впливають на інактивацію патогенних мікроорганізмів при довготривалому зберіганні продукції.

Література:

1. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена. / С.С. Кутателадзе – М.: Атомиздат, 1979. – 415с.
2. *Лыков А. В.* Теория теплопроводности / Лыков А. В. – М.: Высшая школа, 1967. – 595 с.
3. *Казаков Е.Д.* Биохимия зерна и продуктов его переработки. / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Колос, 1980. – 319с.ил.
4. *Ялпачик В.Ф.* Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна / В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв, В.О. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.1. – С. 3 – 8..
5. *Тихонов Н. И.* Хранение зерна [Текст] : учеб. пособие / Н. И. Тихонов, А. М. Беляков; ФГОУ ДПОС «ВИПККА», Каф. инновац. технологий. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2006. – 108 с.
6. *Агрономов Е.А.* Хранение зерна. / Е.А. Агрономов М.: Л Пищепромиздат, 1935. – 222с.
7. *Кубасов А. А.* Химическая кинетика и катализ. Ч. 2. Теоретические основы химической кинетики / Кубасов А. А. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 158 с.
8. *Молчанов А.А.* Моделирование и проектирование сложных систем. - К.: Вища школа, 1999. – 664 с.
9. *Карасюк И.М.* Справочник по зерновым культурам. – К.: Урожай, 1991. – 319 с.

10. Скалецька Л.В. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум: Навчальний посібник / Л.В. Скалецька, Т.М. Духовська, А.М.Сеньков. – К.: Вища школа, 1994. – 303с.: ил.

11. Гинзбург А. С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник / [Гинзбург А. С., Громов М. А., Красовская Г. И.]– М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

12. Бондарев В.А. Теплотехника. / В.А. Бондарев, А.Е. Процкий, Р.Н. Гринкевич – изд.2-е, испр. и доп. Минск, “Вышэйша школа”, 1976.

13. Смолуховский М. Доступные наблюдению молекулярные явления, противоречащие обычной термодинамике // Эйнштейн А., Смолуховский М. Броуновское движение. - Л.: ОНТИ, 1936, с. 197;

14. Беспалова С.В. Математические модели биологических процессов : учеб. пособие / Беспалова С.В., Гусев А.А. ; Донец. нац. ун-т. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2000. – 150 с.

15. Голик М.Г. Влияние жизнеспособности зерна на его технологические свойства / М.Г. Голик, Н.Б. Воронюк Н.Б. М.: ЦИНТИ Госкомзага СССР, 1968, с.80-87.

16. Чижиков А.Г. Теплофизические характеристики семян пшеницы / А.Г. Чижиков, В.Ф. Кабанов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976. – № 11. – С. 18 – 20.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНОВЫХ МАСС

Ялпачик В.Ф., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.А.

Аннотация – в статье представлены аналитические средства моделирования микробиологических и биохимических процессов при хранении зерновой массы, а также изучение взаимодействия протекания процессов между зерновой массой с точки зрения теплотехники.

ANALYTICAL MODELING TOOLS MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES IN STORED GRAINS

V. Yalpachik, S. Kuirchev, V. Vercholantseva

Summary

The article presents the analytical modeling tools microbiological and biochemical processes during storage of grain mass, as well as the interaction of the processes in terms of heat engineering between the grain mass.