

## МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ СУШІННЯ

Сушка харчового продукту – це один з найбільш складних процесів термообробки, оскільки в її процесі змінюється агрегативний стан води в об'єкті, змінюються властивості самого продукту, а іноді і його форма. Механізм зневоднення при сушінні базується на наукових засадах тепломасопереносу при фазових переходах і на теорії про форми зв'язку з колоїдними і капілярнопористими матеріалами. Зовнішні впливи різної фізичної природи формують у продукті поля температур ( $t$ ), тисків ( $P$ ), вологовмісту ( $U$ ). Комбінований вплив відповідних рушійних сил визначає розвиток гідродинамічних, теплових і масообмінних процесів. У зв'язку з цим, процес зневоднення вологої харчової сировини умовно поділяється на два етапи: випаровування вологи в навколишнє середовище з поверхні прикордонного шару матеріалу (зовнішній тепломасообмін) і переміщення вологи всередині продукту шляхом дифузії (внутрішній тепломасообмін). Дані щодо інтенсивності тепло- і масообміну поверхні вологого продукту з потоком сушильного агента представляються у вигляді зв'язку між числами (критеріями) подібності, які виходять з рівнянь та умов однотайності. Основне з граничних умов записується у формі конвективної масовіддачі:

$$-D \left( \frac{\partial C}{\partial n} \right)_{\omega} = \beta (C_{\omega} - C_f) \quad (1)$$

і містить коефіцієнт масовіддачі  $\beta$ , величина якого і визначає інтенсивність масообміну поверхні вологого продукту з потоком сушильного агента. Значення вмісту вологи в сушильному агенті  $\frac{c}{\omega}$  і градієнта концентрації  $(dc \phi n)$   $\omega$  по нормалі до поверхні беруться на самій поверхні вологого тіла. Коефіцієнт  $\beta$  входить до вихідного числа Нуссельта

$$Nu_m = \frac{\beta d}{D}, \quad (2)$$

величина якого залежить від визначальних чисел Рейнольдса  $Re = \frac{\omega d}{\nu}$ ,

Прандтля  $Pr = \frac{\nu}{a}$  та ін.

У наведених рівняннях взаємний вплив процесів переносу імпульсу, маси і теплоти враховується залежністю кінетичних коефіцієнтів від потенціалів переносу.

У процесах конвективного сушіння різних харчових продуктів загальна кількість вологи, що видаляється, визначається параметрами сушильного агента (витратою, температурою і вологовмістом) і пропорційним зниженням вмісту вологи висушеного продукту.

Перший період сушіння  $du_1/dt = const$  протікає при постійних швидкості сушіння і температурі «мокрого» термометра  $T_m = const$  до тих пір, поки в поверхневому шарі міститься вільна волога. Її випаровування з поверхні тіла відбувається з постійною швидкістю і при постійній температурі. У міру зменшення вмісту у вологому тілі вільної вологи швидкість її надходження в поверхневий шар поступово знижується. Зміст вільної вологи в поверхневому шарі зменшується і в деякий момент часу стає рівним нулю. З цього моменту починається другий період сушіння, в якому відбувається поглиблення поверхні випаровування вільної вологи. Між поверхнею випаровування і поверхнею тіла утворюється зона сушіння, з якої випаровується волога.

У другому періоді сушіння з поступовим зменшенням швидкості сушіння температура тіла зростає. При цьому середній вологовміст зменшується, прагнучи до рівноважного по відношенню до навколишнього повітря, а температура тіла підвищується, наближаючись до температури повітря.

В даний час накопичений великий експериментальний і теоретичний матеріал з кінетики і каталізу фізико-хімічних, біохімічних, структурних та інших перетворень, які відбуваються під впливом теплоти як в органічному, біологічному, так і неорганічному компонентах харчових продуктів. Кінетика переходу термочутливих компонентів з нативного стану в активований комплекс визначається законами кінетики хімічних реакцій. Швидкість розглянутих процесів визначається за рівнянням Ейрінга або за рівнянням Арреніуса. При отриманні математичної моделі допустимих температурних режимів сушіння на основі закономірностей кінетики фізико-хімічних змін до термолабільних компонентів доцільно виходити з положень середньоінтегральних значень часу сушіння.