

О. Мельник,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів,
Національний університет харчових технологій

МЕХАНІЗМ НАБУХАННЯ ТА ОПТИМАЛЬНА КОНЦЕНТРАЦІЯ КРОХМАЛЮ В РОЗЧИНІ

Консистенція багатьох харчових продуктів (зернові сніданки, снеки, майонези, соуси, супи, кетчупи) залежить від функціональних властивостей крохмального клейстеру. В певній мірі на консистенцію таких продуктів здійснює вплив структура клітинних стінок, міжклітинні сили зчеплення, а також концентрація крохмалю у розчині.

Крохмальне зерно при нагріванні у воді змінює структуру і ця зміна проходить через різні фази. Дослідженню механізму набухання різних типів крохмалів приділяють багато уваги, оскільки саме цей процес зумовлює утворення продукту необхідної структури, яка є вирішальним фактором у виробництві високоякісних продуктів харчування.

Для визначення процесів, які відбуваються під час набухання, застосовують хімічні і фізичні методи досліджень, але практично не приділяють уваги визначенню оптимальної концентрації крохмалю по відношенню до розчинника.

Крохмалі одного виду та їх модифіковані похідні проходять аналогічні фази набухання, але кожен з них буде мати свій температурний і кінетичний режим набухання, тому слід приділити основну увагу встановленню оптимальних концентрацій крохмалю, та вивченню деяких аспектів процесу набухання. Для цього ми використовуємо два методи: метод вільних крутильних коливань маятника та діелектричний метод.

Метод вільних крутильних коливань маятника базується на визначенні параметрів затухаючих коливань, які здійснює крутильний маятник під дією квазіпружних сил, тобто сили пружності і сили тертя. Сила тертя виникає між маятником рухомою системою, яка занурена в пробірку з розчином крохмалю, і самим розчином. Слід зазначити, що не всі методи є ефективними і чутливими для дослідження крохмальних клейстерів. Для одних \square це непрозора система, інші зондують лише поверхню, а ще інші діють тільки на окремі підсистеми, тобто на полярні групи молекул, або диполі. Виходячи з цього ми вважаємо, що механічне поле, яке ми прикладаємо до досліджуваної системи при низьких частотах (1Гц) буде діяти на всі підсистеми крохмалю та розчинника. Це дозволить нам зафіксувати інтегральну характеристику затухаючих коливань, і на концентраційних залежностях визначити оптимальну концентрацію. Функціональна схема крутильного маятника показана на рис. 1.

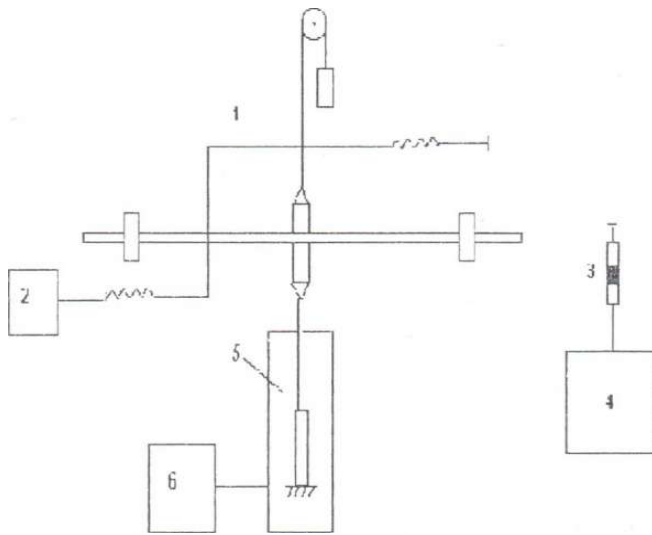


Рис.1. Функціональна схема крутильного маятника.

- 1 – вимірювальна голівка;
- 2 – генератор низької частоти;
- 3 – фоторезистор;
- 4 – самописець типу КСТ-4;
- 5 – термокріокамера;
- 6 – регулятор температури.

Даним методом досліджувалися два типи крохмалів: картопляний та кукурудзяний. Структуру цих нативних крохмалів змінювали двома способами: кислотний гідроліз, зшивання крохмальних ланцюгів.

Дані дослідження модифікованих крохмалів наведені на рис. 2-3.

З отриманих залежностей на рисунках ми бачимо, що вони носять нелінійний характер. Чітко прослідковуються близькі до лінійних залежностей ділянки кривих, що відповідають малим та великим концентраціям крохмалю. Між ними існує точка перегину, проекція якої на концентраційну вісь і характеризує, за нашими уявленнями, оптимальну концентрацію для даного крохмалю.

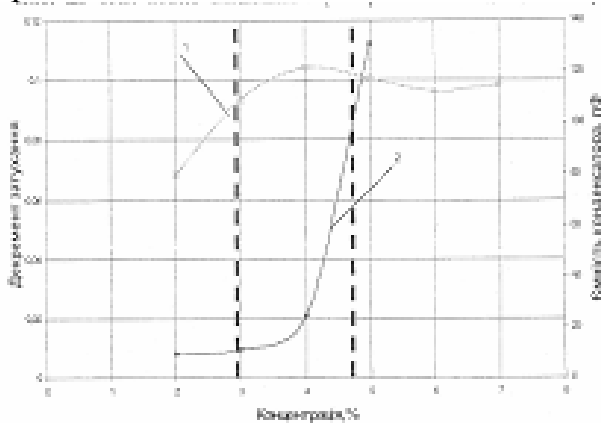


Рис. 2. Дослідження процесів набухання кукурудзяного крохмалю.

- 1 – залежність ємності конденсатора від концентрації клейстеру ацетильованого дикрохмаль адипату восковидної кукурудзи;
- 2 – залежність декременту затухання від концентрації крохмального клейстеру.

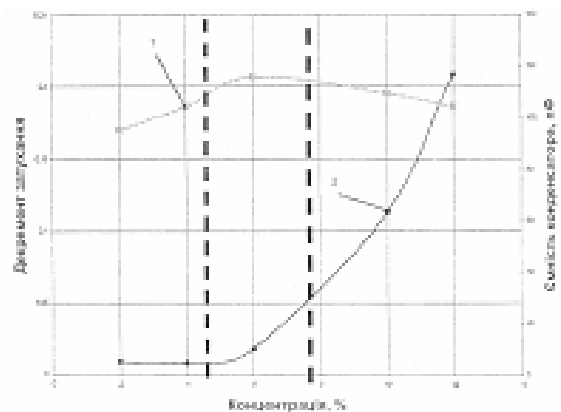


Рис. 3. Дослідження процесів набухання картопляного крохмалю.

- 1 – залежність ємності конденсатора від концентрації клейстеру кислотномодифікованого крохмалю;
- 2 – залежність декременту затухання від концентрації крохмального клейстеру.

Виходячи з сучасних уявлень про процес набухання крохмалю у воді, концентраційну криву можна поділити на три області (як показано на рис. 2-3). Так, у першій області зерна крохмалю стають кулеподібними мішечками, з яких вимито все, що може розчинятися у воді. Вони знаходяться далеко одне

від одного і практично не взаємодіють між собою, оскільки розділені шаром води.

В III області зерна крохмалю не набухають повністю за відсутності достатньої кількості розчинника. Вони щільно дотикаються одне до одного, хоча не виключено, що поверхні їх розмежовані і дуже неоднорідні. Тому дана система стає дуже в'язкою, що призводить до різкого збільшення логарифмічного декременту затухання.

На нашу думку оптимальну концентрацію слід визначати в другій області. В даній області зерна крохмалю повністю набухли, і тільки тангенціально доторкаються одне до одного. Цей стан і буде характеризувати область оптимальної концентрації

Діелектричний метод дозволяє визначити діелектричні властивості речовин. В даному параграфі ми обмежимося визначенням ємності конденсатора.

Відомо, що ємність конденсатора залежить від діелектричних властивостей середовища, що заповнює простір між обкладками конденсатора. Таким середовищем є набухлий крохмаль. Якщо змінювати концентрацію крохмалю, то буде змінюватися його діелектрична проникність ϵ , а також буде змінюватися і ємність конденсатора C , яка пропорційна до ϵ . Концентраційні криві носять яскраво виражений екстремальний характер. Якщо співставити діелектричні і механічні криві відповідних крохмалів, то максимуми на діелектричних кривих співпадають з точками перетину на механічних кривих. Тому ми вважаємо, що максимуми кривих дають можливість визначити оптимальну концентрацію крохмалю.

Результати визначення діелектричної проникності практично співпадають з даними по визначенню оптимальної концентрації. Якщо механічне поле зондує всі підсистеми складної набухлої макромолекули біополімеру, яким є крохмаль, то електричне поле зондує диполі і їх перебудову. Тому нелінійні криві і максимум на них свідчать про дипольні зміни в процесі набухання. Максимально поляризованих молекул в клейстері стає найбільше при концентрації крохмалю, що відповідає оптимуму. Дана концентрація крохмалю відноситься до II області. В третій області спостерігається часткове зниження ємності конденсатора C , що свідчить про втрату частини дипольних моментів в результаті їх компенсації.

Максимуми на механічних та діелектричних кривих (рис.2-3) дають можливість визначити оптимальну концентрацію крохмалю у розчині, яка для наших крохмалів відповідно становить:

- ацетильований дикрохмаль адипат восковидної кукурудзи – 4,0%;
- кислотно-модифікований картопляний крохмаль ОПВ-1– 8,0%.

Процес кислотного гідролізу призводить до утворення продуктів з більш високим співвідношенням лінійних молекул, які мають меншу здатність до гідратації та утворення клейстеру. Тому для отримання продукту з необхідною структурою (високопрозорий і желеподібний студень), кислотно-модифікованого крохмалю потрібно вносити у кількості 8,0%.

Для ацетильованого дикрохмаль адипату восковидної кукурудзи при збільшенні концентрації крохмалю, в'язкість різко зростає, за рахунок зшивання крохмальних ланцюгів і утворення просторової сітки. Ацетилювання крохмалю також призводить до розриву водневих зв'язків і утворення нових реакційних центрів гідратації. Тому такі модифіковані крохмалі швидко набухають і утворюють клейстери з короткою текстурою, стійкі до заморожування-розморожування, які при зберіганні не розшаровуються.

Діапазон значень оптимальних концентрацій, при яких утворюються перкуляційні містки між набухлими зернами (перкуляційні містки – точки, в яких відбувається дотикання однієї крохмальної молекули до іншої), є тими межами, за якими різко змінюються механічні властивості та в'язкість, визначення якої є особливо цінним в технології виготовлення харчоконцентратних продуктів.

Список літератури:

1. Бартенев, Г. М. Фізика полимеров / Г. М. Бартенев, С. Я. Френкель. – Л.: Химия, 1996. – 432 с.
2. Бачурская, Л. Д. Пищевые концентраты / Л. Д. Бачурская, В. Н. Гуляев. – М. : Пищевая пром-сть, 2006. – 362 с.
3. Теплофизические измерения и приборы / Платунов Е. С. и др. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
4. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер. – М.: Химия, 1968. – 527 с.