

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАБУХАЮЧИХ ВИДІВ КРОХМАЛЮ

Пічкур В.Я., аспірант, Лисий О.В., аспірант, Грабовська О.В. д-р техн. наук, професор,  
Ковбаса В.М., д-р техн. наук, професор  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*У статті наведено результати досліджень основних фізико-хімічних властивостей зразків набухаючого крохмалю, отриманого шляхом модифікації нативного крохмалю різного походження: картопляного, татіокового, кукурудзяного та пшеничного. Проаналізовано залежність розчинності, вологоутримувальної здатності та реологічних показників від способу отримання набухаючого крохмалю. Наведено порівняльну характеристику технологічних показників набухаючих видів крохмалю, виготовлених шляхом екструзії та в умовах вальцевої сушарки.*

*The article contains research of the main physicochemical parameters of the swelling starches produced by modification of different native starch, namely potato, tapioca, corn and wheat kinds. The dependence of solubility, water-retaining capacity and rheological parameters from the method of obtaining swelling starch was analyzed. Comparative characteristic of the technological parameters of the swelling kinds of starch that were produced by extrusion process and in the conditions cylindrical dryers was given.*

Ключові слова: модифікований крохмаль, набухання, екструзія, реологія, розчинність, вологоутримувальна здатність.

До асортименту виробництва продукції харчоконцентратної промисловості входять харчові концентрати десертних страв, а саме киселі, пудинги, муси, тощо. При їх виробництві широко використовуються різноманітні гідроколоїди, серед яких особливе місце посідає крохмаль різних модифікацій. Різноманітність способів модифікації крохмалю досить велика, крім того на властивості отриманого крохмалю впливає його походження, адже крохмаль, вилучений з різних рослин, відрізняється вмістом супутніх компонентів, співвідношенням амілози і амілопектину, типом кристалічності полісахаридів та ін. Тому виникає необхідність у порівняльній характеристиці фізико-хімічних властивостей модифікованого крохмалю різного походження. Результати дослідження надають можливість прогнозувати технологічну поведінку крохмалю при розробці рецептур харчоконцентратів десертних страв.

Широкого застосування як структуроутворювач та наповнювач з високою вологоутримувальною здатністю набув набухаючий крохмаль. До цієї групи модифікованого крохмалю відносять крохмаль, отриманий шляхом волого-термічної обробки крохмальної суспензії за високої температури або внаслідок екструзійного оброблення. Цей вид модифікації надає крохмалю підвищеної здатності до гідратації та набухання у холодній воді. Для визначення впливу способу обробки на технологічні властивості набухаючого крохмалю дослідили вологоутримувальну здатність і розчинність крохмальних суспензій та клейстерів. Результати реологічних досліджень дають можливість характеризувати структуроутворювальні властивості даних видів крохмалю.

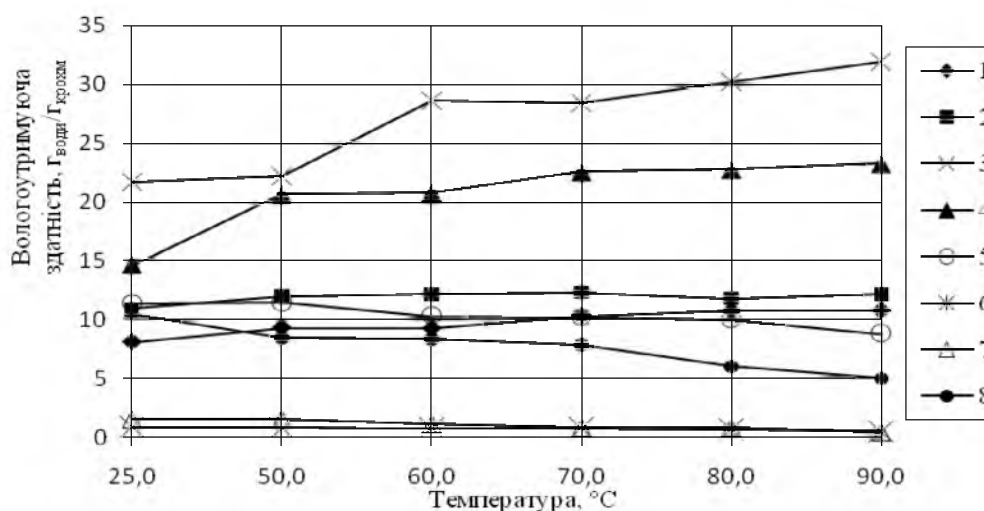
Відомо, що здатність зерен крохмалю різного походження до набухання і клейстеризації залежить від температури. Порівняно з набухаючими видами крохмалю, нативний крохмаль має більшу вологоутримувальну здатність при нагріванні його до температури клейстеризації і вище. Проте, набухаючий крохмаль має високу здатність до зв'язування води вже при кімнатній температурі, що дозволяє виключити процес термічної обробки при приготуванні страви, крім того, після модифікації змінюються реологічні показники клейстерів.

З літературних джерел відомо [2, 3], що для нативного крохмалю різного походження різке збільшення ступеня набухання відбувається при нагріванні суспензії до певної температури (температура клейстеризації), значення якої лежать в широких межах. Це пояснюється різним походженням, складом та структурою крохмальних зерен. Наприклад, зерна картопляного і татіокового крохмалю мають розміри 50-80 мкм і тип кристалічності В, що означає більший вміст зв'язаної води в структурі полісахаридів. Середній розмір зерен кукурудзяного і пшеничного крохмалю становить 36-40 мкм, а структура кристалічності полісахаридів належить до типу А. Ці дані свідчать про різну здатність поглинати вологу зернового і бульбового тинів крохмалю. Важливим чинником, що впливає на здатність утримувати вологу та утворювати структуру, є співвідношення у складі крохмалю амілози й амілопектину та ступінь полімеризації полісахаридів. Відомо [4, 5], що більший вміст амілопектину з високим ступенем полімеризації у

картопляному, тапіоковому та кукурудзяному амілопектиновому видах крохмалю, які мають високу вологоутримувальну здатність, а їх клейстери характеризуються високою в'язкістю.

Набухаючий крохмаль отримували у лабораторії двома способами: шляхом екструзійного оброблення нативного крохмалю та в умовах вальцевої сушарки. Для надання підвищеної водопоглинальної здатності суспензію крохмалю сушили в тонкому шарі між двома поверхнями, нагрітими до температури 140-160 °С до повного видалення вологи. Для визначення особливостей набухаючих видів картопляного, тапіокового, кукурудзяного та пшеничного крохмалю було проведено порівняльне дослідження ступеня набухання та розчинності зразків за різних температур.

Для дослідження цих видів крохмалю, отриманих різними способами, використали метод Шоха [2], який передбачає приготування крохмальної суспензії, витримання її протягом 30 хв на водяній бані з подальшим центрифугуванням. Розчинність визначали шляхом висушування до сталої маси надосадового розчину, а ступінь зв'язування води – шляхом зважування осаду після центрифугування протягом 10 хв при частоті обертання барабану 2500 об/хв. Криві, які характеризують вологоутримувальну здатність і розчинність досліджуваного крохмалю за різних температур, зображені на рис. 1 і рис. 2.

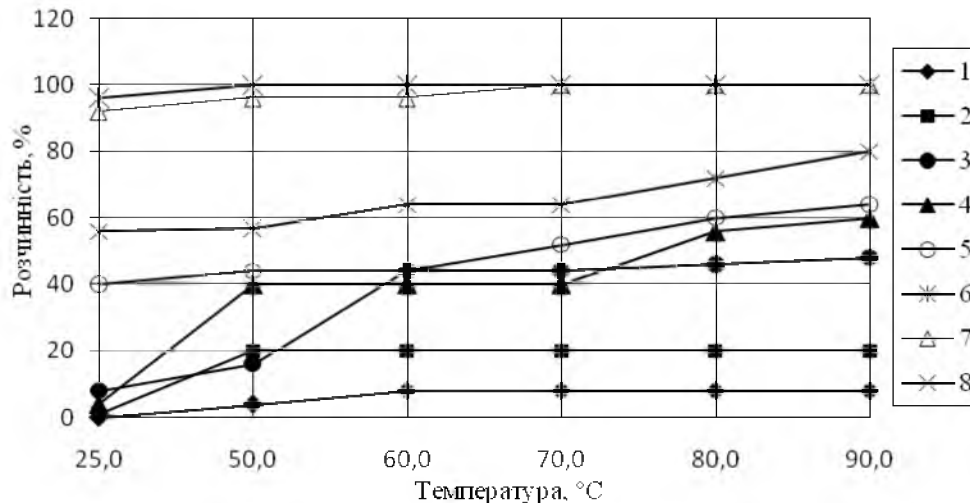


1 – кукурудзяний вальцевої сушки; 2 – пшеничний вальцевої сушки; 3 – картопляний вальцевої сушки; 4 – тапіоковий вальцевої сушки; 5 – пшеничний екструдований; 6 – тапіоковий екструдований; 7 – картопляний екструдований; 8 – кукурудзяний екструдований

**Рис. 1 – Здатність набухаючих видів крохмалю різного походження зв'язувати воду в залежності від температури**

За даними рис. 1 здатність набухаючих видів крохмалю різного походження зв'язувати воду в залежності від температури суттєво різняться: для екструдованих зразків пшеничного та кукурудзяного крохмалю характерний більший ступінь вологоутримання та спостерігається його зменшення з підвищенням температури порівняно з екструдованими зразками картопляного і тапіокового крохмалю. Різниця вологоутримувальної здатності та розчинності між екструдованими видами крохмалю зернових та коренеплідних пояснюється складом і структурою вихідних нативних крохмальних зерен. У зв'язку з тим, що зерновий крохмаль має дещо більший вміст амілози, яка зв'язана з ліпідами у комплекси, в процесі екструзії він не піддається повній деструкції, що призводить до зменшення кількості водорозчинних речовин, а також до більшого ступеня набухання порівняно з екструдованими зразками картопляного і тапіокового видів крохмалю.

З аналізу кривих, представлених на рис. 2, видно, що здатність набухаючих видів крохмалю різного походження розчинятись у воді в залежності від температури також суттєво різняться: екструдовані картопляний та тапіоковий крохмаль майже повністю розчиняються (диспергуються по всьому об'єму розчину та практично не осаджуються центрифугуванням) уже при кімнатній температурі, а зі збільшенням температури до 40-50 °С розчинність досягає 100 %. Це можна пояснити тим, що в процесі екструзії внаслідок волого-термічного та механічного впливу на крохмаль відбувається руйнування нативної структури крохмалю і утворення великої кількості водорозчинних декстринів. Тому з підвищенням температури суспензії відбувається перехід цих високомолекулярних речовин у розчин.



1 – кукурудзяний вальцевої сушки; 2 – пшеничний вальцевої сушки; 3 – картопляний вальцевої сушки; 4 – татіоковий вальцевої сушки; 5 – пшеничний екструдований; 6 – татіоковий екструдований; 7 – картопляний екструдований; 8 – кукурудзяний екструдований

**Рис. 2 – Здатність набухаючих видів крохмалю різного походження розчинятись у воді в залежності від температури**

Оброблені в умовах вальцевої сушарки картопляний та татіоковий види крохмалю мають більший ступінь набухання та розчинності порівняно з пшеничним та кукурудзяним цієї ж модифікації. В процесі нагрівання ступінь набухання та розчинності збільшується в усіх зразках, проте в зразках зернового крохмалю (кукурудзяного і пшеничного) після 40-50 °C він практично не змінюється, а у зразках картопляного та татіокового ці показники зростають зі збільшенням температури до 50-60 °C, а далі залишаються майже на одному рівні. Дані результати ще раз підкреслюють різницю у структурі та складі крохмальних зерен нативного крохмалю різного походження, які визначають технологічні властивості модифікованого крохмалю.

Слід відмітити різницю між властивістю розчинятись екструдованого крохмалю і обробленого в умовах вальцевої сушарки (рис. 2). Так, екструдовані види крохмалю мають найбільшу здатність до розчинення як у холодній воді, так і при подальшому нагріванні, значно меншу розчинність мають зразки крохмалю, отримані в умовах вальцевої сушарки, і максимум їх розчинення досягається лише при підвищених температурах.

Велика різниця між здатністю розчинятись і зв'язувати вологу між екструдованим крохмалем та обробленим в умовах вальцевої сушарки пояснюється різним ступенем їх деструкції в процесі оброблення. Так, при екструзійному обробленні крохмаль, крім впливу температури та тиску, зазнає ще й механічної дії, що призводить до значного руйнування структури нативного зерна крохмалю та деструкції полісахаридних ланцюгів. На відміну від екструдованих, зразки крохмалю вальцевого сушіння зазнають меншого руйнування і зміни структури макромолекул під час їх отримання. Структурна оболонка зерна даного крохмалю при обробці повністю руйнується, відбувається видалення зв'язаної води, що призводить до збільшення здатності полісахаридів до набухання в холодній воді.

Визначення реологічних показників дослідних зразків набухаючого крохмалю проводили за допомогою віскозиметра «Реотест-2» [1]. Для проведення реологічних досліджень було приготовлено дві серії зразків суспензії набухаючого крохмалю об'ємом по 50 мл із вмістом сухих речовин 5 % при температурі 18 °C. Зразки першої серії після приготування одразу піддавалися дослідженню, другої – попередньо були нагріті на водяній бані до температури 90 °C, після чого охолоджувалися до кімнатної температури і лише потім досліджувалися.

При опрацюванні експериментальних даних, знятих з віскозиметра, були побудовані повні реологічні криві в'язкості та плинності [1]. З отриманих кривих визначено реологічні параметри в'язкості та міцності системи. Для порівняння та характеристики клейстеру, утвореного набухаючим крохмалем, обрано значення  $P_m$  (Па), що характеризує міцність утвореного структурного каркаса.

Як видно з гистограми (рис. 3), екструдовані зразки татіокового, картопляного, кукурудзяного крохмалю утворюють клейстер міцністю  $200 \pm 10$  Па при температурі 18 °C. Міцність клейстеру пшеничного екструдованого крохмалю нижча і становить близько 100 Па. Якщо ж клейстер нагріти до температури 90 °C, потім охолодити до кімнатної температури (18 °C), то міцність отриманої структури збільшується в усіх зразках без винятку до  $250 \pm 20$  Па.

Міцність структури клейстеру зразків тانیокового і картопляного крохмалю, отриманих за допомогою вальцевої сушарки, становить 1000 Па і 1400 Па відповідно (при температурі 18 °С), а міцність клейстеру зернових видів набухаючого крохмалю близька до нуля. При попередньому нагріванні суспензії і подальшому охолодженні міцність клейстеру картопляного і тانیокового крохмалю зростає майже в 2 рази – до 2500 Па. Структура кукурудзяного і пшеничного зразків за аналогічних умов змінюється незначно.

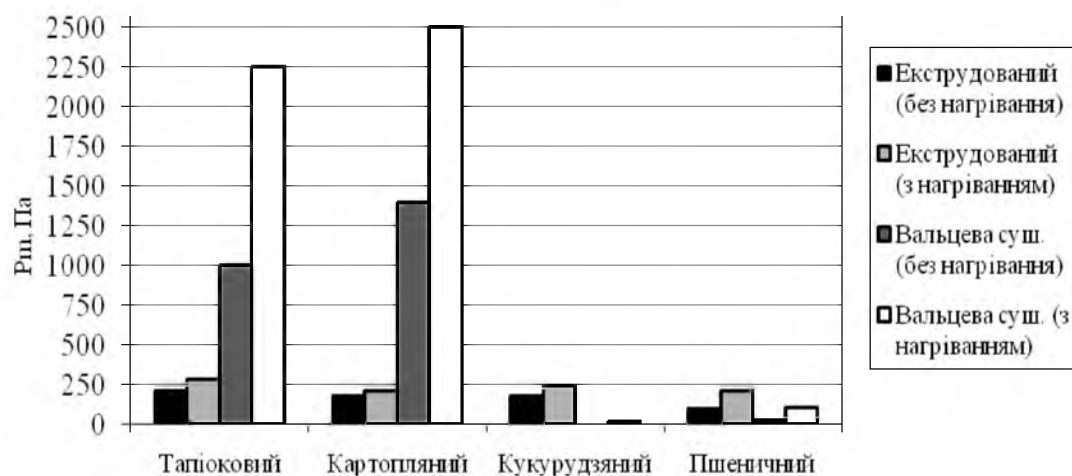


Рис. 3 – Гістограма міцності утвореного структурного каркасу  $P_m$ , Па в залежності від виду набухаючого крохмалю

Як видно з гістограми (рис. 3), міцність структурного каркаса майже не змінюється і є практично однаковою для екструдованих картопляного і тانیокового крохмалю як при холодному приготуванні, так і при гарячому, проте для кукурудзяного та пшеничного крохмалю при холодному способі отримання клейстеру вона значно нижча. Тобто, екструдовані зернові зразки крохмалю після нагрівання утворюють більш міцну структуру, міцність якої забезпечується, на наш погляд, більш повним диспергуванням амілози. З даних діаграми можна зробити висновок, що клейстери, отримані методом гарячого приготування, потребують практично однакової напруги зсуву для процесу руйнування і, відповідно, більшої ніж та, яка потрібна для руйнування зразків, отриманих шляхом холодного приготування. Міцність структури клейстерів, отриманих методом гарячого приготування, фактично не залежить від природи крохмалю, що можна пояснити однаково повним розчиненням зразків при високих температурах.

З отриманих реологічних показників для екструдованого крохмалю різного походження встановлено, що даний вид модифікації має досить низьку в'язкість та міцність надмолекулярних структур. У екструдованих тانیокового та картопляного видів крохмалю спостерігається більша в'язкість системи порівняно з екструдованими пшеничним та кукурудзяним, проте міцність надмолекулярних зв'язків більша в екструдованих зернових видів крохмалю і у зразків, отриманих шляхом гарячого приготування.

Міцність структурних зв'язків, які виникають між окремими молекулами крохмального клейстеру в процесі структуроутворення та руйнування при збільшенні напруги зсуву, значно більша для видів крохмалю, обробленого в умовах вальцевої сушарки. Тобто, ці види крохмалю, а саме картопляний та тانیоковий мають найбільшу в'язкість і міцність системи. Це можна пояснити різною структурою та складом цих видів крохмалю, а також процесами, які відбуваються при їх виробництві, також вони корелюють з отриманими результатами щодо ступеня вологоутримання та розчинності.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що екструдовані види крохмалю мають необхідні технологічні властивості для використання їх у продуктах, де необхідно забезпечити високий вміст сухих речовин при рідких консистенціях (супи, приправи, киселі, інстант-напої), завдяки тому, що вони мають більшу розчинність та низьку в'язкість клейстерів. В якості наповнювача таких продуктів як пудинги, муси, креми, де є необхідність утворення міцної структури та забезпечення вологоутримання, доцільно використовувати модифікований набухаючий крохмаль, отриманий за допомогою вальцевого сушіння суспензії картопляного та тانیокового видів крохмалю.

#### Література

1. Гуськов К.П., Мачихин Ю.А., Мачихин С.А., Луний Л.Н. Реология пищевых масс. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 208 с.
2. Справочник по гидроколлоидам / Филипс Г.О., Вильямс П.А., (ред.). Пер. с англ. Под ред. Кочетковой А.А. и Сарафановой Л.А. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.