

О.Ю. Мельник

В.М. Ковбаса, В.М. Руденко, доктори техн. наук

О.Б. Бовсуновська

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ГРУП МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ

Крохмаль — основна частина найважливіших харчових продуктів: борошна, картоплі, кукурудзи тощо. Цей полімер є сумішшю двох його різновидів — амілози та амілопектину. Особливості будови і властивостей цих складових, їхнє співвідношення в нативному крохмалі залежать від виду рослинного джерела (картопля, рис, кукурудза) і визначають головну технологічну властивість, яку нативний крохмаль виявляє у харчових системах [3]. Ця властивість полягає в здатності розчинятися під час нагрівання у воді з творенням в'язких колоїдних розчинів, які називають

клейстерами. Однак властивості таких клейстерів не завжди відповідають потрібним вимогам. Наприклад, нативні кукурудзяні крохмалі в процесі термічного оброблення утворюють слабкі, гумоподібні клейстери. Типовим для таких клейстерів є також процес синерезису — скорочення об'єму з виділенням рідкої фази внаслідок ущільнення структурної сітки. Різні фізичні, хімічні й біологічні способи оброблення нативних крохмалів дають змогу отримати модифіковані крохмалі, в яких суттєво змінюються будова і властивості, такі як гідрофільність (зокрема здатність розчинятися в холодній воді), здатність до клейстеризації і драглеутворення, стійкість до нагрівання і дії кислот.

О.Ю. Мельник, В.М. Ковбаса, В.М. Руденко,
О.Б. Бовсуновська, 2003

Модифіковані крохмалі широко використовують у харчоконцентратній промисловості як структуроутворювачі для приготування киселів, соусів, кетчупів, майонезів і супів. Вони є похідними нативного крохмалю, який пройшов стадію модифікації і використовується як харчова добавка.

Похідними крохмалю називають суміші або сполуки, в яких молекула крохмалю залишається майже цілою. Це можна простежити в процесі дослідження вуглеводного складу картопляного та кукурудзяного крохмалів різних модифікацій, а саме ацетильних і фосфатних похідних нативних крохмалів.

Ми проводили дослідження модифікованих крохмалів картоплі й кукурудзи: гідроксипропілового дикрохмальфосфату, ацетильованого дикрохмальфосфату, фосфатидного крохмалю картоплі та ацетильованого дикрохмальфосфату воскоподібної кукурудзи, які виробляються з широко культивованих культур нативного крохмалю і можуть бути застосовані для виробництва харчоконцентратів. Серед них ацетильований дикрохмальфосфат Paselli BC та ацетильований дикрохмальфосфат Prejel G200 перед модифікацією були клейстеризовані, що мало відповідний вплив на властивості отриманого продукту, на його вуглеводний склад і здатність до набухання.

Щоб дослідити структуру модифікованих крохмалів і визначити зміни у їхній структурі під час модифікації порівняно з нативними крохмалю, визначали масову частку цукрів і декстринів.

Масову частку цукрів визначали арбітражним йодометричним методом (методом Шорля) [2]. Було встановлено, що в ацетильованому дикрохмальфосфаті картоплі Prejel G200 містяться мальтоза і глюкоза у кількостях відповідно $X_m = 7,0$ % СР; $X_{глі} = 4,3$ % СР, а в ацетильованому дикрохмальфосфаті Paselli BC — $X_m = 0,52$ % СР; $X_{глі} = 0,32$ % СР. Такі результати зрозумілі, оскільки досліджувані модифіковані крохмалі попередньо пройшли процес клейстеризації, який зруйнував структуру крохмального зерна. Різниця у кількості низькомолекулярних сполук залежить від глибини клейстеризації, яку проводили перед тим, як модифікувати ці крохмалі. Утворення фрагментів меншої молекулярної маси є позитивним явищем і характеризує харчову цінність продуктів, оскільки такі фрагменти добре розчиняються у воді й легко засвоюються людським організмом.

У модифікованих крохмалю картоплі, фосфатидному та гідроксипропілому фосфатному дикрохмалі, а також в ацетильованому дикрохмальфосфаті картоплі кукурудзи таких цукрів, як мальтоза і глюкоза, не встановлено. Ці модифіковані крохмалі є полімерами зі зшитими крохмальними ланцюгами, тому утворення низькомолекулярних сполук глибокого розщеплення, яке має відбуватися за відповідних умов (високої температури, механічний вплив, дія ферментів або кислот), тут не спостерігається.

Вміст декстринів у крохмалю картоплі й кукурудзи різних модифікацій визначали методом осадження етиловим спиртом різної концентрації. Результати визначення масової частки декстринів, % СР: гідроксипропіловий дикрохмальфосфат — 1,64; ацетильований дикрохмальфосфат Paselli — 1,48; ацетильований дикрохмальфосфат Prejel — 17,68; фосфатидний крохмаль — 2,5; кукурудзяний нативний крохмаль — 0,28; ацетильований дикрохмальфосфат картоплі воскоподібної кукурудзи — 2,03.

За цими і попередніми даними з визначення масової частки цукрів можна простежити відповідність результатів: попередньо клейстеризовані крохмалі

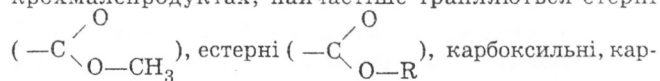
містять досить високий відсоток декстринів (до 17,7 % СР), що відповідає даним про вміст цукрів у цих крохмалю, кількість яких досить висока (до 7,07 % СР). Це можна пояснити попередньою клейстеризацією цих крохмалів.

Слід зазначити певну закономірність: кількість цукрів і декстринів у крохмалю прямо пропорційна глибині клейстеризації вихідного продукту та температурі, при якій відбувався процес попередньої клейстеризації ацетильованих дикрохмальфосфатів картоплі. Інші крохмалі (ацетильований дикрохмальфосфат картоплі, воскоподібної кукурудзи, фосфатидний крохмаль, гідроксипропіловий дикрохмальфосфат) також містять певну кількість декстринів. Оскільки ацилювання, фосфатування та окиснення нативних крохмалів відбуваються при підвищених температурах (45–90 °С), то можна припустити, що в процесі модифікації проходить незначне розщеплення полімерних ланцюгів з утворенням низькомолекулярних сполук, зокрема цукрів і декстринів.

Результати дослідження свідчать про те, що модифіковані крохмалі, які не пройшли стадію попередньої клейстеризації, майже не змінюють своєї структури. Вони не зазнають розщеплення, хоча утворення низькомолекулярних продуктів (цукрів і декстринів) є позитивним явищем під час перетравлювання харчових продуктів травною системою людського організму. Однак слід зазначити, що глибоке розщеплення полімерних ланцюгів крохмалю може призвести до утворення низькомолекулярних сполук, фізико-хімічні властивості яких значно відрізнятимуться від властивостей модифікантів, оскільки розщеплені крохмалі в процесі виробництва утворюють клейстери низької в'язкості та прозорості, що є небажаним у технологічному плані для виробництва киселів, лудингів і майонезів.

Оскільки модифіковані крохмалі використовують як загущувачі, стабілізатори, драглеутворювачі, то процес декстрино- і цукроутворення має проходити до певної глибини.

Серед функціональних груп, що містяться в крохмалепродуктах, найчастіше трапляються етерні



бонільні групи, які значною мірою впливають на засвоюваність крохмалю людським організмом. Збільшення вмісту функціональних груп у модифікованих крохмалю спричиняє зростання кількості зшитих ланцюгів, зменшує атакованість крохмальної молекули ферментами і це, у свою чергу, сповільнює засвоюваність продукту.

Досліджуючи структуру модифікованих крохмалів, визначали масову частку естерних груп методом омилення з наступним титруванням вивільненої кислоти [1]. Результати визначення масової частки естерних груп, % СР: ацетильований дикрохмальфосфат Paselli — 0,693; ацетильований дикрохмальфосфат картоплі кукурудзи — 0,489; фосфатидний крохмаль — 0,092; ацетильований дикрохмальфосфат Prejel — 0,478; гідроксипропіловий дикрохмальфосфат — 0,051.

Результати дослідження свідчать про те, що модифіковані крохмалі містять незначну кількість естерних груп — вона не перевищує 0,7 % у перерахунку на сухі речовини. Кількість функціональних груп, приєднаних до ланцюга крохмальної молекули, залежить від умов модифікації (температури, кількості реагенту, концентрації крохмалю) і від потреби отримання того чи іншого ступеня зшивання.

Порівнюючи крохмалі картоплі та воскоподібної кукурудзи, можна зазначити, що сила набухання крохмальних гранул картоплі значно перевищує силу

набухання крохмалів інших типів, тому утворення поперечних зв'язків саме в структурі картопляного крохмалю забезпечує стабільність гранул під час використання його в процесі виробництва. Отже, досить низька кількість утворених зв'язків у молекулах нативного крохмалю ($< 0,1$ % СР) не гарантує цілісності гранул в процесі виробництва при підвищених температурах, тоді як надмірна кількість зв'язків ($> 0,8$ % СР) не дає змоги досягнути оптимальних параметрів набухання, оскільки утворені зв'язки перешкоджають проходженню води до глюкозидних ланцюгів. Правильний вибір ступеня зшивання під час виробництва модифікованих крохмалів дасть змогу регулювати гладкість поверхні крохмального клейстеру і, відповідно, реологічні характеристики різних харчових продуктів.

Низький вміст естерних груп у структурах модифікованих крохмалів сприяє кращій засвоюваності відповідних продуктів, робить молекули крохмалю реакційноздатнішими, а також не потребує високих енергетичних затрат у процесі перетравлювання їжі.

Висновки. Таким чином, різні види модифікацій нативних крохмалів сприяють формуванню нових властивостей, що суттєво розширює можливості використання їх у харчових технологіях.

Харчові модифіковані крохмалі — небезпечні добавки, дозування яких регламентується технологічними нормами. Критерії чистоти включають показники, що обмежують вміст арсену, домішок відповідних хімічних реагентів, а також показники, що характери-

зують максимально допустимий рівень вмісту введених при модифікації функціональних груп (ацетильних, фосфатних, карбоксильних)..

У дослідженнях модифікованих крохмалів особливу увагу слід приділити впливу різних модифікацій їх на шлунково-кишковий тракт, тобто ступінь заміщення не повинен перевищувати допустимих значень. В процесі проходження через органи травлення від крохмале-продуктів не повинні відщеплюватися речовини, шкідливі для здоров'я людини. Не допускається, щоб модифікації знижували засвоюваність крохмалю. Ця проблема потребує особливих досліджень, оскільки більшість крохмалів, які використовуються в харчовій промисловості, — це зшиті полімери, в яких кількість поперечних зв'язків обернено пропорційна ступеню засвоювання відповідного продукту людським організмом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Керр В. Р. Химия и технология крахмала. — М.: Пищепромиздат, 1956. — 579 с.
2. *Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств* / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичев и др.; Под ред. Л.П. Ковальской. — М.: Агропромиздат, 1991. — 335 с.
3. *Химия и технология крахмала* / Под ред. Л. Роя, Уистлера и Эжена Ф. Пошаля / Пер. с англ. под. ред. Н.Н. Трегуба. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. — 360 с.

Надійшла до редколегії 15.01.02 р.