

Одержання харчових гідроколоїдів шляхом біоконверсії крохмалю у полі НВЧ

О.М. Деменюк, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології цукру та підготовки води, Національний університет харчових технологій

О.В. Грабовська, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології цукру та підготовки води, Національний університет харчових технологій

Удосконалено технологію виробництва гідроколоїдів ферментативної модифікації крохмалю шляхом застосування електромагнітного випромінювання надвисокої частоти.

Ключові слова: ферментативний гідроліз, мальтодекстрини, драглеутворення, термореверсивні драгли, мікрохвильове випромінювання.

Усовершенствована технология производства гидроколлоидов ферментативной модификации крахмала путём применения электромагнитного излучения сверхвысокой частоты. Установлены оптимальные технологические параметры процесса биоконверсии крахмала в поле СВЧ.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, мальтодекстрины, geleобразование, термореверсивные гели, микроволновое излучение.

Technology of production of hydrocolloids of enzymatic modification of starch is improved by application of electromagnetic radiation of ultrahigh-frequency. The optimal technological parameters of process of bioconversion of starch are set in the field of ultrahigh-frequency.

Key words: enzymatic hydrolysis, maltodextrins, gel-formation, termoreversible gel, microwave radiation.

Гідроколоїди – досить широка група інгредієнтів, які додають у харчові продукти з метою надання бажаної в'язкості або консистенції, а також з метою стабілізації харчових дисперсних систем (емульсій, суспензій і т.д.). До гідроколоїдів належать речовини трьох функціональних класів – загущувачі, драглеутворювачі і стабілізатори, які в окремих випадках слугують емульгаторами [1]. На відміну від інших груп харчових добавок, роль гідроколоїдів в харчових системах не обмежується лише технологічними функціями. Більшість з них є фізіологічно функціональними (корисними для здоров'я) інгредієнтами. Крім того, завдяки їхнім властивостям, стало можливим створення низькокалорійних продуктів зі збереженням органолептичних характеристик їх традиційних аналогів.

До таких гідроколоїдів належать і продукти біоконверсії

крохмалю, а саме ферментативного розріджування крохмалю – мальтодекстрини [2]. Часткова заміна жирів у харчових продуктах можлива при використанні гідроколоїдів, здатних розчинятися у воді з утворенням стабільних термореверсивних драглів, що мають властивості плавитися при нагріванні та тверднути при охолодженні подібно до тваринних жирів. Такі драгли можуть бути утворені мальтодекстринами з низьким ступенем гідролізу (глюкозний еквівалент 5...8%), достатнім для одержання м'яких, пластичних драглів. Нове покоління замінників жиру створене з метою більш точної передачі у кожному конкретному випадку властивостей жирів та масел [3].

Основою класичної технології виробництва мальтодекстринів є ферментативний гідроліз, а точніше його перша стадія – розріджування, картопляного або кукурудзяного крохмалю. Осо-

бливістю цієї технології є необхідність забезпечення в процесі гідролізу із застосуванням бактеріальної α -амілази повноти клейстеризації крохмальних зерен і недопущення ретроградації крохмалю (утворення нерозчинних конгломератів). Гідроліз здійснюється поступовим нагріванням крохмальної суспензії з ферментом до температури на декілька градусів нижче за температуру клейстеризації крохмалю (59°C) і витриманням 15–20 хв, та подальшим підігрівом з постійною швидкістю підвищення температури 1,5°C/хв до 100°C. При цьому білкові речовини, а також ферментативний білок коагулюють і випадають у вигляді пластівців. Після сепарування продукт можна зневоднювати у розпилювальній сушарці, виморожувати або використовувати у вигляді гелю. З наведеного режиму видно, що спочатку відбувається набухання крохмальних

ТЕХНОЛОГІЇ

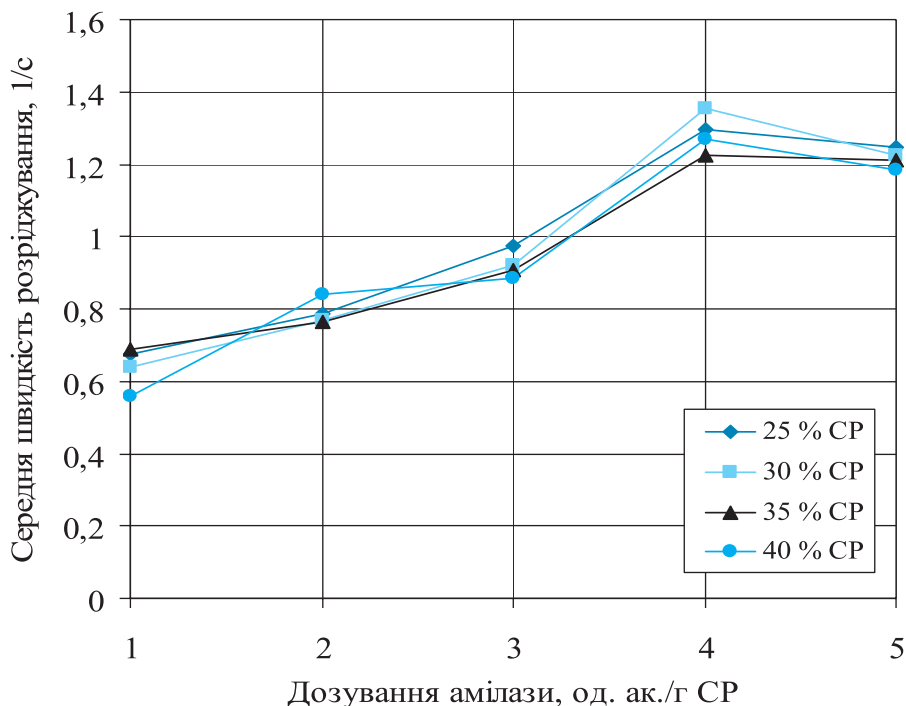


Рис.1. Залежність середньої швидкості гідролізу суспензій кукурудзяного крохмалю різних концентрацій від кількості доданого ферменту

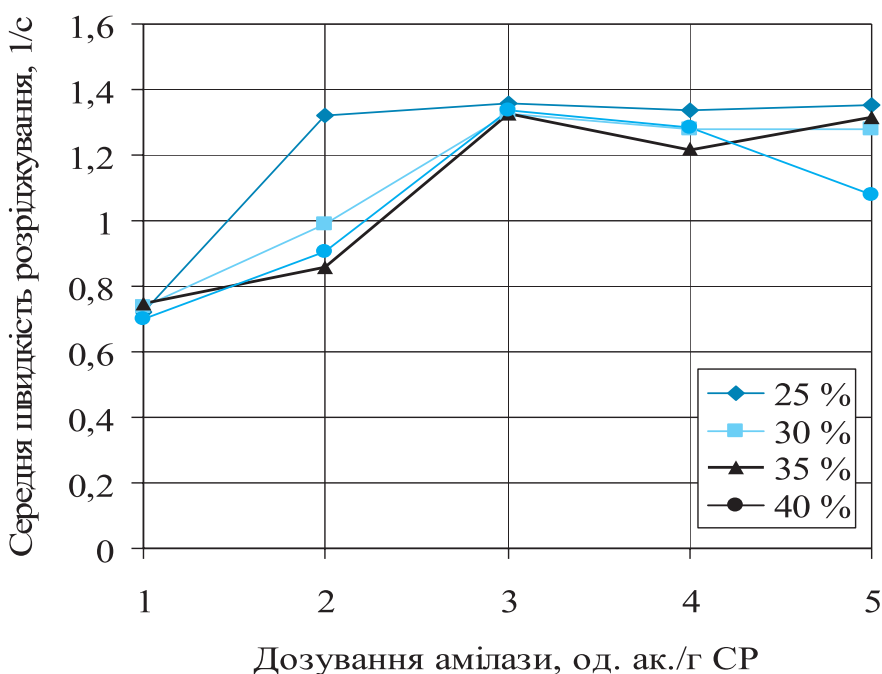


Рис.2. Залежність середньої швидкості гідролізу суспензій картопляного крохмалю різних концентрацій від кількості доданого ферменту

зерен, потім гідроліз крохмалю, при чому крохмаль, який перейшов у розчин розщеплюється ферментом значно швидше, ніж той, що залишається у твердій фазі. В даному випадку, поряд з гомогенним гідролізом відбувається гетерогенний. Завдяки двом різноманітним формам фізичного стану субстрату, ферментативне розщеплення призводить до одержання продуктів гідролізу з наступним розподілом молекул за розміром: глю-

кози – менше 0,3%, олігосахаридів – 15%, високомолекулярної фракції – 65...68% [4].

Метою роботи було дослідження та удосконалення біоконверсії крохмалю шляхом застосування поля НВЧ з отриманням харчових гідроколоїдів.

На попередньому етапі в лабораторних умовах нами було проведено узагальнений експеримент з визначення технологічних параметрів процесу ферментативного розріджування куку-

рудзяного та картопляного крохмалю. У досліджах проводили розріджування крохмальної суспензії різних концентрацій (масова частка сухих речовин 25...40%) із застосуванням термостабільної бактеріальної α -амілази, яку додавали у кількості від 1 до 5 одиниць амілазної активності на 1 г сухих речовин суспензії (од.ак./г СР). Процес гідролізу контролювали визначенням глюкозного еквіваленту (ГЕ) за йодометричним методом Вільштеттера та Шудля. Математичне оброблення дослідних даних виконували у програмі Mathcad Professional. За отриманими даними було встановлено кінетичні залежності, які характеризують швидкість зростання глюкозного еквіваленту протягом гідролізу кукурудзяного і картопляного крохмалю за різних технологічних умов [5]. Для кожної концентрації крохмальної суспензії при різному дозуванні ферменту розраховано середню тривалість гідролізу, відповідно до якої визначено середні значення глюкозного еквіваленту та швидкості процесу в кожному досліді. Дані зміни середньої швидкості гідролізу (розріджування) зразків кукурудзяного та картопляного крохмалю в залежності від дозування ферменту за різної концентрації суспензії представлені відповідно на **рисунках 1, 2**.

Результати кінетичних розрахунків показали, що при ферментативному розріджуванні кукурудзяного крохмалю максимальна швидкість процесу досягається за концентрації крохмальної суспензії 30% і кількості α -амілази 4 од.ак./г СР, а картопляного крохмалю – за концентрації 35% і кількості α -амілази 3 од.ак./г СР крохмалю. При використанні вищих концентрацій, навіть при збільшенні кількості ферменту, процес розріджування крохмалю відбувається значно повільніше і з меншою ефективністю.

Причиною такої різниці перебігу ферментативного розріджування зразків кукурудзяного і картопляного крохмалю є від-

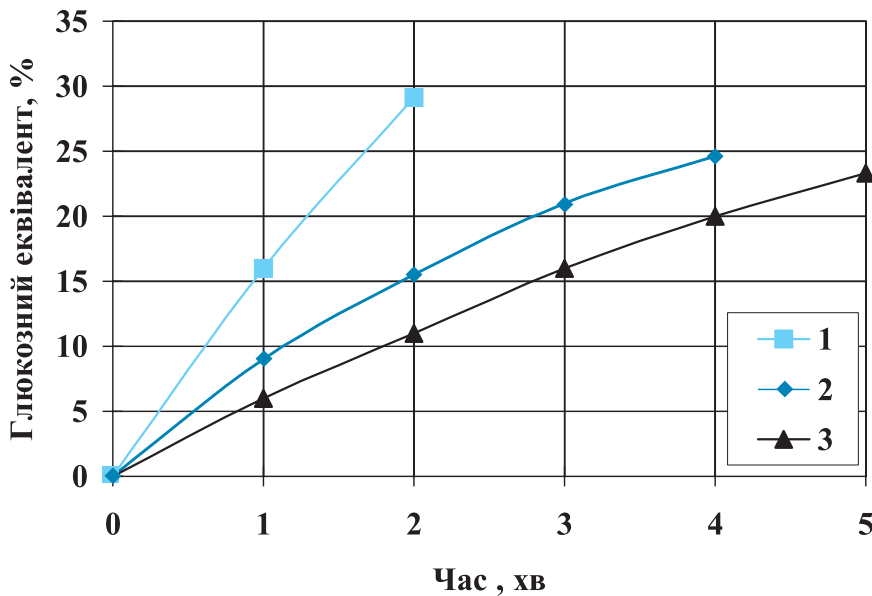


Рис. 3. Порівняння розріджування крохмалю у термостаті і у полі НВЧ

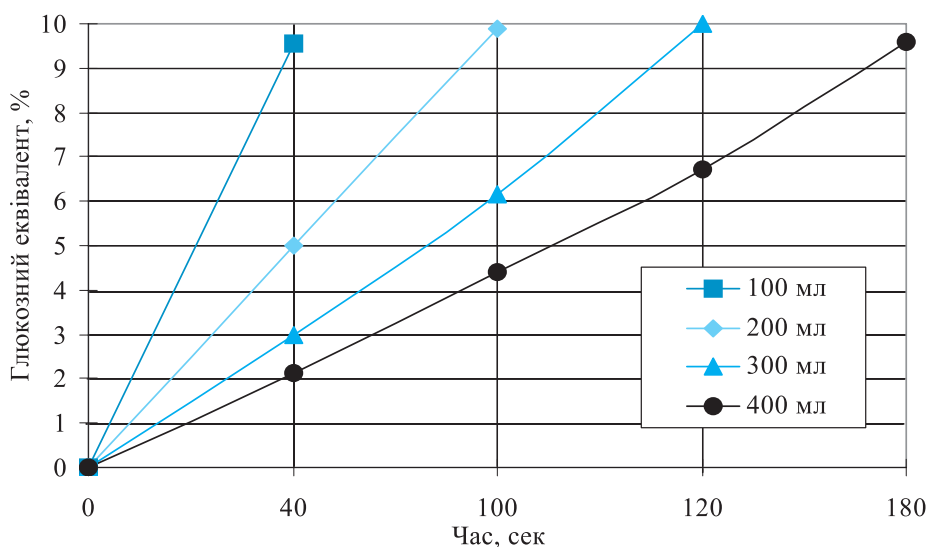


Рис. 4. Вплив об'єму крохмальної суспензії на тривалість розріджування у полі НВЧ

мінності їх будови: більш висока температура клейстеризації кукурудзяного крохмалю, яка обумовлена наявністю амілозо-ліпідного комплексу в зернах цього виду крохмалю, а також менш щільна кристалічна будова картопляного крохмалю, обумовлена більшою кількістю зв'язаної води в його молекулах [6]. У зв'язку з цим і мальтодекстрини, одержані з кукурудзяного крохмалю, мають мазку пастоподібну консистенцію і дуже слабку здатність утворювати драгли. На відміну від них, мальтодекстрини з картопляного крохмалю мають дуже гарні структуроутворюючі властивості, тобто утворюють драгли міцні на розріз.

Основними недоліками способу одержання мальтодекстринів шляхом поступового підвищення температури є тривалість процесу, складність перемішування високов'язких розчинів на початку розріджування крохмалю та дотримання температурного режиму. З метою усунення цих недоліків, на основі проведених досліджень ферментативного розріджування крохмалю, було розроблено спосіб виробництва мальтодекстринів шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ).

До переваг діелектричного нагріву, що здійснюється у мікрохвильових печах, відноситься висока концентрація енер-

гії в одиниці об'єму, що призводить до швидкого об'ємного нагрівання продукту, безінерційність включення та виключення потоку енергії, ККД перетворення електромагнітної енергії в теплоту близький до 100%. Крім того, діелектричний нагрів дозволяє створювати такі види розподілу джерел теплоти у об'єктах, які неможливі при звичайному нагріванні.

Нами були проведені порівняльні експерименти (рис. 3):

1 – розріджування суспензії з масовою часткою крохмалю 30% з додаванням α -амілази у полі НВЧ впродовж 2 хвилин. За 1 хвилину пройшла повна клейстеризація, ще за 1 хвилину розріджування крохмалю;

2 – таку ж саму суспензію з α -амілазою витримали 2 хвилини у термостаті, а потім 2 хвилини у НВЧ;

3 – розріджування 30% суспензії з тією ж кількістю ферменту в термостаті протягом 5 хвилин.

З графіку видно, що процес ферментативного гідролізу крохмалю у полі НВЧ відбувається значно інтенсивніше, ніж у термостаті.

У гідролізаті, обробленому мікрохвильовим випромінюванням, значно менше завислих непрогідролізованих часток крохмалю, він прозорий і майже не схильний до ретроградації. Це пояснюється дуже швидким розріджуванням крохмалю у полі НВЧ за якого вдається уникнути накопичення амілозоподібних декстринів з критичним розміром молекул, які найбільше здатні до ретроградації, відбувається швидкий розрив ланцюгів полісахаридів до низькомолекулярних вуглеводів не схильних до ретроградації.

Під час проведення попередніх досліджень було помічено, що зміна об'єму крохмальної суспензії призводить до зміни тривалості процесу, у зв'язку з цим важливим було встановити питомі витрати енергії НВЧ на ферментативне розріджуван-

Таблиця 1

| Об'єм суспензії, см ³ | Тривалість розріджування, сек. | Питомі витрати енергії, Дж/см ³ |
|----------------------------------|--------------------------------|--|
| 100 | 40 | 240 |
| 200 | 100 | 300 |
| 300 | 120 | 240 |
| 400 | 180 | 270 |

ня крохмалю. Для цього було проведено наступну серію експериментів. Використовуючи крохмальну суспензію концентрацією 35%, термостабільну α -амілазу Spezyme Fred фірми Genencor у кількості 4 од. ак./г СР, провели ферментативне розріджування крохмалю у полі НВЧ потужністю 600 Вт чотирьох проб об'ємом 100, 200, 300 і 400 мл. Процес проводили до повного розріджування крохмалю. В результаті на розріджування проб витратили від 40 до 180 сек. Під час розріджування відбирали проби гідролізатів, у яких визначали глюкозний еквівалент. За отриманими даними побудували криві гідролізу крохмалю (рис. 4).

З кривих видно, що зі збільшенням об'єму суспензії, збільшується тривалість розріджування, а відповідно знижується швидкість процесу. З метою встановлення залежності тривалості розріджування крохмалю від об'єму суспензії було розраховано питомі витрати енергії надвисокої частоти на процес ферментативного гідролізу крохмалю. Розрахунок проводили за формулою:

$$PE = N \cdot \tau / V, \quad (1)$$

PE – питомі витрати енергії, Вт·с/см³ (Дж/см³);

N – потужність поля, Вт;

τ – тривалість розріджування, с;

V – об'єм суспензії, см³.

Розрахувавши питомі витрати енергії для кожного розріджування, отримали дані, які наведені у таблиці 1.

Встановлено, що питомі витрати енергії надвисокої частоти на процес ферментативного гідролізу крохмалю у полі НВЧ складають 240...300 Дж/см³ суспензії (за концентрації крохмальної суспензії 35%).

На основі проведених досліджень було розроблено спосіб виробництва мальтодекстринів шляхом застосування електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ). Проведено серію експериментів і встановлено оптимальні умови одержання мальтодекстринів з картопляного крохмалю у полі НВЧ. Мальтодекстрини з найкращими якісними показниками одержували таким чином: у суспензію картопляного крохмалю з вмістом сухих речовин 35% дозували термостабільну α -амілазу з розрахунку 0,3...0,5 од. ак./г СР крохмалю і проводили гідроліз при застосуванні енергії НВЧ у кількості 240...300 Дж/см³. Для припинення подальшого гідролізу полісахаридів фермент інактивували, отриманий гідролізат центрифугували, очищували за допомогою активованого вугілля та висушували у розпилювальній сушарці.

У результаті отримували мальтодекстрини з глюкозним еквівалентом від 3 до 13%.

Для гідролізу використовували саме термостабільну α -амілазу, яка витримує температуру 100...110°C, щоб забезпечити можливість проведення процесу за температури кипіння суспензії 95...98°C у полі НВЧ без суттєвої інактивації ферменту протягом декількох хвилин.

Висновок

Запропонована технологія драглеутворюючих мальтодекстринів із застосуванням мікрохвильового випромінювання дозволяє забезпечити очікуваний технологічний результат: інтенсифікацію процесу одержання мальтодекстринів та високу їх якість за рахунок миттєвої клейстеризації та ферментативного розріджування крохмалю. Отримані мальтодекстрини є харчовими гідроколоїдами, які здатні затримувати кристалізацію сахаридів у харчових продуктах, плавитися при нагріванні та відновлюватись при охолодженні подібно до тваринних жирів, а також можуть використовуватись у якості наповнювачів та формуючих агентів при виробництві майонезу, морозива, десертів, безалкогольних напоїв та ін.

Список використаних джерел

1. *Справочник по гидроколлоидам* / Под ред. Филиппа Г. и Вильямса П. – С.-Пб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
2. *Ловкис З.В., Литвяк В.В., Петюшев Н.Н.* Технология крахмала и крахмалопродуктов. – Минск : Асобны, 2007. – 176 с.
3. *Андреев Н.Р.* Основы производства нативных крахмалов. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 281 с.
4. *Ладур Т.А.* Полисахаридный состав мальтодекстринов // Всерос. науч.-исслед. институт крахмалопрод. – XI междунар. конф. по крахмалу Москва-Краков. – 2003. – С. 118-119.
5. *Останчук Н.В.* Основы математического моделирования процессов пищевых производств. – К. : Вища школа, 1981. – 304 с.
6. *Садовнича Л.П., Хухрянский В.Г., Цыганенко А.Я.* Биофизическая химия. – К. : Вища шк., 1986. – 345 с.
7. *Грабовська О.В.* Оптимізація технологічних параметрів ферментативного розріджування крохмалю / О.В. Грабовська, О.М. Майданець, Н.І. Штангеева, В.О. Мірошник // Цукор України. – 2004. – №6. – С. 31–33.