

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГІДРОЛІЗУ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ

Грабовська О.В., Кузнєцова І.В., Штангєєва Н.І. – Національний університет харчових технологій

Для виробництва цукристих крохмалепродуктів звичайно використовують багатостадійні схеми, що складаються з ряду мало пов'язаних між собою операцій. Так, сучасні крохмале-патокові підприємства виробляють спочатку крохмаль, потім його гідролізують, отримуючи цукристі сиропи, уварюють до патоки або викристалізують глюкозу. Таке виробництво пов'язане з великими витратами при видаленні крохмалю із сировини.

Виходячи з того, що значна частина цукристих продуктів направляється для подальшого промислового перероблення, нами намічені шляхи спрощення їх виробництва за рахунок використання для гідролізу крохмалевмісної сировини. Крохмаль у зернових рослинах знаходиться у зв'язаному стані, затиснутий у білкову матрицю. Промислове видалення крохмалю складається з ряду операцій: замочування зерна, подрібнення, видалення зародку, дрібного помолу кашки, ситуння та сепарування крохмале-білкової суспензії [3]. Набагато ефективніше гідролізувати крохмаль безпосередньо у сировині, скорочуючи стадії його видалення. При цьому вихід готової продукції зростає за рахунок виключення втрат сухих речовин на вказаних операціях.

Розробленням технології одержання крохмалепродуктів прямим гідролізом сировини вчені займалися досить давно [1, 4, 5], проте, надійного та економічно ефективного способу не було знайдено. Отримання крохмалепродуктів шляхом одноступеневого гідролізу сировини мінеральними кислотами пов'язане з труднощами, яким досі запобігти не вдавалось. Використання для гідролізу соляної кислоти каталізує розклад багатокomпонентної системи сировини, а отриманий гідролізат має високий вміст продуктів розкладання та набуває неприємного смаку.

Встановлена економічна ефективність виробництва цукристих крохмалепродуктів з кукурудзяної крупки без видалення крохмалю та досліджено спосіб отримання патоки різного вуглеводного складу шляхом одностадійного ферментативного гідролізу.

Очищення таких продуктів, навіть за допомогою іонообміну, не дає бажаних результатів. Продукти розкладання протеїну утворюють з цукрами сильно забарвлені сполуки, що призводить до ускладнення процесу очищення гідролізатів [2]. Тому отримати якісні продукти безпосередньо з кукурудзяної сировини було неможливо. М.О. Архіпович і Г.П. Волошаненко вивчали можливість отримання крохмальної патоки і глюкозних сиропів шляхом безпосереднього кислотного гідролізу крохмалевмісної сировини за умови попереднього її оброблення і додаткового іонообмінного очищення сиропів. Схема достатньо складна, вимагає багатостадійного оброблення продукту, великої витрати допоміжних матеріалів і реактивів для регенерації іонітів, тому вона не знайшла застосування [4].

Досягти того, щоб крохмаль, який знаходиться в сировині у зв'язаному стані, був повністю гідролізований і при цьому частина інших компонентів не була зачеплена виявилось можливим при використанні ферментів в якості каталізатора гідролізу [4, 5]. Зміною режиму гідролізу та належним підбором ферментів можливо забезпечити їх вибірково дію на крохмаль. Ферментативний гідроліз сировини здатен замінити технологічні операції видалення крохмалю, а більшість домішок може бути видалена фільтруванням суспензії.

Метою дослідження було забезпечення максимального звільнення крохмалю при мінімальному розщепленні білків та оцукрювання його для отримання сиропів. Необхідно було вирішити ряд питань, пов'язаних з підготовкою сировини для прямого

гідролізу, обґрунтувати та дослідити основні етапи процесу гідролізу з можливістю регулювання вуглеводного складу гідролізатів.

Оскільки жир, що міститься в основному у зародку, інгібує дію амілолітичних ферментів [4], нами використовувалась для прямого гідролізу кукурудзяна крупка з видаленим сухим способом зародком, яку виробляють борошнопереобірі підприємства. Проведені дослідження впливу попередньої підготовки такої кукурудзяної крупки на кінетику ферментативного гідролізу.

Звичайно у виробництві крохмалю замочують ціле кукурудзяне зерно в розчині сірчистої кислоти впродовж двох діб, хоча відомо, що процеси набухання та пом'якшення зерна відбуваються швидше при замочуванні подрібненого зерна [1, 2]. Проте під час подрібнення сировини звільняється багато крохмалю, який потім переходить у екстрагуючу рідину. Це призводить до підвищення втрат крохмалю та погіршення якості екстракту. При проведенні прямого гідролізу сировини подрібнення зерна кукурудзи необхідне для прискорення його набухання, звільнення крохмалю з білкової матриці та покращення доступу ферменту до зерен крохмалю. В процесі підготовки сировини треба забезпечити максимальне видалення розчинних речовин. Після попередніх досліджень нами розроблено процес підготовки сировини до гідролізу з трьох етапів: подрібнення зерна та видалення зародку сухим способом, екстрагування частини водорозчинних компонентів та тонке подрібнення крупки.

Для кращого відокремлення рідкої фази на підприємстві можливе

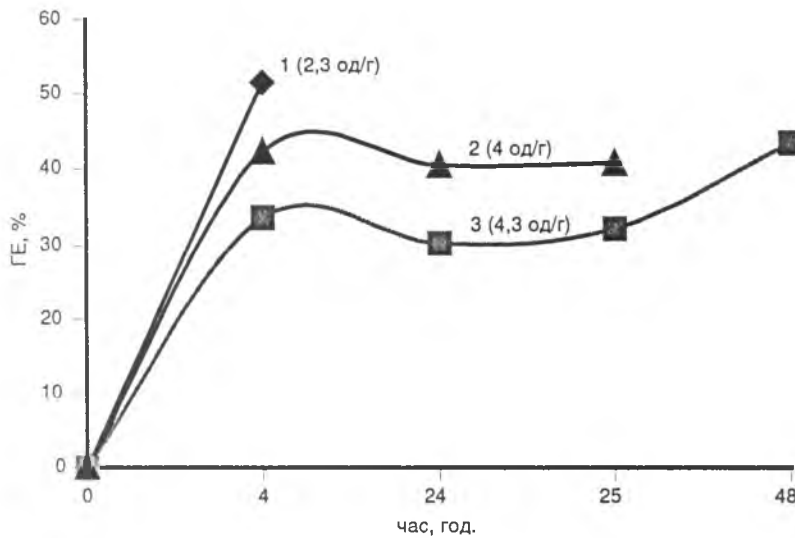


Рис. 1. Кінетика гідролізу крохмалевмісної суспензії ферментом.

використання сучасних горизонтальних шнекових центрифуг – декантерів, які успішно зарекомендували себе при зневодненні глютену на Дніпровському крохмале-патоковому комбінаті.

У виробництві карамелі крохмална патока є антикристалізатором. Крім того бажано, щоб карамель мала мінімальну гігроскопічність. Основний вплив на цей показник має вміст редукувальних речовин та активна кислотність. Із цукрів патоки найбільша гігроскопічність у глюкози, тому значна кількість її у гідролізатах зумовлює підвищену гігроскопічність карамелі. При приготуванні карамельної маси висока активна кислотність патоки виявляє інвертуючу дію на цукрозу, а продукти інверсії надають карамелі підвищеної гігроскопічності. Тому кондитерська промисловість зацікавлена в отриманні патоки з пониженим вмістом редукувальних речовин та більш високим значенням рН.

Ферментативний гідроліз крохмалю проводять у дві стадії: розріджування α -амілазою та оцукрювання глюкоамілазою; при цьому в гідролізатах накопичується глюкоза. Гідроліз крохмалю з метою отримання патоки може здійснюватись ефективно в одну стадію бактеріальною термостабільною α -амілазою. Використовували амілолітичні ферменти фірми Genencor. Найкраща дія термостабільного ферменту досягається при температурі 95°C, коли зерна крохмалю максимально клейстеризовані. Наші дослідження підтверджують, що за низьких температур фермент не виявляє аміло-

літичної активності, крім того він не потребує додавання стабілізаторів. Оптимальне значення рН субстрату для дії ферменту 5,5...5,9. Фермент вводили у крохмалевмісну суспензію і витримували при температурі 95°C. Кінетику гідролізу вивчали за різних технологічних умов процесу (рис. 1).

За експериментальними даними досягти ступеню оцукрювання сиропу як для звичайної карамельної патоки з глюкозним еквівалентом (GE) 38...42% можливо одноразовим введенням термостабільного ферментного препарату. Проте отримані сиропи відрізняються за вуглеводним складом від сиропу, одержаного кислотним гідролізом крохмалю. "Ферментативний" сироп містить більше декстринів, олігоцукридів та менше глюкози. Отримана з такого сиропу патока схильна до ретроградації та помутніння і не годиться для виготовлення карамелі.

За результатами проведених досліджень доцільно вносити фермент – термостабільну α -амілазу одразу після гомогенізації замоченої крупки (рис. 1, крива 1). При цьому за 4 години проведення процесу розріджування за умов меншої витрати ферменту відбувається зростання GE до 51,4%. Гідролізат відділяють простим фільтруванням. Для очищення отриманого гідролізату використовували активоване вугілля (як за традиційною технологією). Після контакту з вугіллям впродовж 30 хвилин при температурі 75°C його відокремлювали. Внаслідок адсорбції барвних речовин на поверхні активованого вугілля та часткового загущення си-

ропу при проведенні цього процесу (СР збільшились з 5,6% до 14,6%) знизилось значення GE до 41,93%. Після уварювання під вакуумом до вмісту СР 75% одержали патоку, яка витримує температуру карамельної проби 140°C.

Як показали результати досліджень, введення більшої кількості ферменту відразу у крохмалевмісну суспензію (рис. 1, криві 2, 3) без попередньої підготовки сировини уповільнює процес розріджування. У двох останніх дослідках гідроліз проводили з проміжною гомогенізацією, розріджуванням при температурі 95°C в перші 4 години і подальшим гідролізом при температурі 70°C – всього 48 годин. Після очищення активованим вугіллям та уварюванням під вакуумом до вмісту СР 74% отримали крохмалевмісну патоку з GE 43,3% (крива 3) та патоку з GE 42% (крива 2). Ці два зразки патоки містять менше глюкози та більше декстринів і тому більш схильні до ретроградації та помутніння. В осаді після центрифугування фільтрованого сиропу визначили вміст редукувальних речовин (GE становив 70%) і з'ясували, що він є продуктом ретроградації та містить неклеїстеризовані зерна крохмалю. Щоб запобігти цьому, було запропоновано стабілізувати отриманий гідролізат після фільтрування змішуванням його з високооцукреним сиропом. Змінюючи співвідношення змішуваних сиропів можемо отримувати продукти з вмістом редукувальних речовин від 30 до 98%. Змішавши отриманий гідролізат з GE 43,3% (крива 3) з гідролізатом з GE 92,7% у співвідношенні 1:5 отримали сироп з GE 73%, який при відповідному пересиченні впродовж зберігання за низьких температур здатний до кристалізації. Підвищення вмісту глюкози з майже незмінною кількістю декстринів зменшує вірогідність ретроградації та покращує фільтраційну здатність сиропів.

Як видно із рис. 1 в перші 4 год. гідролізу його швидкість зростає, після чого процес уповільнюється. Наприкінці гідролізу при тривалому проведенні процесу за низьких температур (65...70°C) посилюються реакції ретроградації та реверсії цукрів, внаслідок чого зменшується значення GE (криві 2, 3). Після використання вугілля для очищення гідролізату відбувається зниження GE за рахунок адсорбції частини домішок на поверхні вугілля та підвищення вмісту сухих речовин у сиропі.

На основі проведених досліджень був зроблений висновок про можливість отримання патоки різного вуглеводного складу одностадійним гідролізом за допомогою лише розріджуючого ферменту α -амілази.

Порівняння техніко-економічних показників перероблення кукурудзяної крупки прямим гідролізом та кукурудзи за класичним способом свідчить, що в першому випадку для організації виробництва необхідно на 40% менше капіталовкладень, ніж за класичною схемою. Виробничі витрати нижчі на 5...6%. Це покращує співвідношення між капіталовкладеннями і прибутком, строк окупності капіталовкладень скорочується більше ніж на 30%. Економічні розрахунки ефективності організації виробництва крохмальної патоки із врахуванням імпорту сировини, обладнання, фер-

ментів також свідчить про більш високу ефективність використання в якості сировини знежиреної кукурудзяної крупки (вартість 1 т крупки прийнята на 10% вище, ніж вартість 1 т кукурудзи). Безпосередній гідроліз сировини передбачає менші витрати пари, електроенергії, робочої сили та на ремонт основних засобів. Тривалість виробничого циклу значно зменшується. При класичному способі лише замочування кукурудзяного зерна триває 48...50 год. В результаті собівартість 1 т крохмальної патоки із кукурудзяної крупки на 5% менше, ніж при переробці кукурудзяного зерна за класичною технологією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галкина Г.В., Ладур Т.А., Сидорова Е.К. Современные методы гидро-

лиза крахмала, фильтрации и очистки гидролизатов. — М.: 1966. — 35с. — (Обзор. информ./ЦНИИТЭИпищепром. Сер.: крахмало-паточная промышленность.).





2. Грабовська О.В. Напрямки вдосконалення технології крохмальної патоки. // Наукові праці УДУХТ, — 2000. — №8 — с.42—43.
3. Гулюк Н.Г., Жушман А.И., Ладур Т.А., Штыркова Е.А. Крахмал и крахмалопродукты. — М.: Агропромиздат, 1985. — 238с.
4. Ладур Т.А. Производство сахаристых продуктов из крахмалосодержащего сырья с применением ферментов. — М.: 1966. — 35с. — (Обзор. информ./ЦНИИТЭИпищепром. Сер.: крахмало-паточная промышленность.).
5. Федотов Н.М. Исследование технологии пищевой глюкозы из крахмалосодержащего сырья, получаемой методом комбинированного гидролиза. Автореф. дис. канд. техн. наук. — Москва. — 1971. — 36с.

**УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

О Т О Л О Ш У Є

прийом в аспірантуру на 2003 р.

з відривом і без відриву від виробництва за спеціальностями:

-  **технологія цукристих речовин;**
-  **процеси і апарати харчового виробництва;**
-  **промислова теплоенергетика;**
-  **економіка промисловості.**

В аспірантуру приймаються громадяни України, які мають вищу освіту.

Громадяни інших держав можуть бути прийняті в аспірантуру на підставі договорів.

Заява про прийом в аспірантуру подається на ім'я директора інституту з доданням:

- копії диплому про закінчення вищого навчального закладу;**
- характеристики;**
- особового листка по обліку кадрів;**
- списку опублікованих наукових праць і винаходів.**

Особи, які не мають опублікованих наукових праць і винаходів, подають наукові доповіді (реферати) з обраної наукової спеціальності

Вступники в аспірантуру складають конкурсні іспити із:

- спеціальності,**
- філософії,**
- однієї з іноземних мов (в обсязі діючої програми для вищих навчальних закладів).**

Особам, які допущені до складання вступних іспитів в аспірантуру, надається додаткова відпустка із збереженням заробітної плати за місцем роботи для підготовки і складання іспитів із розрахунку 10 днів на кожний іспит.

Аспірантам з відривом від виробництва виплачується стипендія.

Адреса інституту: 01024, Київ, вул. Лютеранська, б. 20, УкрНДЦП.

Рішення Атестаційної колегії Міністерства освіти України від 27 квітня 1995 р., протокол № 2/10-3/2