

ВИВЧЕННЯ КІНЕТИКИ ЗЦУКРЮВАННЯ КРОХМАЛЮ ДО МАЛЬТОЗИ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНАЦІЙ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ

Гордійчук Н.І., Грабовська О.В., Штангеева Н.І. – *Національний
університет харчових технологій*

Розборський Є.В. – *ВАТ “Дніпровський крохмалепатоковий комбінат”*

*Встановлено кінетичні закономірності ферментативного зцукрювання
кукурудзяного крохмалю з метою отримання мальтозного сиропу в залежності
від виду, походження та комбінування ферментних препаратів.*

Патоки з високим вмістом мальтози є цінними харчовими продуктами, більш солодкими і менш в'язкими в порівнянні з карамельною патокою. Вони негігроскопічні, не кристалізуються при зберіганні, тому придатні для заміни цукру в кондитерській, хлібопекарській, консервній, молочній та інших галузях промисловості. Високомальтозна патока запобігає утворенню кристалів у заморожених десертах і морозиві. В останні роки за кордоном широко застосовується чиста мальтоза у виробництві продуктів дієтичного та діабетичного харчування, а також в медицині [1].

Високомальтозну патоку разом з іншими продуктами гідролізу крохмалю (мальтодекстринами, глюкозно-фруктозним сиропом) використовують у виробництві м'яких цукерок, рулетів, тістечок, глазури для тортів. Отримані вироби мають гарний смак, добре зберігаються. У виробництві пива мальтозна патока дає змогу зменшити витрати дорогого солоду та цукру.

Раніше мальтозні патоки отримували з крохмалю або крохмалевмісної сировини, використовуючи в якості біокаталізатора реакції гідроліза ячмінний солод [1–3]. На сьогодні в крохмале-патоковій промисловості широко використовуються ферментні препарати. При гідролізі крохмалю за допомогою ферментів, завдяки їх специфічній дії, можна отримувати гідролізати різного вуглеводного складу, в тому числі і з високим вмістом мальтози. Для

виробництва мальтозних сиропів використовують амілолітичні ферменти: α -амілази різного походження, β -амілазу, пуллуланазу. Залежно від умов гідролізу і використання різних комбінацій ферментних препаратів, вміст мальтози в гідролізатах може досягати 75 % і вище [2, 3]. Тому, проведення досліджень по використанню ферментних препаратів для виробництва мальтозних продуктів вирішує актуальну задачу покращення якості та збільшення асортименту цукристих крохмалепродуктів на сучасному етапі.

Метою нашого дослідження було вивчення кінетики ферментативного зцукрювання розрідженої суспензії кукурудзяного крохмалю в залежності від дозування ферментних препаратів, їх комбінування та співвідношення для отримання високомальтозних сиропів.

Для зцукрювання у виробництві мальтозних продуктів бажано використовувати розріджений крохмаль, що містить мінімальну кількість глюкози. Відомо [3], що короткі крохмальні молекули гідролізуються β -амілазою досить повільно порівняно з довгими, тетрасахариди ще більш резистентні до дії цього ферменту, а трисахариди не розщеплюються зовсім. Таким чином, ферментативний спосіб розріджування є найбільш ефективним для отримання проміжних продуктів гідролізу крохмалю, які найкраще піддаються руйнуванню β -амілазою.

На кафедрі технології цукристих речовин НУХТ було проведено серію досліджень кінетики зцукрювання кукурудзяного крохмалю, попередньо розрідженого α -амілазою, в залежності від додавання різної кількості ферментних препаратів та їх співвідношення. В ході досліджень готували суспензію крохмалю з масовою часткою сухих речовин 30 %. Для розріджування суспензії використовували ферментний препарат термостабільної бактеріальної α -амілази – Alphasin T7L (фірми Genencor) – у кількості 4 одиниці активності на 1 г сухих речовин (од.ак./г СР) кукурудзяного крохмалю. Для виявлення максимальної активності ферментного препарату оптимальним є значення рН 5,8, якого ми досягали шляхом додавання у субстрат розчину 5 н НСІ. Ферментативне розріджування суспензії проводили у мікрохвильовій печі при застосуванні

електромагнітного поля НВЧ, або під незначним тиском у спеціальному термостаті за температури 110 °С. Загальна тривалість розріджування становила відповідно 4 та 13 хв., до досягнення значення глюкозного еквівалента (ГЕ) гідролізату в межах 12–18 %, яке і є оптимальним для подальшого зцукрювання [3].

При розробленні технологічного режиму ферментативного зцукрювання розрідженої суспензії крохмалю важливим моментом є визначення оптимальної кількості ферменту та тривалості гідролізу, тому що від цих чинників залежать не тільки технологічні, але і техніко-економічні показники. Швидкість ферментативної реакції пропорційна концентрації ферменту, однак у промислових процесах збільшення витрат ферментного препарату призводить до підвищення собівартості продукції, погіршення її якості в результаті збільшення небажаних домішок, які вносяться з цим препаратом. Тому, важливо визначити оптимальну кількість ферменту для каталізу процесу, що забезпечує отримання продукту із заданими показниками.

Після розріджування гідролізат охолоджували до температури 57 °С і доводили рН до значення 5,2-5,5, що є оптимальним для дії β -амілази. Розріджену крохмальну суспензію зцукрювали препаратом β -амілази Optimalt ВВА (Genencor) із розрахунку 0,05; 0,3; 0,55; 0,8; 1,05; 1,3 г/ кг СР крохмалю.

Ферментативне зцукрювання гідролізату проводили протягом 48 год. в термостаті EL-20R при температурі 57 °С. Проби, які було відібрано в процесі зцукрювання через 30 хв., 24 та 48 год., витримували на киплячій водяній бані протягом 15 хв. для інактивації фермента. В охолоджених пробах визначали вміст сухих та редукувальних речовин (РР) за методом Вільштеттера та Шудля в перерахунку на глюкозу [4]. За визначеними значеннями ГЕ оцінювали ефективність ферментативного зцукрювання.

На основі експериментальних даних були побудовані криві зцукрювання суспензії розрідженого крохмалю ферментним препаратом β -амілази в залежності від його кількості. Результати досліджень наведено на рис. 1.

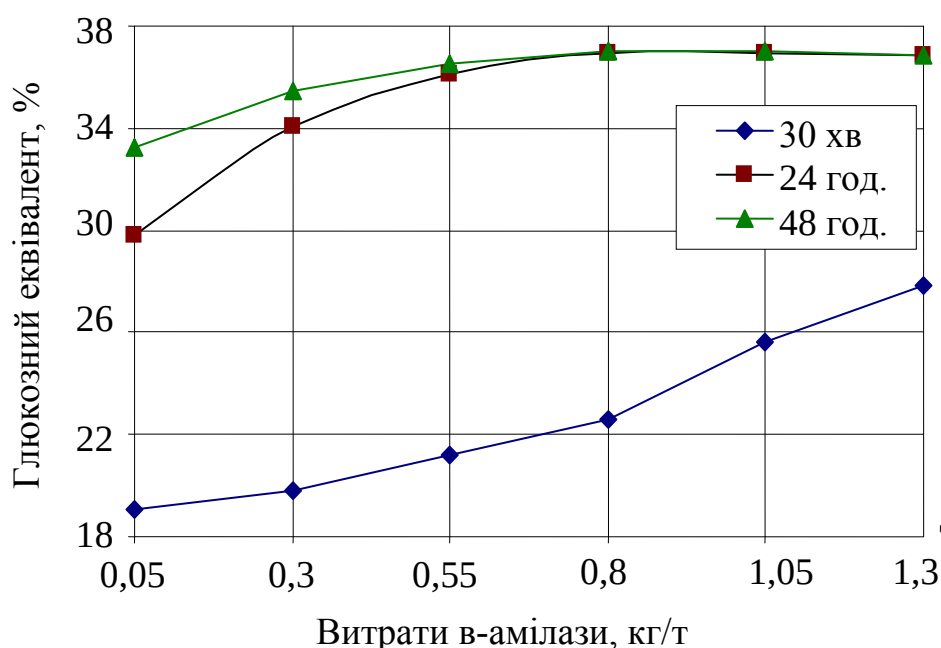


Рис. 1. Вплив кількості ферментного препарату β -амілази на зцукрювання розрідженого крохмалю

З отриманих даних можна зробити висновок, що ГЕ зростає при збільшенні кількості внесеного ферменту, проте до визначеної межі. При збільшенні кількості ферментного препарату до 0,8 кг/т СР крохмалю і вище спостерігається помітне зниження приросту швидкості реакції, особливо наприкінці зцукрювання, тому збільшення дозування ферменту понад цю величину є не доцільним з економічної точки зору.

Використовуючи тільки ферментний препарат β -амілазу можна досягти ГЕ гідролізату до 40 %. Щоб досягти вищого ступеню зцукрювання, необхідне додавання ферменту, руйнуючого розгалуження в ланцюгах крохмалю. З метою досягнення більш високого вмісту мальтози у продуктах був застосований ферментний препарат пуллулази. Процес зцукрювання проводили з додаванням комплексу ферментних препаратів β -амілази і пуллулази – Optimax (Genencor) – у різних співвідношеннях. β -амілазу додавали з розрахунку 0,8 кг/т СР крохмалю. Кількість пуллулази змінювали, як показано на рис. 2.

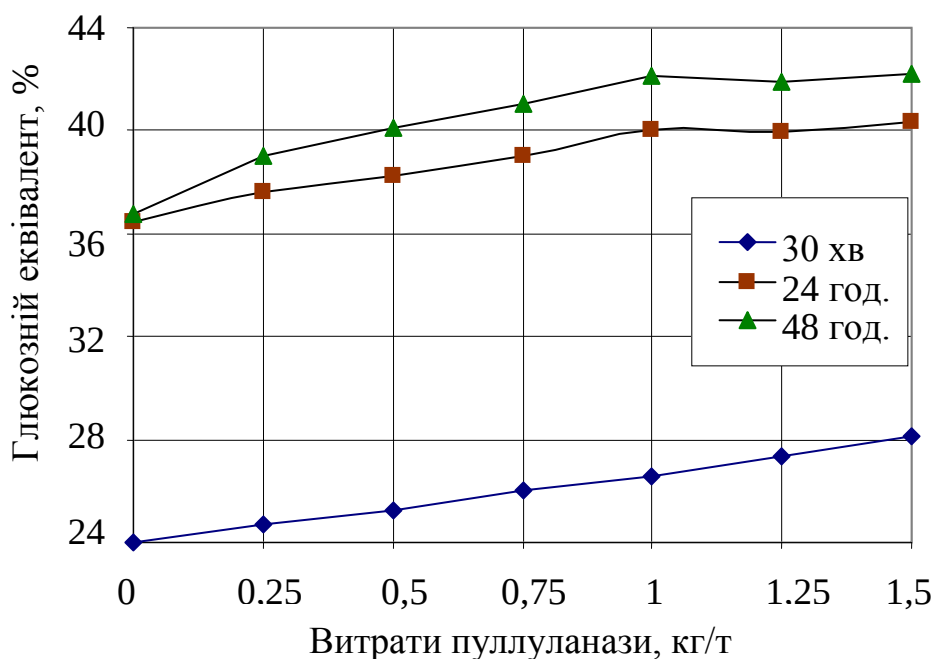


Рис. 2. Вплив дозування ферментного препарату пуллулази (кількість β -амілази у дослідях 0,8 кг/т СР) на глюкозний еквівалент гідролізатів після зцукрювання

З отриманих даних (рис.2) видно, що додавання пуллулази покращує процес зцукрювання і призводить до підвищення ГЕ та вмісту мальтози в гідролізатах (табл. 2) порівняно із використанням лише β -амілази. Найбільш ефективним є застосування пуллулази у кількості 1 кг/т СР крохмалю.

Відомо [1–3], що фермент β -амілаза не діє на α -1,6-глюкозидні зв'язки, тому в гідролізатах залишається деяка частина три- та тетрасахаридів з цими зв'язками. Щоб досягти максимального накопичування мальтози, процес зцукрювання проводили з додаванням комплексу ферментних препаратів: β -амілази, пуллулази та грибною α -амілази, яка теж є мальтогенним ферментним препаратом, у різних співвідношеннях.

Процес зцукрювання розпочинали із додавання комплексу ферментних препаратів β -амілази (0,8 кг/т) та пуллулази (1 кг/т). Грибну α -амілазу додавали в гідролізат із розрахунку 0,8; 1,4 кг/т СР через 12 год. після початку процесу зцукрювання. Це пояснюється тим, що введена на початку процесу грибна α -амілаза буде конкурувати з β -амілазою, виявляючи спорідненість до

високомолекулярного субстрату. Найкраще цей фермент вводити в реакцію, коли в гідролізаті вже сформувалась значна кількість мальтози.

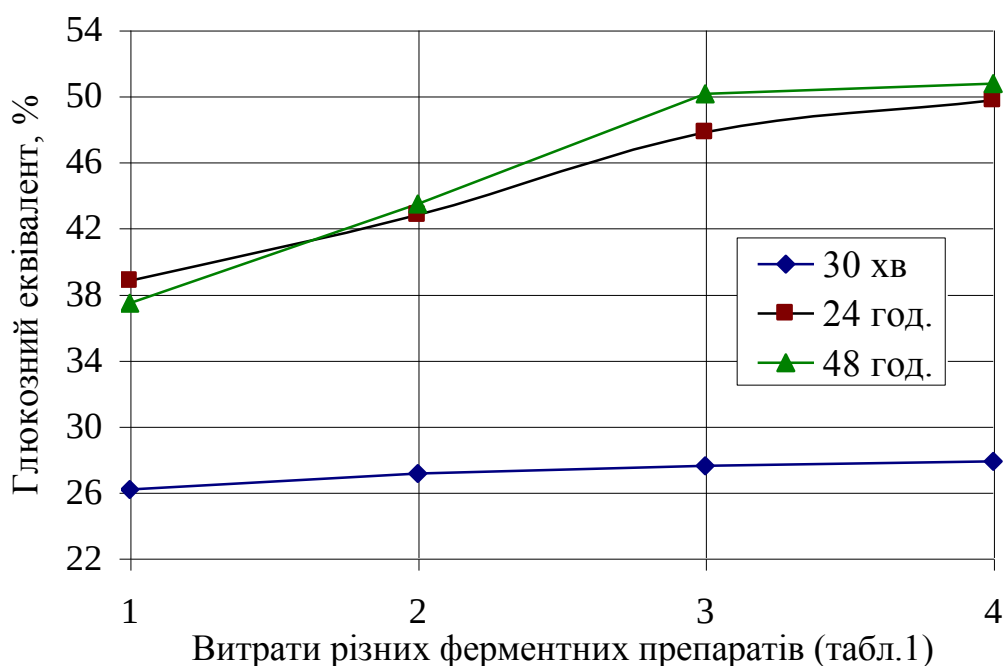


Рис. 3. Вплив комплексу ферментних препаратів (дані у табл. 1) на глюкозний еквівалент гідролізатів після зцукрювання:

Табл. 1

Показники на осі абсцис	β -амілаза, кг/т	пуллуланаза, кг/т	грибна α -амілаза (через 12 год), кг/т
1	0,8	-	-
2	0,8	1	-
3	0,8	1	0,8
4	0,8	1	1,4

Таким чином, застосування грибної α -амілази для зцукрювання крохмальних гідролізатів в комплексі з β -амілазою та пуллуланою значно підвищує ГЕ та вміст мальтози в сиропі (табл. 2).

Вуглеводний склад отриманих мальтозних сиропів досліджували за допомогою рідинного хроматографа Agilent 1100 (США). Результати хроматографічного аналізу мальтозного сиропу, отриманого при застосуванні комплексу із трьох ферментів (табл. 2) для зцукрювання, представлено на рис.4.

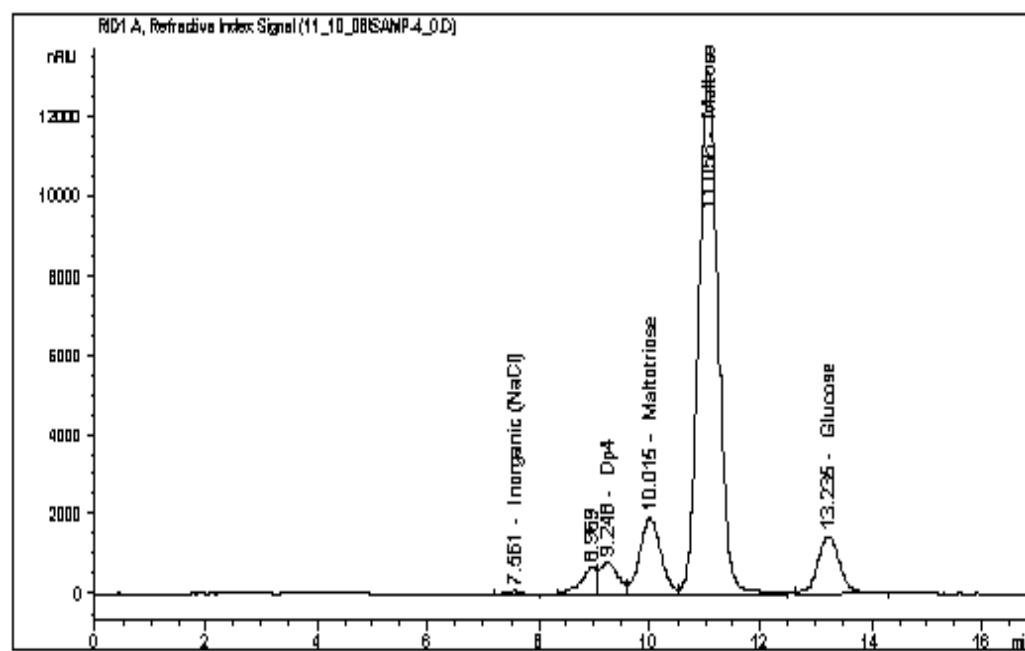


Рис.4 Хроматограма крохмального гідролізату, отриманого при комплексному зцукрюванні крохмалю β -амілазою (з розрахунку 0,8 кг/т СР крохмалю), пуллуланазою (з розрахунку 1 кг/т СР крохмалю) та грибною α -амілазою, введеною через 12 год. після початку зцукрювання (з розрахунку 0,8 кг/т СР крохмалю)

Результати аналізу хроматограм зразків гідролізатів, отриманих при застосуванні різних комбінацій ферментів, зведено в табл. 2.

Табл. 2.

**Вплив різних комбінацій ферментних препаратів
на вуглеводний склад крохмальних гідролізатів після зцукрювання**

Вуглеводний склад гідролізатів після зцукрювання, %	Комбінації ферментів		
	β -амілаза – 0,8 кг/т	β -амілаза – 0,8 кг/т, пуллуланаза – 1кг/т	β -амілаза – 0,8 кг/т, пуллуланаза – 1 кг/т, грибна α -амілаза – 0,8 кг/т
Мальтоза	50,8	58,6	72,6
Глюкоза	2,7	2,5	8,9
Мальтотріоза	23,5	29,4	11,4
Олігосахариди	-	-	4,1
Декстрини	22,8	9,3	-

Як видно з табл. 2 вуглеводний склад крохмальних гідролізатів після зцукрювання помітно відрізняється в залежності від того, які саме комбінації ферментних препаратів були застосовані. Підвищення вмісту мальтози у гідролізатах при введенні грибної α -амілази досягається за рахунок гідролізу цим ферментним препаратом трисахаридів та декстринів з утворенням мальтози і глюкози.

Висновок. На основі результатів досліджень встановлено, що для максимального накопичування мальтози в гідролізатах крохмалю необхідно використовувати комплекс ферментів β -амілази, пуллулази та грибної α -амілази. Оптимальні значення технологічних параметрів: ступінь попереднього розщеплення крохмалю бактеріальною α -амілазою 12-18 %; дозування β -амілази з розрахунку 0,8 кг/т СР крохмалю; дозування пуллулази і грибної α -амілази відповідно 1,0 та 0,8 кг/т СР крохмалю; процес зцукрювання необхідно проводити при постійному перемішуванні протягом 48 год.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Гулюк Н.Г., Жушман А.И., Ладур Т.А., Штыркова Е.А. Крахмал и крахмалопродукты. – М.: Агропромиздат, 1985. – 238с.
2. Дьяконова Э.В. Получение мальтозной патоки с применением ферментных препаратов: Автореф. дис...канд. техн. наук, М.: МТИПП, 1974. – 34 с.
3. Кравченко Т.И. Разработка технологии получения высокомальтозных сиропов из крахмала с применением ферментных препаратов: Дис...канд. техн. наук. – М., 1989. – 181 с.
4. Трегубов Н.Н., Костенко В.Г. Технохимический контроль крахмалопаточного производства. – М.: ВО «Агропромиздат», 1991. – 270 с.