

УДК66. 094.941:547.455.65

ЛИМОННА КИСЛОТА У СИРОПАХ ІЗ ЦИКОРІЮ

І.ПОПОВА, *канд.техн.наук*

Національний університет харчових технологій

Ю.СЛИВА, *канд.техн.наук*Національний університет біоресурсів і
природокористування України,

Анотація. Визначено оптимальні параметри гідролізу цикорної сировини лимонною кислотою зі збереженням у кінцевому продукті максимальної кількості цінних мінеральних та органічних компонентів цикорію.

Ключові слова: гідроліз, інулін, фруктани, цикорій, олігосахариди, редукувальні речовини, лимонна кислота.

У виробництві цукристих речовин одним із шляхів розвитку технологій продуктів оздоровчо-профілактичного призначення може стати виробництво заміників цукру вуглеводної групи, зокрема високофруктозних сиропів, що містять певний відсоток нижчих полімергомологів інуліну, тобто інулоолігосахаридів, які мають достатньо високу пребіотичну активність. Перспективним джерелом виробництва таких сиропів є цикорій – інуліноносій, який, крім високого вмісту інуліну та технологічності, включає значну кількість біологічно активних сполук протекторної дії [2].

Аналіз даних наукової літератури щодо кислотного гідролізу інуліну вказує на те, що застосування мінеральних кислот як каталізаторів цього процесу за високих температур зумовлює утворення значної кількості продуктів розкладу, барвних речовин, тобто до втрат інуліну та додаткових витрат на очищення цільового продукту [1 - 6].

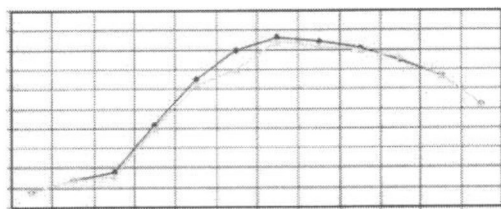
Застосування органічних кислот за помірних температур повинно забезпечити м'які умови гідролізу. Наш вибір лимонної кислоти як каталізатора процесу гідролізу був зумовлений, по-перше, її відносно м'якою дією на рослинні об'єкти при нагріванні без утворення помітної кількості побічних небажаних продуктів. По-друге, цільовим призначенням використання добутих фруктозо-инулоолігосахаридних сиропів було їх застосування у виробництві напоїв та морозива, в рецептурах яких передбачене додавання лимонної кислоти. Тому використання цієї кислоти для здійснення гідролізу виключало стадію додаткового очищення продукту.

Поточний контроль процесу здійснювали за допомогою визначення редукуючих речовин (РР) у добутих продуктах і тонкошарової хроматографії в

закріпленому шарі. Загальний вміст вуглеводів та вуглеводний склад продуктів визначали за допомогою рідинної хроматографії.

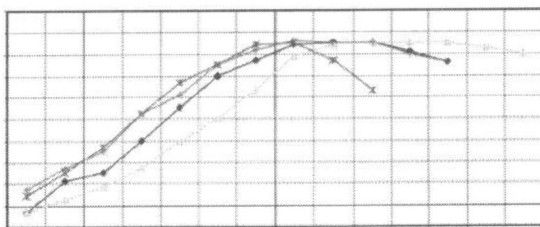
Було встановлено, що як для кашки подрібнених свіжих коренеплодів, так і для порошку цикорію збільшення кількості доданої лимонної кислоти в межах до 0,4 % (до взятого в реакцію цикорію) забезпечує пропорційне зростання виходу РР в утвореному продукті. Збільшення вмісту лимонної кислоти вище 0,4 % на графіку відображається відхиленням від пропорційної залежності та приводить до горизонтальної ділянки, початок якої відповідає оптимальному значенню кількості доданої лимонної кислоти. Подальше підвищення відносного рівня кислоти відображається деяким відхиленням кривої до осі абсцис, що може пояснюватись інтенсифікацією побічних процесів під впливом надлишкової кількості кислоти, що призводить до розкладу утвореної фруктози та вторинних взаємодій. Залежність вмісту РР у гідролізатах цикорію від температури, за якої здійснюється гідроліз, відображається кривою з чітко вираженим максимумом. Цей пік на кривій відповідає оптимальній температурі процесу.

Як видно з рис. 2, на якому наведено приклад залежності вмісту РР у гідролізатах цикорію від тривалості гідролізу за сталої температури (яка є оптимальною) та фіксованих вихідних значень вмісту лимонної кислоти, збільшення тривалості гідролізу до певного оптимального значення (за даних умов це 120 хв.) приводить до зростання відносного вмісту РР. Подальше збільшення тривалості обробки відображається на графіку відхиленням кривої залежності до осі абсцис – за рахунок розкладу цільової сполуки та вторинних процесів. Таким чином, у результаті систематичного дослідження вмісту ре-



Температура

Рис. 1. Залежність вмісту РР у гідролізатах від температури для сушеного порошку цикорію за сталої тривалості процесу ($x = 120$ хв.) і вихідного вмісту лимонної кислоти -0,9% та 1,0% з переробки олійної сировини та обсягів виробництва і переробки насіння соняшнику.



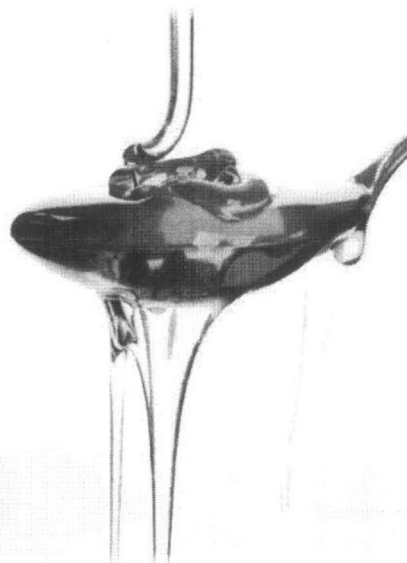
Тривалість гідролізу, хв

Рис. 2. Залежності вмісту редукувальних речовин у гідролізатах цикорію від тривалості гідролізу за сталої температури (яка є оптимальною) та фіксованих вихідних значень вмісту лимонної кислоти.

дукуючих речовин у гідролізатах цикорію при каталітичній дії лимонної кислоти були встановлені такі оптимальні режими процесу гідролізу: для тертих свіжих коренеплодів кількість доданої лимонної кислоти становила $C = 0,8\%$, температура $I = 65^\circ\text{C}$, тривалість гідролізу $t = 120$ хв.; для суспензій порошоків сушеного цикорію (30 г порошку цикорію на 100 г суспензії), відповідно, кількість доданої лимонної кислоти становила $C = 0,9 - 1,0\%$, температура $I = 65^\circ\text{C}$, тривалість гідролізу $t = 120$ хв.

Грунтуючись на промислових вимогах та потребах сучасної харчової промисловості та виходячи з теоретичних і практичних досліджень, було запропоновано принципи технологічної схеми добування фруктозо-олігосахаридного сиропу із свіжих коренеплодів, а також із порошку сушеного цикорію.

Відповідно до запропонованої технологічної схеми, наведеної на рис.3, сік, добутий шляхом перети-



рання коренеплодів на відцентрових тертках, піддається обробці лимонною кислотою у кількості 0,8-1% до маси переробленого цикорію. При переробці сушеного цикорію порошок замочують у співвідношенні 30 частин порошку цикорію на 70 частин води і подають у реактор гідролізу з лимонною кислотою. При цьому відбувається гідроліз інуліну з утворенням фруктози і деякої кількості фрукто-олігосахаридів. Після реактора гідролізований сік подається на вакуум-фільтри для відокремлення

осаду, утвореного речовинами колоїдного ступеня дисперсності. Далі фільтрат подається на освітлення активованим вугіллям, фільтрується, а потім згущується на плівкових вакуум-апаратах системи Віганда до вмісту сухих речовин 80-85%, що запобігає розмноженню мікроорганізмів у готовому продукті. Одержаний сироп має доброякісність 92-94%, у такому вигляді він і фасується у неіржавіючу тару.

Технологічна схема здійснюється таким чином. Коріння цикорію з буртів гідротранспортером подається на мийку, а на тертку - елеватором Порошок сушеного цикорію з бункера потрапляє у збірник-мішалку для приготування суспензії.

Вибір терток для картопляних бульб замість бурякорізок зумовлений тим, що у процесі стирання рослинної тканини відбувається механічне руйнування біополімерного ланцюга інуліну цикорію на дрібніші ланки, що сприяє подальшому процесу гідролізу.

Крім інуліну і фруктанів у дифузійний сік переходять вільні редуруючі речовини (фруктоза, глюкоза), кількість яких у здоровому коріні звичайно близько 0,5%. У сік, добутий шляхом центрифугування цикорної кашки, переходить ряд розчинних нецукрів, які містяться у коренеплодах. Сюди можна віднести мінеральні й органічні солі та інші речовини, які мають вищий коефіцієнт дифузії, ніж вуглеводний комплекс. Значно повільніше відбувається дифузія білків, переважна частина яких при нагріванні коагулює. Пектинові речовини дифундують повільніше внаслідок більшої молекулярної маси, але за високої температури та подовженні тривалості процесу гідролізу вірогідний перехід у сік пектинових речовин у колоїдному стані. Цьому також може сприяти зростання рН соку вище 5,5. Теоретично кількість пектинових речовин у соку збільшується за рахунок пептизації, часткового їх гідролізу, вимивання з розірваних клітин рослинної тканини, але це явище зведено до мінімуму завдяки підтриманню рН в межах значень 5,5-6,0 на всіх ланках технологічної схеми. Відцентрифугований сік цикорію являє собою рідинну світло-брунатного кольору, слабкокислої реакції - близько 4,0. Суспензія із сушеного цикорію має мутно-тілесний колір і рН близько 6,0.

Гідроліз інуліну проводять у реакторах з мішалкою при температурі не більше 65°C впродовж 120 хвилин; це зумовлено необхідністю запобігання переходу в гідролізат речовин колоїдного ступеня дисперсності. Як каталізатор пропонується використовувати лимонну кислоту в кількості 0,8% до маси переробленого цикорію. При цьому рН реакційної суміші зменшується до 3,0. Вибір лимонної кислоти для прискорення процесу гідролізу зумовлений тим, що при цьому не відбувається різкого падіння рН, що в свою чергу може провокувати небажане утворення комплексів білкових речовин з вивільненою фруктозою. Ще одним фактором вибору лимонної кислоти є те, що її залишок у кількості 0,02%, який лишається у гідролізаті, цілком безпечний для використання в подальшому виробництві харчових продуктів і не потребує додаткового виведення з гідролізованого соку, - на відміну від відомих способів гідролізу ферментами і мінеральними кислотами. Навпаки, у ряді випадків подальшого застосування добутого гідролізату, наприклад, у виробництві безалкогольних освіжаючих напоїв або холодних чаїв, наявність лимонної кислоти є бажаною. Сік потрапляє на колоно-у з активованим вугіллям, де проходить додаткове освітлення. Після контрольної механічної фільтрації гідролізат подається на випарну станцію, де упарюється до стану сиропу. Сухі речовини сиропу повинні становити близько 85%. Апаратне оформлення технологічної схеми для добування фруктозо-олігосахаридного сиропу з сушеного цикорію відрізняється від схеми перероблення свіжого лише технологічною ланкою замочування порошку в збірнику з мішалкою для приготування суспензії. На інших лан-

ках технологічного процесу відбуваються процеси, зумовлені кислотою реакцією середовища, тобто потребують апаратури і комунікаційних систем з кислото- і корозійностійкого матеріалу.

ВИСНОВКИ

1. Вивчено перебіг гідролізу інуліну цикорію при дії харчової лимонної кислоти. Встановлено оптимальні умови гідролізу з метою добування фруктозо-інулоолігосахаридних продуктів (кількість лимонної кислоти - від 0,8 до 1,0% до маси цикорію, тривалість гідролізу - 120 хв. при температурі 65 °C).

2. За допомогою рідинної хроматографії високого тиску виявлено, що за оптимальних умов (кількість лимонної кислоти 0,8 - 1,0 % до маси цикорію, тривалість гідролізу - 120 хв. при температурі 65 °C) гідроліз інуліну відбувається на 85 %, у гідролізаті фруктоза становить 83-85 %, на інулоолігосахариди припадає 17-15 %.

3. Досліджено основні особливості технологічних параметрів гідролізу інуліну свіжого і сушеного цикорію лимонною кислотою, які становлять 65°C при тривалості 120 хвилин. Кількість порошку лимонної кислоти, яка витрачається на процес гідролізу становить 0,8% до маси свіжих коренеплодів переробленого цикорію і 0,8-1% до маси порошку сушеного цикорію. Кінцевий продукт - фруктозо-олігосахаридний сироп з чистотою 95-96 % і сухими речовинами до 85%.

4. Розроблено технологічні схеми для перероблення свіжих коренеплодів і порошку сушеного цикорію. У зв'язку з тим, що реакція середовища коливається від рН=3,5 до рН=2,0, апаратуру і комунікації рекомендовано виготовляти з кислото- і корозійностійких матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кочеткова А.А., Тужилкин В.И. *Функциональные продукты: некоторые технологические подробности в общем вопросе* // Пищевая промышленность. - 2003. - №5. - С.8-Ю.
2. Левицкий А.П. *Инулин - пища для бактерий, пекарство для людей*. Одесса, 2003, 28 с.
3. Бобровник Л.Д., Зинченко Н.Ю., Герасименко А.А. *Кинетика гидролиза инулина* // Сах. пром-ть. - 1984. - №9. - С.28-29.
4. АзеНендreen N. *Proieicіon oі Oіsіsoze-Prісіoіze Зугир. - Ppocесз Bіocіetіvігу. - 1975. - 1/оі. 10, №4. - P.17-18.*
5. Бобровник Л.Д., Лезенко Г.А. *Углеводы в пищевой промышленности*. - К.: «Урожай», 1991. - 112 с.
6. Бобровник Л.Д., Гулий И.С., Ефимов А.С., Ремесло Н.В., Лезенко Г.А. *Способ получения фруктозных сиропов из инулинсодержащего сырья*. А.С. № 1392105 СССР. Заявл. 14.10.1985. № 4004100, опубл. 03.01.1988.
7. Бугаенко И.Ф. «Сахар и заменители» - М.: ООО «Тепер», 2004. - 75 с.
8. *Углеводы / Чармс Ш. // Хроматография. Практическое приложение метода : В 2-х ч. Пер. с англ./ Под ред. З.Хейфмана. - М.: Мир, 1986. - Ч.2, гл.7. - С.5-15.*