

ЗАГАЛЬНЕ ТА ОСОБЛИВОСТІ БІОТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧОВИХ КИСЛОТ

Бабак М.І., Литвинов Г.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, babak.maria@iik.kpi.ua

Abstract

This article provides a brief overview of the most common food acids, including acetic, citric, malic, lactic and fumaric acids, including information on their use in the food industry. It also provides information on modern methods of production and the world's largest producers, as well as a brief description of their role in the human body.

Keywords: food acids, function, production, market.

Вступ. Актуальним напрямом економіки щодо задоволення людських потреб є технологія отримання органічних кислот, серед яких харчові кислоти відіграють особливу роль, оскільки вони використовуються для регулювання найважливішої функції людського організму – забезпечення оптимальних умов обміну речовин, що є головною ознакою живого як цілого. Не завжди традиційні продукти харчування (фрукти, овочі, білкові, жири) забезпечують потрібний рівень рН у конкретному організмі й тому харчові кислоти набули зростаючого виробництва.

Харчові кислоти виконують подвійну функцію: вони діють як консерванти (антимікробні), а також надають специфічного смаку або аромату харчових продуктів [1].

Як кислотні регулятори їх зазвичай додають до харчових продуктів, щоб підтримувати фізіологічно нормальний рівень рН в організмів, шляхом вживання продуктів різної кислотності та лужності.

Існує ряд інших ролей, які відіграють харчові кислоти та регулятори, окрім згаданих вище, а саме:

- надання бажаної інтенсивності смаку, яка точно відповідає, підсилює або модифікує природний або оригінальний смак конкретного харчового продукту;
- зниження кислотності/лужності харчових продуктів для мінімізації/запобігання/затримки росту мікроорганізмів або пригнічення проростання спор;
- буферний ефект шляхом підтримання кислотності/лужності харчових продуктів;
- забезпечення належного середовища для хелатування іонів металів, важливого явища для мінімізації окислення ліпідів;
- зміна структури харчових продуктів, таких як гелі, виготовлені з камеді та інших білків [1].

Для виконання такого широкого спектру функцій харчові кислоти мають різноманітні функціональні можливості та хімічну різноманітність. Деякі з них більше підходять для ролі підсилювачів смаку, інші - як підкислювачі, хелатори

металів, антимікробні засоби та розчинники, а також деякі з них можуть використовуватись у лікувально – профілактичних цілях [1].

Найпоширенішими харчовими кислотами є оцтова, лимонна, яблучна та фумарова. Усі ці харчові кислоти загалом визнані безпечними (GRAS), за винятком фумарової кислоти, яка дозовано призначається у лікувально – профілактичних цілях в окремих випадках [1].

Існує декілька технологій отримання харчових кислот, серед яких є біотехнологічний і хімічний синтез, а також фітоекстракція. Серед них найбільш перспективним вважається біотехнологічний метод з використанням різних продуцентів, перевагами якого є біосумісність, екологічна безпечність для довкілля, відновлюваність сировини та продуцента, а також порівняно висока економічна ефективність.

Метою даної роботи є метааналіз та рев'ю біотехнологій отримання харчових кислот.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень аналізувались провідні наукові джерела останніх років щодо властивостей та виробництва найбільш використовуваних харчових кислот.

Результати та обговорення. У таблиці 1 представлено результат мета-аналізу найбільш використовуваних харчових кислот.

Таблиця 1. Біотехнологічне отримання найбільш вживаних харчових кислот

Назва кислоти	Особливості технології	Примітка
Фумарова кислота	У даний час фумарова кислота виробляється хімічним способом шляхом ізомеризації малеїнової кислоти (або малеїнового ангідриду), отриманої в результаті каталітичного парафазного окислення бензолу або вуглеводнів C4 [2]. Також відомі методи отримання фумарової кислоти з глюкози за допомогою <i>Rhizopus oryzae</i> [2].	Він відіграє важливу роль у трикарбонному циклі і в перенесенні аміно - N з аспартату.
Лимонна кислота	Основні шляхи отримання лимонної кислоти це ферментаційний, хімічний або екстракцією з плодів цитрусових рослин. Останній більш характерний для країн південної Америки, оскільки кліматичні умови там більш сприятливі для вирощування даних рослин. Серед відомих хімічних способів виділяють отримання з цитрату кальцію, виділеного з лимонного соку, а також із гліцерину. Однак всі ці синтетичні методи виявилися непридатними через дорогі або небезпечні сировинні матеріали, або надмірну кількість стадій реакції, що призводило до низьких виходів лимонної кислоти [3]. У промисловості її виробляють ферментацією з використанням гриба <i>Aspergillus niger</i> .	Є проміжним продуктом у циклі Кребса, що з'єднує окислювальний метаболізм вуглеводів, білків і жирів [4].

Продовження таблиці 1

Назва кислоти	Особливості технології	Примітка
Молочна кислота	Може вироблятися шляхом хімічного синтезу або мікробіологічної ферментації цукрів, отриманих з відновлюваних ресурсів, таких як сільськогосподарські відходи. Молочна кислота може вироблятися шляхом різних хімічних реакцій, включаючи гідроліз похідних молочної кислоти, наприклад, складних ефірів або нітрילів. Хімічний синтез отримання молочної кислоти не є доцільним, тому понад 90% молочної кислоти виробляється шляхом мікробіологічного зброджування джерел вуглецю такими мікроорганізмами як <i>Corynebacterium glutamicum</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> та інші [5].	Молочна кислота в основному виробляється в м'язових клітинах та еритроцитах. Вона утворюється, коли організм розщеплює вуглеводи для отримання енергії при низькому рівні кисню. Також відомо, що такі бактерії як <i>Escherichia coli</i> та <i>Yersinia enterocolitica</i> здатні продукувати молочну кислоту з метою запобігання розмноження гнилісних та патогенних мікроорганізмів у кишківнику.
Оцтова кислота	Оцтову кислоту можливо отримувати шляхом ферментації за допомогою мутантних штамів <i>Clostridium thermoaceticum</i> та <i>Acetobacter aceti</i> [6]. Серед синтетичних шляхів отримання оцтової кислоти виділяють карбонілювання метанолу та рідиннофазне окиснення бутану, нафти або ацетальдегіду [6].	Вільна оцтова кислота, що утворюється в печінці, майже не метаболізується в мітохондріях печінки, а постачається до позапечінкових тканин як паливо, подібно до фізіологічної ролі кетонів тіл. У периферичних тканинах оцтова кислота активується ацетил-КоА-синтетазою 2 (AceCS2) з утворенням ацетил-КоА [7].
Яблучна кислота	Більша частина її виробляється шляхом хімічної гідратації малеїнової або фумарової кислоти з використанням високої температури (180 - 220°C) і високого тиску (14 - 18 бар), з утворенням рацемічної суміші DL-яблучної кислоти [2]. Ферментаційним способом L-яблучну кислоту можна отримати за допомогою <i>Aspergillus oryzae</i> [2].	В організмі вона виступає в ролі проміжного продукту в циклі трикарбонівих кислот.

Біосинтетичне виробництво харчових кислот є високоприбутковим бізнесом і поширене у всіх індустріально розвинених країнах світу.

Останнім часом до числа найбільших виробників біосинтетичних харчових кислот увійшли Індія та Китай.

Проведений аналіз свідчить, що найбільшими світовими виробниками харчових кислот за останні 5 років є:

- Лимонна кислота: Pfizer, Inc.; Tate & Lyle PLC; Danisco A/S; Cargill; Kenko Corporation.

- Молочна кислота: BASF SE; Galactic; Musashino Chemical (China) Co., Ltd.; TEIJIN LIMITED; Henan Jindan Lactic Acid Technology Co. Ltd.; Jungbunzlauer Suisse AG.

- Оцтова кислота: Eastman Chemical Company; HELM AG; Indian Oil Corporation Ltd.; Gujarat Narmada Valley Fertilizers & Chemicals Limited; DAICEL CORPORATION.

- Фумарова кислота: Bartek Ingredients; Thirumalai Chemicals; Xilong Chemical Company Ltd; Nippon Shokbai Co. Ltd; Tianjin Bohai Chemicals.

- Яблучна кислота: Fuso Chemical Co. Ltd; Thirumalai Chemicals Ltd; BASF SE; Ashland Inc.; Mitsui Chemicals.

Висновки. Харчові кислоти за своєю природою є мультифункціональними й використовуються не тільки для зміни властивостей харчових продуктів, а й в фармацевтичній, текстильній та інших галузях. Найбільш відомими серед них є оцтова, лимонна, яблучна та фумарова кислоти.

Більшість із них виробляються в організмі людини й виконують важливі функції, наприклад у циклі трикабонових кислот.

Найбільшими актуальними проблемами у біотехнологічному виробництві харчових кислот є пошук продуцентів з підвищеним виходом цільового продукту, удосконалення технологічної та апаратурної схем, створення в одному технологічному циклі харчових кислот комбінації з іншими функціонально можливими добавками, підвищення економічності виробництва через виходи, пошук нових більш доступних джерел сировини.

Ринок харчових кислот представлений великою кількістю виробників, серед яких такі найбільші Cargill, BASF SE, Eastman Chemical Company, Bartek Ingredients, Fuso Chemical Co. Ltd та інші.

Список використаної літератури:

1. Msagati T. A. M. Chemistry of Food Additives and Preservatives. Oxford, UK : Blackwell Publishing Ltd., 2012. URL: <https://doi.org/10.1002/9781118274132> (date of access: 10.04.2024).

2. Goldberg I., Rokem J. S. Organic and Fatty Acid Production, Microbial. Reference Module in Life Sciences. 2017. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.13083-3> (date of access: 10.04.2024).

3. Kirimura K., Yoshioka I. 3.13 - Citric Acid. Comprehensive biotechnology / ed. by M. Moo-Young. 3rd ed. 2019. P. 158–165. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00157-9>.

4. Fenaroli's handbook of flavor ingredients / ed. by G. Burdock. 6th ed. Boca Raton, FL : CRC Press, 2009. 2160 p.

5. Ojo A. O., de Smidt O. Lactic Acid: A Comprehensive Review of Production to Purification. Processes. 2023. Vol. 11, no. 3. P. 688. URL: <https://doi.org/10.3390/pr11030688> (date of access: 10.04.2024).

6. Acetic Acid / C. Le Berre et al. In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry / ed. by M. Bohnet. 7th ed. Weinheim, 2014. P. 1–34. URL: https://doi.org/10.1002/14356007.a01_045.pub3.

7. Yamashita H. Biological Function of Acetic Acid—Improvement in Obesity and Glucose Tolerance by Acetic Acid in Type 2 Diabetic Rats. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015. Vol. 56, sup1. P. S171–S175. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1045966> (date of access: 10.04.2024)