



Няньковський С.Л., Няньковська О.С., Яцула М.С., Городиловська М.І.
Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

Постбіотики і їх потенційне застосування в харчуванні дітей раннього віку

Резюме. Термін «біотики» застосовується щодо харчових стратегій, які використовуються з метою видозміни мікробіоти кишечника для досягнення більш сприятливого стану здоров'я хазяїна. Термін «біотик» походить від грецького слова *biōtikós*, що означає «стосується життя», і вживається щодо біологічної екосистеми, яка складається з живих організмів разом із їхнім фізичним середовищем. Пребіотики, пробіотики й синбіотики можуть модулювати склад мікробіоти кишечника і її активність, а також мати прямий вплив на імунну відповідь. Найновіший член сімейства біотиків — це постбіотики. Вони належать до біоактивних сполук, що утворюються внаслідок мікробіологічної ферментації. До постбіотиків належать мікробні клітини, складові клітин і різні метаболіти. Ефективність постбіотиків базується на мікробних метаболітах — білках, ліпідах, вуглеводах, вітамінах, органічних кислотах, компонентах клітинної стінки або інших складних молекулах, що утворюються з матриці, яка ферментується. Постбіотики мають локальні й системні ефекти. До локальних ефектів належать імуномодулюючий, протизапальний, антимікробний, формування кишкового бар'єра, вплив на склад і активність мікробіоти, до системних — антиоксидантний, антигіпертензивний, гіпохолестеролемічний, антипроліферативний, зниження ризику розвитку ожиріння. Результати досліджень мікробіоти кишечника сприятимуть розробці індивідуальних рекомендацій щодо персоналізованого харчування або втручання для покращення стану здоров'я кожного індивіда. Постбіотики можуть бути безпечнішою альтернативою пробіотикам у дітей, зокрема імунокомпromетованих або тяжко хворих.

Ключові слова: мікробіота; постбіотики; діти; дитяча ферментована суміш

Вступ

Мікробне середовище шлунково-кишкового тракту (ШКТ) людини є місцем складної і динамічної взаємодії мікробіоти кишечника й організму хазяїна. Завдяки їх взаємозв'язку мікробіота кишечника впливає на безліч фізіологічних функцій хазяїна, часто опосередкованих його імунною системою [1]. Компоненти мікробіоти кишечника також виробляють широкий спектр сполук, що можуть використовуватися як хазяїном, так і іншими мікроорганізмами. Такі відносини називаються взаємодією між хазяїном і мікробною спільнотою [2]. Ці взаємодії є життєво важливими для формування мікробного симбіозу хазяїна і створення стабільних спільнот, що сприяють здоров'ю і є стійкими до різних порушень протягом усього життя [3, 4].

Хоча для визначення точної ролі мікробіоти кишечника щодо конкретних аспектів здоров'я і деяких захворювань потрібні додаткові дослідження, загальновідомо, що склад мікробіоти корелює з цілою низкою захворювань, тому це стало важливою складовою як терапії, так і харчування [5, 6]. Склад і властивості мікробіоти кишків можна модулювати кількома способами. Термін «біотики» застосовується щодо харчових стратегій, які використовуються з метою видозміни мікробіоти кишечника для досягнення більш сприятливого стану здоров'я хазяїна. Термін «біотик» походить від грецького слова *biōtikós*, що означає «стосується життя», і вживається щодо біологічної екосистеми, яка складається з живих організмів разом з їхнім фізичним середовищем [7]. Пребіотики, пробіотики й синбіотики можуть модулювати склад мікробіоти кишечника

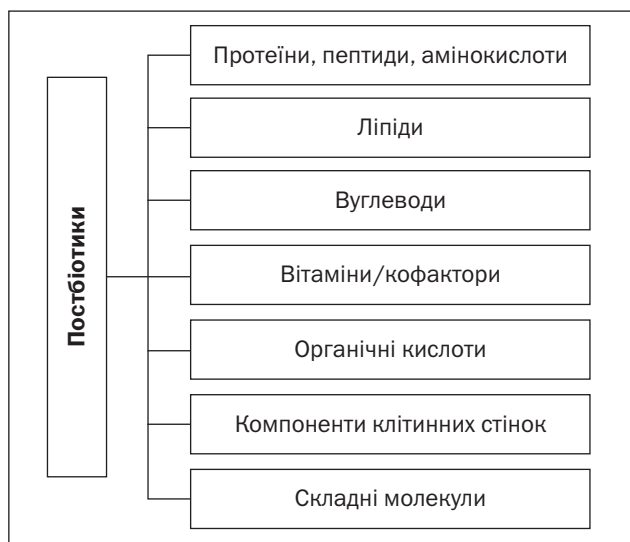


Рисунок 1. Структура постбіотиків

та її активність, а також мати прямий вплив на імунну відповідь. Найновіший член сімейства біотиків — це постбіотики. Вони належать до біоактивних сполук, що утворюються внаслідок мікробіологічної ферментації. До постбіотиків належать мікробні клітини, складові клітин і різні метаболіти (рис. 1) [8].

У зв'язку зі зростаючим інтересом до застосування різних харчових стратегій з метою модуляції мікробіоти кишечника кількість робіт, що повідомляють про дослідження пробіотиків і пребіотиків, стрімко збільшилася за останні 40 років. І лише нещодавно з'явилися повідомлення про постбіотичні продукти. У багатьох із цих досліджень використовується термін «постбіотики». Деякі дослідження описують застосування «парапробіотиків», «нежиттєздатних мікробних клітин» і «ферментованих дитячих сумішей» (ФДС), що відповідають визначенню постбіотиків [8].

Пробіотики

За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, пробіотики — це «живі мікроорганізми, які при введенні в достатній кількості несуть користь здоров'ю хазяїна» [9, 10]. Більшість продуктів, до складу яких входять пробіотики, містять певний набір мікробних таксонів, до яких переважно належать молочно-кислі бактерії, такі як *Lactobacillus* spp. і *Bifidobacterium* spp., які в цілому вважаються безпечними [11].

Встановлено, що пробіотики можуть впливати на мікробіоту кишечника через пригнічення патогенних мікроорганізмів, а також шляхом запобігання їх адгезії і розмноженню цих збудників у кишечнику [12, 13]. Крім того, пробіотики відіграють важливу роль у розвитку імунної системи, синтезі харчових елементів, таких як вітаміни, і зміцненні цілісності кишкового бар'єра [14].

Для пробіотичних представників роду *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* і *Streptococcus* встановлено імуномодулюючі властивості, зокрема, вони сприятливо впливають на клітинний імунітет і процес запалення [15]. Модуляція розвитку імунітету є перспективним застосуванням пробіотиків, зокрема, в дітей раннього віку,

у яких зафіксовано найбільш виражений імуномодулюючий ефект [16]. Отже, пробіотики в харчуванні немовлят і дітей раннього віку показали багатообіцяючі результати при лікуванні алергії, кишкових і респіраторних інфекцій, синдрому подразненого кишечника, виразкового коліту (ВК) і синдрому дитячих кольок, у той же час слід пам'ятати, що вони не показані для рутинного використання [17].

Пребіотики

Міжнародна наукова асоціація пробіотиків і пребіотиків нещодавно переглянула визначення і сферу застосування пребіотиків. Пребіотики — це «субстрат, який вибірково використовується мікроорганізмами хазяїна, даючи користь здоров'ю» [18]. Пребіотики можуть змінювати склад мікробіоти, стимулюючи ріст певних видів, чим і корисні для здоров'я хазяїна [19].

Пребіотичні ефекти властиві численним ферментованим вуглеводам, зокрема олігосахаридам (ОС) грудного молока, деяким типам харчових волокон, фенолікам, кон'югованій лінолевої кислоти й поліненасиченим жирним кислотам, а також великому спектру ОС із широким діапазоном впливу [18]. Позитивний клінічний ефект ОС значною мірою може бути структуроспецифічним, оскільки їх спектр у грудному молоці є достатньо широким — близько 1000 структур (із них 200 розшифровані), а їх вміст і співвідношення є індивідуальним й залежить від багатьох чинників [20]. До найкраще вивчених і найбільше використовуваних ОС у дитячому харчуванні належать коротколанцюгові галактоолігосахариди (scGOS) і довголанцюгові фруктоолігосахариди (lcFOS) у співвідношенні 9 до 1 в оптимальній концентрації 0,8 г на 100 мл суміші [21–25]. Основні ефекти багатьох пребіотиків ґрунтуються на посиленні росту й активності специфічної біфідофлори, переважання якої характерне для немовлят на грудному вигодовуванні й дітей молодшого віку [26]. ОС потрапляють в кишечник у незміненому вигляді (не руйнуються шлунковим соком і не розщеплюються власними ферментами людини). У кишечнику вони служать харчовим субстратом для власних біфідобактерій і лактобактерій, оскільки саме біфідо- і лактобактерії мають фермент, що перетравлює ОС. У результаті при достатній кількості ОС біфідо- і лактофлора має добре поживне середовище, унаслідок чого інтенсивно розмножується, посідаючи домінуюче місце в біоценозі кишечника. Завдяки цьому модулюючому ефекту ОС, якими збагачують дитячі суміші, індукують зміни метаболічної активності кишечника й наближують консистенцію і частоту випорожнень дітей на штучному вигодовуванні до таких на грудному [25].

Нормалізуючи біоценоз кишечника, вони запобігають проявам усіх функціональних розладів ШКТ або зменшують їх, зокрема такі:

— проноси (не дають розмножуватися патогенній флорі, у зв'язку з чим знижується кількість кишкових інфекцій; нормалізуючи кількість корисної мікрофлори, збільшують кількість синтезованої лактази й зменшують проноси як прояв лактазної недостатності);

— малюкові кольки і метеоризм (нормалізуючи кількість корисної мікрофлори, збільшують кількість синтезованої лактази й знижують газоутворення як прояв лактазної недостатності);

— зригування (опосередковано, зменшуючи метеоризм і здуття, знижують тиск на шлунок з боку кишечника),

— запори (завдяки домінуванню нормальної мікрофлори й олігосахаридам, які є волокнами й тягнуть на себе воду, стимулюється перистальтика кишечника, а також збільшується синтез цитокінів, що стимулюють моторику кишечника).

Повноцінно сформований кишковий бар'єр перешкоджає всмоктуванню алергенів із просвіту кишечника, відповідно, не запускається каскад алергічних реакцій в організмі, тобто не відбувається сенсibiliзація. Усе це запобігає розвитку харчової алергії та atopічного маршу (atopічний дерматит, алергічний риніт, алергічне ураження ШКТ, бронхіальна астма тощо).

Sertac Arslanoglu та співавт. [27] досліджували імунотропні властивості scGOS/lcFOS, а саме запобігання інфекційним захворюванням та алергії. Здорові доношені немовлята з обтяженим сімейним анамнезом з алергічних захворювань були розподілені на дві групи: контрольна група отримувала гіпоалергенну дитячу суміш, збагачену scGOS/lcFOS (102 немовляти), а група плацебо (104 немовляти) — гіпоалергенну суміш без scGOS/lcFOS протягом перших 6 місяців життя. Основними критеріями для оцінки були епізоди інфекційних захворювань, кількість інфекцій, які потребували антибіотиків, та інфекційна захворюваність. Протягом періоду дослідження в немовлят із групи scGOS/lcFOS спостерігалось менше епізодів усіх видів інфекцій ($p = 0,01$). Вони також мали тенденцію до меншої кількості епізодів інфекції верхніх дихальних шляхів ($p = 0,07$) і меншої кількості інфекцій, які потребували лікування антибіотиками ($p = 0,10$). Частота повторних інфекцій була значно нижчою в групі з scGOS/lcFOS. Частота усіх повторних інфекцій і повторних респіраторних інфекцій становила 3,9 і 2,9 % відповідно в групі з scGOS/lcFOS і 13,5 і 9,6 % відповідно в групі плацебо ($p = 0,05$). Тобто пребіотики scGOS/lcFOS зменшували кількість епізодів і частоту повторних інфекційних захворювань, зокрема, верхніх дихальних шляхів протягом перших 6 місяців життя.

Окрім позитивного впливу на дітей грудного віку, пребіотики впливають на життєдіяльність організму протягом усього життя, зокрема покращують роботу ШКТ і бар'єрну функцію, підвищують абсорбцію мінералів, модулюють енергетичний обмін і зменшують ризик кишкових інфекцій [15, 28].

Синбіотики

Синбіотики часто визначають як «синергічні суміші пробіотиків і пребіотиків, які чинять позитивний вплив на організм хазяїна, покращуючи виживання й колонізацію живих корисних мікроорганізмів у ШКТ хазяїна» [9, 10]. Синбіотики можуть модулювати як склад мікробіоти кишечника, так і вироблення мікробних метаболітів [29]. Згідно з дослідженнями,

спеціальні дитячі суміші з додаванням синбіотиків підтримують нормальний ріст немовлят з алергією на коров'яче молоко, модулюють мікробіоту кишечника й запобігають розвитку астми в немовлят з atopічним дерматитом [30–32]. Крім цього, встановлено, що дитяча суміш, збагачена синбіотиками, що містять scGOS/lcFOS і *Bifidobacterium breve* M-16V, компенсує затримку колонізації біфідобактеріями кишечника немовлят, які народилися шляхом кесарського розтину. У цих немовлят синбіотики модулюють вироблення ацетату й підкислення ШКТ [33]. У дорослих результати кількох метааналізів свідчать про позитивний вплив синбіотиків при запорах, зниження високого рівня глюкози в крові натще й зменшення ризику розвитку післяопераційного сепсису після шлунково-кишкової хірургії [34–36].

Постбіотики

Важливо зауважити, що склад мікробіоти кишечника відрізняється як у популяціях, так і в різних індивідів. Це пов'язано з її метаболічним і функціональним фенотипом. Тому ступінь мікробного метаболізму в окремих осіб може різнитися [37]. З цим можуть бути пов'язані різні ефекти цих біотиків на здоров'я різних людей [38]. Більше того, багато з очікуваних ефектів щодо здоров'я внаслідок додавання пробіотиків, пребіотиків або синбіотиків пов'язані з можливим виробництвом коротколанцюгових жирних кислот і таких компонентів, як мікробні фракції, функціональні білки, секретовані полісахариди, позаклітинні полісахариди, клітинні лізати, тейхоева кислота, пептидоглікани нові похідні муропептидів і пілі-структури [24, 39–43].

Зазначені ефекти сприяли переосмисленню процесу ферментації їжі й породили концепцію постбіотиків. Постбіотики — це функціональні сполуки ферментації, які можна використовувати в поєднанні з нутрієнтами для зміцнення здоров'я (рис. 2).

Дві найбільш часто згадуваних сфери використання постбіотиків — це застосування парaproбіотиків у фармацевтичних засобах і постбіотиків — у ферментованих дитячих сумішах. Парaproбіотики, або пробіотики-примари, зараз часто визначаються як «нежиттєздатні або інактивовані мікробні клітини, які при введенні в достатній кількості в організм хазяїна чинять корисний вплив на нього» [44, 45]. ФДС — це дитячі суміші, які були ферментовані молочнокислими або іншими бактеріями й у більшості випадків не містять життєздатних бактерій [46, 47].

Грудне вигодовування (ГВ) є найкращим методом годування всіх новонароджених дітей, воно забезпечує повноцінне харчування, підтримку росту й розвитку. Грудне молоко є оптимальним джерелом корисних бактерій, пребіотичних ОС і постбіотиків, що позитивно впливають на формування мікробіоти кишечника в немовлят. Ці пребіотики потрапляють неушкодженими до нижньої частини кишечника малюків, де вони вибірково ферментуються біфідобактеріями. Цей процес ферментації також створює постбіотики.

Постбіотики можуть підвищувати потенціал активних мікроорганізмів або перетворювати їх на функціо-

нальні компоненти. Крім того, щодо постбіотиків оминається технічна проблема ефективності колонізації і підтримки життєздатності й стабільності мікроорганізмів у продукті (препараті) у високій дозі. Це полегшує доставку активних інгредієнтів у потрібне місце в кишечнику, покращує термін зберігання й може спростити упакування й транспортування [48]. Крім того, було висловлено припущення, що використання постбіотиків може бути доброю альтернативою іншим біотикам у тяжкохворих пацієнтів, дітей раннього віку й передчасно народжених [49, 50]. Концепція постбіотиків може ще більше зблизити їжу, мікробіологію та індивідуальне лікування [51].

На сьогодні вже є відомі постбіотичні сполуки, вивчені механізми їх впливу на організм. Ми розглянемо деякі з них.

Вплив постбіотиків на взаємодію організму хазяїна й мікробіоти

Пробіотики за визначенням є життєздатними, їх стабільність і життєздатність є важливою умовою позитивного впливу на здоров'я [52]. Однак для постбіотиків життєздатність уже не є найважливішим критерієм. Ефективність постбіотиків базується на мікробних метаболітах — білках, ліпідах, вуглеводах, вітамінах, органічних кислотах, компонентах клітинної стінки або інших складних молекулах, що утворюються з матриці, яка ферментується [43, 45]. На склад постбіотиків можуть впливати методи обробки харчових продуктів, у тому числі термічний, ультразвуковий, опромінення й високий тиск [53]. Мікроорганізми, що беруть участь у процесі ферментації, можуть по-різному реагувати на ці методи. Наприклад, деякі білки, що походять з бактерій, інактивованих термічно, можуть денатуруватися, тоді як опромінення може спричинити мутації нуклеїнових кислот [53]. Таким чином, склад постбіотика, а отже, і реакція хазяїна на нього залежить від особливостей процесу виробництва [44].

Молекулярні механізми дії постбіотиків виникають під час взаємодії між організмом хазяїна й мікробними продуктами. Це, у свою чергу, може стимулювати імунну систему хазяїна і тим самим викликати, на-

приклад, протизапальну реакцію [54]. Дослідження, що описують ці молекулярні механізми, часто проводяться *in vitro*, механізми дії, що призводять до виникнення цих ефектів у людини, залишаються не до кінця з'ясованими [53]. Уявлення про можливий механізм імуномодуючої дії постбіотиків у людини може бути отримане в експерименті *in vitro*, що показує вроджену відповідь макрофагів на нежиттєздатні клітини *Lactobacillus casei*. Суспензія зі зруйнованими термічно бактеріальними клітинами призводить до посилення експресії протизапальних цитокінів і транскрипції Toll-подібних рецепторів (TLR-2, TLR-3, TLR-4 і TLR-9) [55]. Більше того, кілька досліджень *in vitro* показали, що клітини біфідобактерій, які піддаються термічній обробці, індують клітинну імунну й протизапальну реакцію, пригнічуючи секрецію інтерлейкіну-8 (IL-8) у клітинах епітелію кишечника, отриманих від хворих на ВК [56, 57]. Було висловлено припущення, що ці ефекти в клітинах, отриманих від хворих на ВК, індуються вивільненими мікробними розчинними протизапальними факторами, які інгібують секрецію IL-8 у клітинах епітелію кишечника. Це не було викликано одним-єдиним фактором [57]. Крім того, існує гіпотеза, що постбіотичні сполуки від *Lactobacilli* spp. можуть мати імуномодуючу активність за рахунок підвищення рівня Т-хелперів Th1-асоційованих цитокінів і зменшення Th2-асоційованих цитокінів [53].

Експерименти на мишах із ферментованою дитячою сумішшю, що містить постбіотики, отримані з *Bifidobacterium breve* C50 і *Streptococcus thermophilus* 065, продемонстрували краще виживання й дозрівання дендритних клітин, індуквану високу продукцію IL-10 через TLR-2, що мали функцію імунної регуляції. Окрім цього, показано, що постбіотики з цих штамів покращують бар'єрну функцію епітелію і стимулюють реакцію Th1-лімфоцитів [58, 59]. Ще одне дослідження на мишах показало, що продукти метаболізму *Lactobacillus paracasei* CBA L74 можуть діяти за рахунок пригнічення імунних клітин запалення, захищати хазяїна від патобіонтів і кишкових патогенів і чинити захисну дію щодо коліту [60].

Ще два добре описані продукти ферментації — екзополісахариди (EPS) і позаклітинні везикули (EVs) [61, 62]. Широкий спектр бактеріальних таксонів, включно з деякими видами біфідобактерій, має можливість синтезувати полімери EPS [63, 64]. Можна виділити два типи EPS — гомополісахариди (HoPS) і гетерополісахариди (HePS). Ця класифікація залежить від складу повторюваних одиниць. Так, HoPS складаються з моносахариду одного типу, а HePS — із двох або більше типів цукрів [65]. Описано декілька ефектів EPS на здоров'я — кардіопротекторний, противиразовий, антиоксидантний і зниження рівня холестерину [66, 67]. Крім того, виявлено, що EPS, синтезовані з *Lactobacillus plantarum* 70810, функціонують як протипухлинний засіб *in vitro*, інгібуючи проліферацію пухлинних клітин HepG-2, BGC-823 і HT-29 [68]. Однак необхідні клінічні випробування на людях, щоб оцінити ефективність і безпеку для здоров'я різних форм мікробних EPS [61].

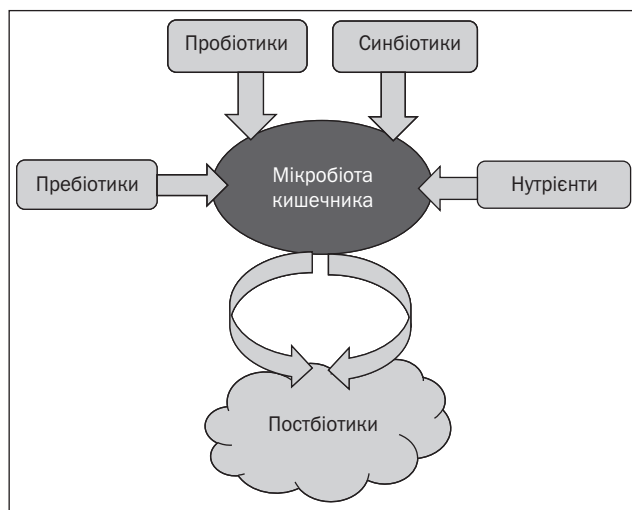


Рисунок 2. Утворення постбіотиків

EVs — це сферичні ліпідні двошарові структури, що можуть секретуватися як грамнегативними, так і грампозитивними бактеріями [69]. Більше того, EVs містять велику різноманітність таких сполук, як білки, нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди, гліколіпіди й полісахариди [62]. Виділяються два типи EVs — зовнішні мембранні везикули (OMV) для грамнегативних бактерій і мембранні везикули (MVs) для грампозитивних бактерій [62]. EVs мають багато потенційних біологічних функцій — від участі у взаємодії мікробної спільноти, наприклад передачі генетичного матеріалу й білків, до передачі сигналу «хазяїн — мікроб» [70]. Є декілька досліджень, які показують позитивний вплив EVs на клітини хазяїна. Наприклад, EVs, отримані від штамів *Akkermansia muciniphila* і коменсалу *Escherichia coli*, показали відповідно зменшення проникності кишечника й активацію проходження сигналів через епітеліальний бар'єр кишечника *in vitro* [70, 71]. Деякі дослідження вивчали вплив EVs *in vivo*, вказуючи на можливий вплив EVs на захист від ВК у мишей [72]. Однак, як і для EPS, необхідні клінічні випробування на людях, щоб встановити безпеку використання EVs як терапевтичних засобів у людини.

Постбіотики в дитячому харчуванні

ГВ є оптимальним методом вигодовування немовлят. Проте існує безліч випадків, коли годування груддю неможливе, і тоді використовуються різноманітні дитячі суміші. Ці замінники грудного молока повинні забезпечувати малюків поживними речовинами й мати функціональні властивості, максимально наближені до властивостей грудного молока.

Уже проведено низку клінічних досліджень, які повідомляють про застосування ферментованих дитячих сумішей, що містять постбіотики. Усі дослідження були проспективними рандомізованими подвійними сліпими плацебо-контрольованими.

Так, Martine Morisset і співавт. [73] у своєму дослідженні визначали вплив негідролізованої ФДС, що містить термічно оброблені *Bifidobacterium breve* C50 і *Streptococcus thermophilus* 065 (HKBBST), на частоту алергоподібних явищ протягом перших 2 років життя в дітей із високим ризиком розвитку atopії. Для немовлят використовувалися HKBBST або стандартна дитяча суміш з народження до 1 року. Контроль проводився на 4, 12 і 24-му місяці життя. Систематично проводили шкірні алергопроби до шести харчових продуктів і шести аероалергенів. Дослідження включало 129 дітей, 63 дитини отримували стандартну суміш, 66 — ФДС. Вживання HKBBST не змінило частку дітей з алергією до коров'ячого молока, але зменшило частку дітей із позитивним шкірним прик-тестом до нього (1,7 % проти 12,5 %, $p = 0,03$), це свідчить про те, що оральна толерантність до коров'ячого молока у немовлят із високим ризиком розвитку atopії може бути покращена за допомогою негідролізованих ФДС.

Так, A. Rodriguez-Herrera і співавт. [74] вивчали вплив ферментованої дитячої суміші на синдром малюкових кольок. Порівнювали 30% ферментовану суміш із пребіотиками scGOS/lcFOS (0,8 г/100 мл, 9 : 1)

і стандартну неферментовану суміш без scGOS/lcFOS. У дослідження було включено 200 дітей ≤ 28 днів життя. Референтну групу становили 100 дітей на грудному вигодовуванні. Спостереження проводилось протягом 17 тижнів. У результаті дослідження було встановлено, що достовірно рідше спостерігалися кольки в групі дітей, які отримували 30% ферментовану суміш з scGOS/lcFOS (1,1 %), порівняно із групою, яка отримувала стандартну суміш без scGOS/lcFOS (8,7 %) ($p = 0,020$), і практично з такою ж частотою, як у дітей на ГВ (1 %).

A. Rodriguez-Herrera та співавт. [75] у іншому дослідженні вивчали вплив ферментованої суміші на консистенцію випорожнень у дітей. У дослідженні взяли участь 200 немовлят, які були розподілені на 2 групи. Порівнювали 30% ферментовану суміш із пребіотиками scGOS/lcFOS і стандартну неферментовану суміш без scGOS/lcFOS. ФДС була отримана в результаті процесу ферментації двома штамми бактерій — *Bifidobacterium breve* C50 і *Streptococcus thermophilus* 065, у результаті чого утворюються біоактивні сполуки. Одна з них — це 3-галактозил лактози (3-GL) — олігосахарид, що міститься в грудному молоці, на рівні ~ 25 мг/100 мл. Контрольна суміш не містила пребіотиків і не піддавалася жодному процесу ферментації. Референтну групу становили 100 немовлят на ГВ. Було встановлено, що консистенція випорожнень у немовлят, які споживали ферментовану суміш, була ближчою до такої в дітей на ГВ. А немовлята, які отримували стандартну суміш, мали достовірно більш тверді випорожнення ($p < 0,05$).

Y. Vandenplas і співавт. [76] вивчали вплив ФДС на гастроінтестинальні симптоми в немовлят. У дослідження було включено 432 здорових доношених немовляти віком 0–28 днів, батьки яких вирішили не починати або припинити ГВ. Досліджували чотири дитячі суміші: ФДС (рівень ферментації — 50 %) з scGOS/lcFOS, ФДС (15 %) із scGOS/lcFOS, ФДС (50 %) без scGOS/lcFOS і неферментовану суміш із scGOS/lcFOS. Батьки вели стандартизовані семиденні щоденники щодо симптоматики — неспокій (плач), сон і випорожнення. Дослідження тривало 17 тижнів. Було встановлено, що через 4 тижні малюкові кольки відзначалися достовірно рідше (8 %) у дітей, які отримували ФДС (50 %) із scGOS/lcFOS, порівняно з дітьми, які отримували неферментовану суміш з scGOS/lcFOS (20 %, $p = 0,034$) або ФДС (50 %) без scGOS/lcFOS (20 %, $p = 0,036$). Також встановлено, що в дітей, які отримували ФДС (50 %) із scGOS/lcFOS, консистенція калу наближалась до такої в дітей на ГВ, а частота й тривалість щоденного плачу були достовірно нижчими.

Підсумовуючи результати клінічних досліджень, ми бачимо, що ферментована дитяча суміш із додаванням scGOS/lcFOS достовірно краще наближує функціональні показники немовлят до таких у дітей на ГВ. Зниження частоти й тривалості щоденного плачу й малюкових кольок може мати позитивний вплив на нормальний сон дитини і, як наслідок, на психологічний стан сім'ї. Тобто ферментована суміш із додаванням пребіотиків є оптимальним варіантом харчування для дітей, які знаходяться на штучному вигодовуванні.

На основі опрацьованих даних літератури можна дійти висновку, що постбіотики можуть сприяти покращенню здоров'я хазяїна. Завдяки досягнутим успіхам у вимірюванні складу й функції мікробіоти кишечника ми вступаємо в нову еру біотичних досліджень. Це вже сприяло й надалі сприятиме розширенню спектра сполук з потенційною користю для здоров'я, які можна застосувати в спеціалізованому харчуванні. Результати досліджень мікробіоти кишечника сприятимуть розробці індивідуальних рекомендацій щодо персоналізованого харчування або втручань для покращення стану здоров'я кожного індивіда. Постбіотики можуть бути безпечнішою альтернативою пробіотикам у дітей, зокрема імуноскомпрометованих або тяжко хворих [17, 77, 78].

Конфлікт інтересів. Не заявлений.

Список літератури

- Honda K., Littman D.R. The microbiota in adaptive immune homeostasis and disease. *Nature*. 2016. Vol. 535. P. 75. doi: 10.1038/nature18848.
- Fischbach M.A., Segre J.A. Signaling in host-associated microbial communities. *Cell*. 2016. Vol. 164. P. 1288-1300. doi: 10.1016/j.cell.2016.02.037.
- Lozupone C.A., Stombaugh J.I., Gordon J.I. et al. Diversity, stability and resilience of the human gut microbiota. *Nature*. 2012. Vol. 489. P. 220. doi: 10.1038/nature11550.
- Sommer F., Anderson J.M., Bharti R. et al. The resilience of the intestinal microbiota influences health and disease. *Nat. Rev. Microbiol.* 2017. Vol. 15. P. 630. doi: 10.1038/nrmicro.2017.58.
- Skelly A.N., Sato Y., Kearney S., Honda K. Mining the microbiota for microbial and metabolite-based immunotherapies. *Nat. Rev. Immunol.* 2019. Vol. 19. P. 305-323. doi: 10.1038/s41577-019-0144-5.
- Zmora N., Suez J., Elinav E. You are what you eat: Diet, health and the gut microbiota. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2019. Vol. 16. P. 35-56. doi: 10.1038/s41575-018-0061-2.
- Dictionary.com. Biotic. URL: <https://www.dictionary.com/browse/biotic>.
- Wegh C.A.M., Geerlings S.Y., Knol J. et al. Postbiotics and Their Potential Applications in Early Life Nutrition and Beyond. *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20(19). P. 4673-4696.
- FAO/WHO Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. URL: http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/en/probiotics.pdf.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) Joint Fao/Who Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. WHO; London, ON, Canada: 2002. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food.
- O'Toole P.W., Marchesi J.R., Hill C. Next-generation probiotics: The spectrum from probiotics to live biotherapeutics. *Nat. Microbiol.* 2017. Vol. 2. P. 17057. doi: 10.1038/nmicrobiol.2017.57.
- Collado M.C., Isolauri E., Salminen S., Sanz Y. The impact of probiotic on gut health. *Curr. Drug Metab.* 2009. Vol. 10. P. 68-78. doi: 10.2174/138920009787048437.
- Hemarajata P., Versalovic J. Effects of probiotics on gut microbiota: Mechanisms of intestinal immunomodulation and neuro-modulation. *Ther. Adv. Gastroenterol.* 2013. Vol. 6. P. 39-51. doi: 10.1177/1756283X12459294.
- Bermudez-Brito M., Plaza-Diaz J., Munoz-Quezada S. et al. Probiotic mechanisms of action. *Ann. Nutr. Metab.* 2012. Vol. 61. P. 160-174. doi: 10.1159/000342079.
- Sanders M.E., Merenstein D.J., Reid G. et al. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: From biology to the clinic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2019. Vol. 16. P. 605-616. doi: 10.1038/s41575-019-0173-3.
- Hotel A.C.P., Cordoba A. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. *Prevention*. 2001. Vol. 5. P. 1-10.
- Thomas D.W., Greer F.R. Probiotics and prebiotics in pediatrics. *Pediatrics*. 2010. Vol. 126. P. 1217-1231. doi: 10.1542/peds.2010-2548.
- Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E. et al. Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2017. Vol. 14. P. 491. doi: 10.1038/nrgastro.2017.75.
- Vyas U., Ranganathan N. Probiotics, prebiotics, and synbiotics Gut and beyond. *Gastroenterol. Res. Pract.* 2012. Vol. 2012. P. 872716-872732. doi: 10.1155/2012/872716.
- Добрянський Д.О. Олігосахариди у грудному молоці і молочних сумішах — значення для передчасно народжених немовлят. *Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина*. 2019. Т. IX. № 1(31). С. 67-77. doi: 10.24061/2413-4260.IX.1.31.2019.11.
- Giovannini M., Verduci E., Gregori D. et al. Prebiotic effect of an infant formula supplemented with galacto-oligosaccharides: Randomized multicenter trial. *J. Am. Coll. Nutr.* 2014. Vol. 33. P. 385-393. doi: 10.1080/07315724.2013.878232.
- Vandenplas Y., Zakharaova I., Dmitrieva Y. Oligosaccharides in infant formula: More evidence to validate the role of prebiotics. *Br. J. Nutr.* 2015. Vol. 113. P. 1339-1344. doi: 10.1017/S0007114515000823.
- Sierra C., Bernal M.-J., Blasco J. et al. Prebiotic effect during the first year of life in healthy infants fed formula containing GOS as the only prebiotic: A multicentre, randomised, double-blind and placebo-controlled trial. *Eur. J. Nutr.* 2015. Vol. 54. P. 89-99. doi: 10.1007/s00394-014-0689-9.
- Wegh C.A., Schoterman M.H., Vaughan E.E. et al. The effect of fiber and prebiotics on children's gastrointestinal disorders and microbiome. *Expert Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2017. Vol. 11. P. 1031-1045. doi: 10.1080/17474124.2017.1359539.
- Bertelsen R.J., Jensen E.T., Ringel-Kulka T. Use of probiotics and prebiotics in infant feeding. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 2016. Vol. 30. P. 39-48. doi: 10.1016/j.bpg.2016.01.001.
- Macfarlane S., Macfarlane G., Cummings J.T. Probiotics in the gastrointestinal tract. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2006. Vol. 24. P. 701-714. doi: 10.1111/j.1365-2036.2006.03042.x.
- Arslanoglu S., Moro G.E., Boehm G. Early Supplementation of Prebiotic Oligosaccharides Protects Formula-Fed Infants against Infections during the First 6 Months of Life. *The Journal of Nutrition.* 2007. Vol. 137. P. 2420-2424. doi: 10.1093/jn/137.11.2420.
- Robefroid M., Gibson G.R., Hoyle L. et al. Prebiotic effects: Metabolic and health benefits. *Br. J. Nutr.* 2010. Vol. 104. P. S1-S63. doi: 10.1017/S0007114510003363.
- Gurry T. Synbiotic approaches to human health and well-being. *Microb. Biotechnol.* 2017. Vol. 10. P. 1070-1073. doi: 10.1111/1751-7915.12789.
- Burks A.W., Harthoorn L.F., Van Ampting M.T. et al. Synbiotics-supplemented amino acid-based formula supports adequate growth in cow's milk allergic infants. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2015. Vol. 26. P. 316-322. doi: 10.1111/pai.12390.
- Van der Aa L., Heymans H., Van Aalderen W. et al. Effect of a new synbiotic mixture on atopic dermatitis in infants: A randomized-controlled trial. *Clin. Exp. Allergy.* 2010. Vol. 40. P. 795-804. doi: 10.1111/j.1365-2222.2010.03465.x.
- Van der Aa L., Van Aalderen W., Heymans H. et al. Synbiotics prevent asthma-like symptoms in infants with atopic dermatitis. *Allergy.* 2011. Vol. 66. P. 170-177. doi: 10.1111/j.1398-9995.2010.02416.x.
- Chua M.C., Ben-Amor R., Lay C. et al. Effect of synbiotic on the gut microbiota of cesarean delivered infants: A randomized, double-blind, multicenter study. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2017. Vol. 65. P. 102-106. doi: 10.1097/MPG.0000000000001623.

34. Nikbakht E., Khalesi S., Singh I. et al. Effect of probiotics and synbiotics on blood glucose: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Eur. J. Nutr.* 2018. Vol. 57. P. 95-106. doi: 10.1007/s00394-016-1300-3.
35. Miller L.E., Ouwehand A.C., Ibarra A. Effects of probiotic-containing products on stool frequency and intestinal transit in constipated adults: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann. Gastroenterol.* 2017. Vol. 30. P. 629. doi: 10.20524/aog.2017.0192.
36. Arumugam S., Lau C.S., Chamberlain R.S. Probiotics and synbiotics decrease postoperative sepsis in elective gastrointestinal surgical patients: A meta-analysis. *J. Gastrointest. Surg.* 2016. Vol. 20. P. 1123-1131. doi: 10.1007/s11605-016-3142-y.
37. Umu O.C.O., Rudi K., Diep D.B. Modulation of the gut microbiota by prebiotic fibres and bacteriocins. *Microb. Ecol. Health. Dis.* 2017. Vol. 28. P. 1348886. doi: 10.1080/16512235.2017.1348886.
38. Collado M.C., Isolauri E., Salminen S., Sanz Y. The impact of probiotic on gut health. *Curr. Drug Metab.* 2009. Vol. 10. P. 68-78. doi: 10.2174/138920009787048437.
39. Sánchez B., Delgado S., Blanco-Míguez A. et al. Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Mol. Nutr. Food Res.* 2017. Vol. 61. P. 1600240. doi: 10.1002/mnfr.201600240.
40. O'Grady J., O'Connor E.M., Shanahan F. Review article: Dietary fibre in the era of microbiome science. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2019. Vol. 49. P. 506-515. doi: 10.1111/apt.15129.
41. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients.* 2013. Vol. 5. P. 1417-1435. doi: 10.3390/nu5041417.
42. Markowiak P., Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients.* 2017. Vol. 9. P. 1021. doi: 10.3390/nu9091021.
43. Konstantinov S.R., Kuipers E.J., Peppelenbosch M.P. Functional genomic analyses of the gut microbiota for CRC screening. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2013. Vol. 10. P. 741. doi: 10.1038/nrgastro.2013.178.
44. Taverniti V., Guglielmetti S. The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: Proposal of paraprobiotic concept). *Genes Nutr.* 2011. Vol. 6. P. 261. doi: 10.1007/s12263-011-0218-x.
45. Aguilar-Toalá J., Garcia-Varela R., Garcia H. et al. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends Food Sci. Technol.* 2018. Vol. 75. P. 105-114. doi: 10.1016/j.tifs.2018.03.009.
46. Agostoni C., Goulet O., Kolacek S. et al. Fermented infant formulae without live bacteria. *J. Pediatric Gastroenterol. Nutr.* 2007. Vol. 44. P. 392-397. doi: 10.1097/01.mpg.0000258887.93866.
47. Szajewska H., Skórka A., Piścik-Lech M. Fermented infant formulas without live bacteria: A systematic review. *Eur. J. Pediatr.* 2015. Vol. 174. P. 1413-1420. doi: 10.1007/s00431-015-2629-y.
48. Ouwehand A., Tölkö S., Kulmala J. et al. Adhesion of inactivated probiotic strains to intestinal mucus. *Lett. Appl. Microbiol.* 2000. Vol. 31. P. 82-86. doi: 10.1046/j.1472-765x.2000.00773.x.
49. Kataria J., Li N., Wynn J.L., Neu J. Probiotic microbes: Do they need to be alive to be beneficial? *Nutr. Rev.* 2009. Vol. 67. P. 546-550. doi: 10.1111/j.1753-4887.2009.00226.x.
50. Deshpande G., Athalye-Jape G., Patole S. Para-probiotics for preterm neonates — the next frontier. *Nutrients.* 2018. Vol. 10. P. 871. doi: 10.3390/nu10070871.
51. Olle B. Medicines from microbiota. *Nat. Biotechnol.* 2013. Vol. 31. P. 309. doi: 10.1038/nbt.2548.
52. Lahtinen S.J. Probiotic viability — does it matter? *Microb. Ecol. Health Dis.* 2012. Vol. 23. P. 18567. doi: 10.3402/mehd.v23i0.18567.
53. De Almada C.N., Almada C.N., Martínez R.C.R., Sant'Ana A.S. Paraprobiotics: Evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods. *Trends Food Sci Technol.* 2016. Vol. 58. P. 96-114. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.011.
54. Gosálbez L., Ramón D. Probiotics in transition: Novel strategies. *Trends Biotechnol.* 2015. Vol. 33. P. 195-196. doi: 10.1016/j.tibtech.2015.01.006.
55. Wang Y., Xie J., Wang N. et al. *Lactobacillus casei* Zhang modulate cytokine and toll-like receptor expression and beneficially regulate poly I: C-induced immune responses in raw264.7 macrophages. *Microbiol. Immunol.* 2013. Vol. 57. P. 54-62. doi: 10.1111/j.1348-0421.516.x.
56. Kamiya T., Wang L., Forsythe P. et al. Inhibitory effects of *Lactobacillus reuteri* on visceral pain induced by colorectal distension in sprague-dawley rats. *Gut.* 2006. Vol. 55. P. 191-196. doi: 10.1136/gut.2005.070987.
57. Imaoka A., Shima T., Kato K. et al. Anti-inflammatory activity of probiotic bifidobacterium: Enhancement of il-10 production in peripheral blood mononuclear cells from ulcerative colitis patients and inhibition of il-8 secretion in ht-29 cells. *World J. Gastroenterol.* 2008. Vol. 14. P. 2511-2516. doi: 10.3748/wjg.14.2511.
58. Hoarau C., Lagaraine C., Martin L. et al. Supernatant of bifidobacterium breve induces dendritic cell maturation, activation, and survival through a toll-like receptor 2 pathway. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2006. Vol. 117. P. 696-702. doi: 10.1016/j.jaci.2005.10.043.
59. Menard S., Laharie D., Asensio C. et al. Bifidobacterium breve and Streptococcus thermophilus secretion products enhance t helper 1 immune response and intestinal barrier in mice. *Exp. Biol. Med.* 2005. Vol. 230. P. 749-756. doi: 10.1177/153537020523001008.
60. Zagato E., Mileti E., Massimiliano L. et al. *Lactobacillus paracasei* CBA 174 metabolic products and fermented milk for infant formula have anti-inflammatory activity on dendritic cells in vitro and protective effects against colitis and an enteric pathogen in vivo. *PLoS ONE.* 2014. Vol. 9. P. e87615. doi: 10.1371/journal.pone.0087615.
61. Korcz E., Kerenyi Z., Varga L. Dietary fibers, prebiotics, and exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: Potential health benefits with special regard to cholesterol-lowering effects. *Food Funct.* 2018. Vol. 9. P. 3057-3068. doi: 10.1039/C8FO00118A.
62. Ahmadi Badi S., Moshiri A. et al. Microbiota-derived extracellular vesicles as new systemic regulators. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 1610. doi: 10.3389/fmicb.2017.01610.
63. Ryan P.M., Ross R.P., Fitzgerald G.F. et al. Sugar-coated: Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria for food and human health applications. *Food Funct.* 2015. Vol. 6. P. 679-693. doi: 10.1039/C4FO00529E.
64. Salazar N., Gueimonde M., de Los Reyes-Gavilan C.G., Ruas-Madiedo P. Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria and bifidobacteria as fermentable substrates by the intestinal microbiota. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016. Vol. 56. P. 1440-1453. doi: 10.1080/10408398.2013.770728.
65. Zeidan A.A., Poulsen V.K., Janzen T. et al. Polysaccharide production by lactic acid bacteria: From genes to industrial applications. *FEMS Microbiol. Rev.* 2017. Vol. 41. P. 168-200. doi: 10.1093/femsre/flux017.
66. Das D., Baruah R., Goyal A. A food additive with prebiotic properties of an alpha-D-glucan from *Lactobacillus plantarum* DM5. *Int. J. Biol. Macromol.* 2014. Vol. 69. P. 20-26. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.05.029.
67. Hongpattarakere T., Chertong N., Wichienchot S. et al. In vitro prebiotic evaluation of exopolysaccharides produced by marine isolated lactic acid bacteria. *Carbohydr. Polym.* 2012. Vol. 87. P. 846-852. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.08.085.
68. Wang K., Li W., Rui X. et al. Characterization of a novel exopolysaccharide with antitumor activity from *Lactobacillus plantarum* 70810. *Int. J. Biol. Macromol.* 2014. Vol. 63. P. 133-139. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.10.036.
69. Ellis T.N., Kuehn M.J. Virulence and immunomodulatory roles of bacterial outer membrane vesicles. *Microbiol. Mol. Biol. Rev. MMBR.* 2010. Vol. 74. P. 81-94. doi: 10.1128/MMBR.00031-09.
70. Chelakkot C., Choi Y., Kim D.-K. et al. Akkermansia muciniphila-derived extracellular vesicles influence gut permeability through the regulation of tight junctions. *Exp. Mol. Med.* 2018. Vol. 50. P. e450. doi: 10.1038/emm.2017.282.
71. Fàbrega M.J., Aguilera L., Giménez R. et al. Activation of immune and defense responses in the intestinal mucosa by outer membrane vesicles of commensal and probiotic *Escherichia coli* strains. *Front. Microbiol.* 2016. Vol. 7. P. 705. doi: 10.3389/fmicb.2016.00705.

72. Kang C.-S., Ban M., Choi E.-J. et al. Extracellular vesicles derived from gut microbiota, especially *Akkermansia muciniphila*, protect the progression of dextran sulfate sodium-induced colitis. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. P. e76520. doi: 10.1371/journal.pone.0076520.
73. Morisset M., Aubert-Jacquin C., Soulaïnes P. et al. A non-hydrolyzed, fermented milk formula reduces digestive and respiratory events in infants at high risk of allergy. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2011. Vol. 65. P. 175-183. doi: 10.1038/ejcn.2010.250.
74. Rodríguez-Herrera A., Ludwig T., Bouritius H. et al. A Partly Fermented Infant Formula Combined with Scgos/Lcfos Resulted in a Lower Incidence of Investigator-Reported Infantile Colic in Healthy Term-Born Infants. *Pediatrics, Cogent Medicine*. 2017. Vol. 4. P. 1408251. DOI: <https://doi.org/10.1080/2331205X.2017.1408251>.
75. Rodríguez-Herrera A., Kelly M., Bouritius H. et al. Gastrointestinal Tolerance, Growth and Safety of a Partly Fermented Formula with Specific Prebiotics in Healthy Infants: A Double-Blind, Randomized, Controlled Trial. *Nutrients*. 2019. Vol. 11. P. 1530. doi: 10.3390/nu11071530.
76. Vandenplas Y., Ludwig T., Bouritius H. et al. Randomised controlled trial demonstrates that fermented infant formula with short-chain galacto-oligosaccharides and long-chain fructo-oligosaccharides reduces the incidence of infantile colic. *Acta Paediatrica*. 2017. Vol. 106. P. 1150-1158. doi: 10.1111/apa.13844.
77. Peng G.C., Hsu C.H. The efficacy and safety of heat-killed *Lactobacillus paracasei* for treatment of perennial allergic rhinitis induced by house-dust mite. *Pediatric Allergy Immunol*. 2005. Vol. 16. P. 433-438. doi: 10.1111/j.1399-3038.2005.00284.x.
78. Rampengan N.H., Manoppo J., Warouw S.M. Comparison of efficacies between live and killed probiotics in children with lactose malabsorption. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*. 2010. Vol. 41. P. 474-481.

Отримано/Received 21.04.2020

Рецензовано/Revised 08.05.2020

Прийнято до друку/Accepted 12.05.2020 ■

Information about authors

S.L. Nyankovsky, MD, PhD, Professor, Head of the Department of pediatrics 1, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0658-9253>
 O.S. Nyankovska, MD, PhD, Professor, Department of pediatrics and neonatology, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7683-9588>
 M.S. Yatsula, MD, PhD, Assistant Professor, Department of pediatrics 1, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3733-4907>
 M.I. Horodylovskaya, MD, PhD, Assistant, Department of pediatrics 1, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4962-3455>

Няньковский С.Л., Няньковская Е.С., Яцула М.С., Городиловская М.И.

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого, г. Львов, Украина

Постбиотики и их потенциальное применение в питании детей раннего возраста

Резюме. Термин «биотики» применяется в отношении пищевых стратегий, которые используются с целью видоизменения микробиоты кишечника для достижения более благоприятного состояния здоровья хозяина. Термин «биотик» происходит от греческого слова *biōtikós*, что означает «касается жизни», и используется по отношению к биологической экосистеме, состоящей из живых организмов вместе с их физической средой. Пребиотики, пробиотики и синбиотики могут модулировать состав микробиоты кишечника и его активность, а также оказывать прямое влияние на иммунный ответ. Самый новый член семейства биотиков — это постбиотики. Они принадлежат к группе биоактивных соединений, которые образуются в результате микробиологической ферментации. К постбиотикам относятся микробные клетки, составляющие клеток и различные метаболиты. Эффективность постбиотиков базируется на микробных метаболитах — белках, липидах, углеводах, витаминах, органических кис-

лотах, компонентах клеточной стенки или других сложных молекулах, образующихся из матрицы, которая ферментируется. Постбиотики имеют локальные и системные эффекты. К локальным эффектам относятся иммуномодулирующий, противовоспалительный, антимикробный, формирование кишечного барьера, влияние на состав и активность микробиоты, к системным — антиоксидантный, антигипертензивный, гипохолестеролемический, антипролиферативный, снижение риска развития ожирения. Результаты исследования микробиоты кишечника способствуют разработке индивидуальных рекомендаций по персонализированному питанию или вмешательствам для улучшения состояния здоровья каждого индивида. Постбиотики могут быть безопасной альтернативой пробиотикам у детей, в частности иммунокомпрометированных или тяжело больных.

Ключевые слова: микробиота; постбиотики; дети; детская ферментированная смесь

S.L. Nyankovsky, O.S. Nyankovska, M.S. Yatsula, M.I. Horodylovskaya
 Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

Postbiotics and their potential usage in the diet of young children

Abstract. The term “biotics” refers to nutritional strategies that can be utilized to direct the gut microbiota towards a more favorable state for host health. The term “biotic” is derived from the Greek word *biōtikós*, meaning “pertaining to life”, and refers to the biological ecosystem made up of living organisms together with their physical environment. Prebiotics, probiotics and synbiotics can modulate the gut microbiota composition and its activity, and also have direct effects on the immune response. The newest member of the biotics family, postbiotics, are bioactive compounds produced by food-grade microorganisms during a fermentation process. Postbiotics include microbial cells, cell constituents and various metabolites. The effectiveness of postbiotics is based on microbial metabolites — proteins, lipids, carbohydrates, vitamins,

organic acids, cell wall components or other complex molecules formed from the fermented matrix. Postbiotics have local and systemic effects. Local effects of postbiotics are immunomodulatory, anti-inflammatory, antimicrobial, intestinal barrier formation, effects on the microbiota composition and activity, systemic — antioxidant, antihypertensive, hypocholesterolemic, antiproliferative, anti-obesogenic. The results of gut microbiota research will help develop individual recommendations in terms of personalized nutrition or interventions to improve health. Postbiotics might be a safer alternative to probiotics in immunocompromised or severely ill children.

Keywords: microbiota; postbiotics; children; fermented infant formula