

УДК 579:2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-53-62

Світлана Віталіївна Бабак

Національний університет фізичного виховання і спорту України

s.babak.s.1234@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-6985-1394>

Катерина Сергіївна Малько

Національний університет фізичного виховання і спорту України

malkoshak@gmail.com

МІКРОБІОМ ТОВСТОЇ КИШКИ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ХАРЧУВАННЯ

Мета роботи – вивчити мікробом товстої кишки за аналізами калу при різних видах харчування. Методи досліджень – мета-аналіз наукового матеріалу з наукових баз інтернет-джерел; проведення дослідження аналізу калу за результатами ПЛР-тесту «МІКРОБІОМ/МЕТАБОЛІЗМ» у осіб, які практикували різні види харчування, а також при голодуванні.

*У нашому дослідженні виявлено, що перехід від всеїдності до вегетаріанського раціону викликає збільшення, а перехід після цього на сировідіння – до нормалізації загальної маси мікробіоти. Вегетаріанська та сировідна їжа сприяють заселенню мікробіому кишечника корисною бактерією *Akkermansia muciniphila*. На вегетаріанстві кількість бактерій *Prevotella spp.* збільшується, але залишається в межах норми, що вказує на вживання продуктів з вуглеводами та харчовими волокнами. Перехід на сировідіння кількість цих бактерій не змінює. Бактерії *Methanobrevibacter smithii* були відсутніми при всеїдності та при вегетаріанстві, а під час сировідіння з'являються, що можна пояснити тим, що виникає необхідність утилізувати водень, який є побічним продуктом бродіння.*

*При переході на вегетаріанство та на сировідіння достовірно зростає кількість корисних бактерій родів – *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.* та *Eubacterium rectale*. Голодування (60 годин) призводить до зменшення загальної бактеріальної маси. Кількість корисних бактерій: *Lactobacillus spp.* знизилась до нижньої межі норми; *Eubacterium rectale* (продукують бутірат) зменшилась у 1000 разів і сягнула нижньої межі норми; *Bacteroides spp.* збільшилась у 12,5 разів, порівняно із всеїдністю. Вид харчування впливає на склад мікробіому товстої кишки.*

Ключові слова: мікробом кишечника, товста кишка, види харчування, всеїдність, вегетаріанство, сировідіння, голодування, бактеріальна маса.

Постановка проблеми. Травна система людського організму є досить складним утворенням, в якому значне місце належить мікробіоті, що впливає, як на функціонування травної системи, так і на організм в цілому. Мікробіом – це досить різноманітне угруповання різних живих організмів: бактерій, архей, грибів, найпростіших і вірусів (до 39 трильйонів, за деякими даними – в товстій кишці – 38 квінтільйонів) [1]. Найбільшим за видовим різноманіттям є мікробом кишечника [2, 3].

В ХХІ ст. в біомедичній науці суттєво зростає кількість наукових досліджень, присвячених вивченню складу, функціонуванню мікробіоти, а також – зв'язків між мікробіомом кишечника та господарем [4, 5].

Мікробіом у різних людей є досить індивідуальним. Мікробіом складається як з корисних, так і патогенних мікроорганізмів. За певних умов деякі види корисних бактерій здатні ставати шкідливими, їхня кількість різко зростає, або ці бактерії потрапляють в інше місце організму. Корисні бактерії здатні виробляти білки, подібні до гормонів голоду та насичення, беруть участь у перетравленні та поглинанні поживних речовин, протидіють шкідливим бактеріям. Є дані наукових досліджень про те, що бактерії керують поведінкою людини, її харчовими потребами і перевагами [1, 2].

Дослідження мікробіому людини, зокрема, мікробіому кишечника людини, досить далекі від завершення, тому тема є надзвичайно актуальною. Мало вивченими є питання, які стосуються особливостей мікробіому товстої кишки при різних видах харчування, а тим паче під час неїдіння – голодування.

Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (№ державної реєстрації 012U108187).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нові наукові дослідження мікробіому ссавців, у тому числі, людини показали, що мікробіом бере участь у перебігу фізіологічних процесів, життєво важливих для здоров'я господаря, що включає гомеостаз, метаболізм, адекватне функціонування епітелію кишок, імунологічну активність і нейроповедінковий розвиток [6]. Як виявилось, мікробний геном надає метаболічні можливості, що перевищують здатність організму господаря, тому мікробіом кишок розглядають як активного учасника фізіології господаря [7]. Зміни в шлунково-кишковому мікробіомі провокують захворювання у людей і тварин, такі, як: запальні захворювання кишечника, астма, ожиріння, цукровий діабет, метаболічний синдром, серцево-судинні захворювання, імуноопосередковані стани та захворювання нервової системи, у тому числі, аутизм [8, 9, 10]. Якісний та кількісний склад мікробіому, що закладається з дитинства має пролонгований вплив на майбутнє здоров'я людини [11, 12, 13].

Мікробіом поширений в організмі нерівномірно. Розрізняють мікробіом шкіри, порожнини рота, дихальних шляхів, уrogenітального тракту та кишечника. Кожен такий мікробіом характеризується своєю топографією і видовим складом, кількістю представників різних видів. Найбільший мікробом – це мікробом кишечника [8].

Мікробіом кишечника здійснює важливі функції: підвищує фагоцитарну активність макрофагів, лейкоцитів, стимулює синтез IgA; забезпечує порожнинне травлення, посилює перистальтику кишок; стимулює активність травних ферментів; продукує гормоноподібні речовини; нормалізує стан слизової оболонки кишечника; бере участь в обміні багатьох речовин; синтезує різні вітаміни: групи B, K та ін.; виявляє антимулагенну і антиканцерогенну дію [14, 15, 16].

Дослідження мікробіому кишечника активно проводяться останніми роками. Зроблено цілу низку відкриттів. Так, вчені виявили багато нових видів бактерій у мікробіомі тонкої кишки, товстої кишки та калу [17, 18].

Вчені зазначають, що дієта має значний вплив на склад та функцію мікробіому товстої кишки. Наприклад, вживання різноманітних волокон та пребіотиків сприяє росту корисних бактерій, тоді як дієта, багата на жири та цукри, може сприяти зростанню шкідливих бактерій.

Науковці заявляють, що зміни у складі мікробіома калу можуть вказувати на наявність раку кишечника або реагувати на певні ліки [17, 19].

Мікробіом товстої кишки може мати вплив на вагітність та розвиток плоду [20]. Мікробіом товстої кишки має вікові відмінності.

Деякі бактерії є корисними для запобігання запальних захворювань. Зміни в складі мікробіому можуть посилювати ризики розвитку запальних захворювань кишечника, таких як хронічний коліт та хвороба Крона. Здоровий мікробіом кишечника може сприяти довголіттю [21].

Вплив виду харчування на мікробом людини є досить цікавим, але мало вивченим питанням. Є окремі наукові роботи, які його висвітлюють лише певною мірою. Аналіз наукової літератури з цього питання показує, що вид харчування за їжею має великий вплив на склад та функції мікробіому. Різні дієти, такі як вегетаріанська, вуглеводна або білкова, можуть впливати на різноманітність бактерій у мікробіомі. Споживання м'яса може впливати на склад і різноманітність мікробіому кишечника. Деякі дослідження показують,

що споживання м'яса може змінити склад мікробіому тонкої та товстої кишок, зокрема збільшити кількість бактерій, які метаболізують жири. Показано, що споживання різного м'яса може вплинути на різні види бактерій. Так, споживання червоного м'яса може збільшити кількість бактерій роду *Bifidobacteria*, а також може змінити вміст корисних бактерій, таких як *Bifidobacterium* та *Lactobacillus*. В той же час вплив споживання м'яса на мікробіом кишок може залежати також від способу приготування [22].

Є дослідження, які показують відмінності у мікробіомі кишок вегетаріанців та м'ясоїдів: у вегетаріанців може бути більша різноманітність бактерій у кишечнику та інших мікроорганізмах.

Вегетаріанці мають більшу кількість бактерій, які виробляють бутират – коротколанцюгову жирну кислоту, яка є важливою для здоров'я кишечника.

Вчені досліджували також вплив кофеїну на метаболізм бактерій у кишечнику. Показано, що ця речовина змінює функції бактерій та продукцію метаболітів. Кофеїн може впливати на проникність стінки кишок, що дозволяє речовинам та мікроорганізмам проникати крізь кишкову бар'єрну функцію.

Є окремі наукові дослідження, що вивчали вплив голодування на мікробом кишечника. Голодування – це стан, коли людина тимчасово припиняє споживання їжі, під час чого організм переходить на резервні джерела енергії і сильно розкладає внутрішні запаси, такі як жири.

Вченими виявлено, що голодування впливає на якісний та кількісний склад бактерій кишок. Голодування може збільшити активність імунних клітин, що регулюють видову різноманітність бактерій у кишечнику.

Основні загальні тенденції при голодуванні такі: під час голодування спостерігається зменшення кількості бактерій, які розкладають клітинну масу, таких як *Ruminococcus* spp. та *Bacteroides* spp. Це пов'язано зі зменшенням доступності клітинної маси як джерела поживних речовин [11, 16, 23]. Під час голодування спостерігається збільшення кількості бактерій, які сприяють збереженню енергії, таких як *Akkermansia muciniphila*. Ці бактерії здатні розкласти муцин, що є основною складовою клітинного шару кишок, і виробляти корисні метаболіти. Голодування може впливати на склад бактерій, які пов'язані з запальними процесами. Зокрема, спостерігається зменшення кількості бактерій, що виробляють запальні метаболіти, таких як *Escherichia coli*. Під час голодування може з'явитися більше різних видів бактерій, що може бути пов'язано з поліпшенням здоров'я. Голодування може впливати на енергетичний обмін організму та метаболізм. Хоча ці результати є цікавими, важливо зазначити, що дослідження в галузі мікробіома калу при голодуванні все ще тривають, і ще потрібно багато досліджень для повного розуміння цих процесів та їх впливу на здоров'я людини [24, 25].

Деякі дослідження показують, що короточасне голодування може сприяти відновленню та оновленню мікробіому після голодування, однак тривале голодування або недостатня харчова раціоналізація може спричинити негативний вплив на мікробіом кишечника. Слід зазначити, що таких досліджень наразі не достатньо.

Мета роботи – вивчити мікробом товстої кишки за аналізами калу при різних видах харчування.

Методи досліджень – мета-аналіз наукового матеріалу з наукових баз інтернет-джерел – PubMed, Science Direct, Google Scholar за такими термінами: «Мікробіом», «Мікробіота», «Мікробіом товстої кишки людини», «Мікробіом калу», «Мікробіом в онтогенезі», «Вплив їжі на мікробіом», «Вплив м'яса на мікробом кишок», «Вплив овочів та фруктів на мікробом кишок», «Вплив голодування на мікробом», «Пробіотики та пребіотики і мікробом людини» та ін.

Критеріями відбору статей були:

літературні огляди та клінічні випробування,

огляди та оригінальні дослідження, зроблені за останні 15 років.

В нашому дослідженні брали участь добровольці чоловічої статі віком 24-36 років.

Дослідження проводилось згідно до міжнародних норм біоетики і законодавства України. Всі особи, які приймали участь в дослідженні були поінформовані щодо цілей, засобів, структури та послідовності проведення дослідження і надали згоду.

Особи здавали на аналіз мікробіоти кал в медичній лабораторії DIAGEN м. Києва. Проводився якісний та кількісний аналіз калу за результатами ПЛР-тесту «МІКРОБІОМ/МЕТАБОЛІЗМ».

Математична обробка результатів дослідження проводилась за допомогою пакета програм Microsoft Office 2007 (MS Excel) та програми STATISTICA 6.0 з використанням загальноприйнятих методів варіаційної статистики.

Організація дослідження. Дослідження проводилось у два етапи.

1. Проводили визначення мікробіому калу (товстої кишки) при різних видах харчування: 6 осіб, які в житті притримуються всеїдного раціону, перейшли на вегетаріанство (впродовж 3 тижнів), після чого перейшли на сиродіння (впродовж 10 діб). Ці особи тричі здавали кал на дослідження мікробіому (на всеїдінні, після вегетаріанства і після сиродіння).

2. Визначали вплив голодування на мікробіом калу (товстої кишки): 4 особи, які споживають різну їжу – і рослинну, і тваринну, голодували впродовж 60 годин, (до і після голодування здавали аналізи).

Отримані результати аналізували та описували і робили висновки.

У нашому дослідженні брали участь 6 осіб, які добровільно змінювали різні види харчування. Для повсякденного життя їм був характерним всеїдний раціон. Нами було запропоновано змінити вид харчування на вегетаріанський, який вони практикували впродовж трьох тижнів.

До вегетаріанського харчового раціону були включені такі продукти, як: овочі, фрукти, хліб житній бездріжджовий, каші, вегетаріанські супи та борщ, печиво, картопля, зрази з капустою, гриби, чаї, кава, соки та ін.

Після періоду вегетаріанства досліджуваним було запропоновано перейти на вегетаріанське сиродіння, яке включало споживання: сирих овочів, фруктів, горіхів, насіння, олії холодного віджиму, сухофруктів, соків, смузі з овочів і фруктів, пророщене зерно та води. Вівсяна, гречана крупи термічно не оброблялись, їх замочували у теплій воді. Період такого раціону тривав – 10 діб.

В науковій літературі описана досить мала кількість досліджень, які висвітлюють питання стану мікробіому кишок при сиродінні.

Деякі з таких досліджень показують, що сиродіння змінює склад та різноманітність мікробіому кишечника. Сиродіння – для переважної кількості людей є складним випробуванням для здоров'я, оскільки неправильний підхід до споживання таких продуктів може викликати дефіцит певних поживних речовин: білків, заліза, вітамінів B₁₂ та D, що може зашкодити здоров'ю загалом.

У нашому дослідженні виявлено, що перехід від всеїдності до вегетаріанського раціону викликає збільшення загальної бактеріальної маси, а перехід після цього на сиродіння – до нормалізації загальної маси мікробіоти (табл. 1).

В нашому дослідженні у осіб, які знаходились на всеїдному раціоні, у 5 з 6 – не було виявлено представників виду *Akkermansia muciniphila* (табл. 2). Як відомо, бактерія цього виду руйнує слизову оболонку товстої кишки, чим стимулює секрецію муцину, який споживається корисними видами бактерій кишечника [26].

Згідно до наукових даних, *Akkermansia muciniphila* створює в мікробіоті товстої кишки складні метаболічні перехресні взаємодії, і суттєво впливає на склад мікробіому кишечника. Ці мікроорганізми можуть виробляти екстрацелюлярні везикули, регулювати імунні реакції та забезпечувати бар'єрну функцію кишечника. Вчені та медики розглядають перспективи використання *Akkermansia muciniphila* як нового пробіотичного препарату [27].

Таблиця 1

Результати досліджень калу на загальну бактеріальну масу при зміні харчового раціону (на всеїдінні, вегетаріанстві, сироїдінні) (n=6), (од. виміру – копії/мл)

Показники	Результат	Референтні значення
Загальна бактеріальна маса на всеїдінні (1)	$3 \cdot 10^{12} \pm 2 \cdot 10^3$	$10^{11} - 10^{13}$
Загальна бактеріальна маса на вегетаріанстві (2)	$2 \cdot 10^{13} \pm 7 \cdot 10^3 *$	$10^{11} - 10^{13}$
Загальна бактеріальна маса на сироїдінні (3)	$9 \cdot 10^{11} \pm 3 \cdot 10^2 *, **$	$10^{11} - 10^{13}$

Примітка: * – статистична вірогідність відмінностей порівняно зі всеїдністю (1), $p < 0,05$, ** – статистична вірогідність відмінностей сироїдіння порівняно з вегетаріанством, $p < 0,05$.

Наукові дослідження показують, що зниження рівня *A. muciniphila* в людському мікробіомі товстої кишки провокує розвиток ожиріння, цукрового діабету, різних запальних процесів та розладів метаболізму [27, 28].

Фахівці стверджують, що поліфеноли можуть сприяти підвищенню кількості *A. muciniphila*. Поліфеноли містяться в чорному та зеленому чаю, винограді, журавлині, каві, апельсинах, грейпфрутаї, оливковій олії, гіркому шоколаді, червоному вині, лохині та чорниці.

Дані наших досліджень узгоджуються з літературними. Так, у осіб, які перейшли з м'ясоїдного раціону на вегетаріанський, з великою кількістю овочів і фруктів, виявили присутність названої бактерії *Akkermansia muciniphila*. При зміні раціону харчування на сироїдний рівень бактерії *Akkermansia muciniphila* в мікробіомі калу не вийшов за межі референтних значень (табл. 2).

Таблиця 2

Результати досліджень калу на мікробіоту при зміні харчового раціону (n=5), (од. виміру – копії/мл)

Показники	Результат	Референтні значення
<i>Akkermansia muciniphila</i> на всеїдінні (1)	не виявлено	$< 10^{11}$
<i>Akkermansia muciniphila</i> на вегетаріанстві (2)	$10^{10} \pm 3 \cdot 10^3$	$< 10^{11}$
<i>Akkermansia muciniphila</i> на сироїдінні (3)	$7 \cdot 10^8 \pm 8 \cdot 10^2 **, *$	$< 10^{11}$

Примітка: ** – статистична вірогідність відмінностей сироїдіння (3) порівняно з вегетаріанством (2), $p < 0,05$.

Отже, можна стверджувати, що вегетаріанська, тим паче, сироїдна їжа сприяє заселенню мікробіому кишківника корисною бактерією *Akkermansia muciniphila*.

Наявність в товстій кишці бактерій виду *Prevotella* spp. свідчить про наявність в раціоні людини продуктів, що містять вуглеводи та харчові волокна. Виявлено, що перехід на вегетаріанський раціон сприяє збільшенню кількості цих бактерій, хоча і залишається в межах норми. Подальший перехід на сироїдіння – не змінює їхню кількість.

В калі досліджуваних людей при всеїдінні та при вегетаріанстві не було виявлено *Methanobrevibacter*, а під час сироїдіння ці бактерії з'явилися (табл. 3), що можна пояснити тим, що виникає необхідність утилізувати водень, який виділяється бактеріями бродіння в якості побічного продукту і, який є для них шкідливим, для того, щоб процес перетравлення рослинних поліцукрів був ефективним.

Результати досліджень калу на мікробіоту у осіб
при зміні харчового раціону (n=6), (од. виміру – копії/мл)

Показники	Результат	Референтні значення
Methanobrevibacter smithii на всеїдінні (1)	не виявлено	$10^6 - 10^{10}$
Methanobrevibacter smithii на вегетаріанстві (2)	не виявлено	$10^6 - 10^{10}$
Methanobrevibacter smithii на сиродінні (3)	$5 \cdot 10^5$	$10^6 - 10^{10}$

Кількість корисних бактерій родів – *Lactobacillus* spp. та *Bifidobacterium* spp. – при переході на вегетаріанство зростає понад норму, а при сиродінні трохи зменшилась, але залишилась понад норму.

Кількість корисних бактерій *Eubacterium rectale* при переході на вегетаріанську їжу зростає в 10 разів, після сиродіння не змінюється, порівняно із вегетаріанством.

Вплив голодування на мікробом кишечника. Досліджувані нами особи, які були на всеїдному раціоні, а потім 60 годин голодували показали наступні результати. Загальна бактеріальна маса зменшилась, але не достовірно. Кількість бактерій виду *Lactobacillus* spp. знизилась до нижньої межі норми, але не вийшла за межі. Кількість корисних бактерій виду *Bacteroides* spp. збільшилась у 12,5 разів, порівняно із всеїдінням і вийшла за верхню межу норми.

Бактерії виду *Eubacterium rectale* продукують бутират. Згідно до наукових даних, їхня кількість зменшується при втомі. У нашому випадку після голодування кількість даної бактерії зменшилась у 1000 разів і сягнула нижньої межі норми.

Проблема потребує подальших досліджень, відпрацювання самої схеми дослідження, збільшення вибірки для отримання більш значущої достовірності.

Висновки та перспективи подальших розвідок. Шлунково-кишковий мікробіом – це різноманітний консорціум бактерій, архей, грибів, найпростіших і вірусів. Мікробіом бере участь у низці фізіологічних процесів, життєво важливих для здоров'я господаря. Мікробний геном надає метаболічні можливості, що перевищують здатність організму господаря, що робить мікробіом кишок активним учасником його фізіології.

Зміни в шлунково-кишковому мікробіомі пов'язані із захворюваннями у людей і тварин, включаючи запальні захворювання кишечника, астму, ожиріння, метаболічний синдром, серцево-судинні захворювання, імуноопосередковані стани та захворювання нервової системи, такі як аутизм.

Якісний та кількісний склад мікробіому в дитинстві багато в чому визначає майбутнє здоров'я людини. Кожен людський організм населений унікальною мікробною екосистемою.

У нашому дослідженні виявлено, що перехід від всеїдності до вегетаріанського раціону викликає збільшення загальної бактеріальної маси, а перехід після цього на сиродіння – до нормалізації загальної маси мікробіоти.

На всеїдінні не виявлено бактерії виду *Akkermansia muciniphila*, яка руйнує слизову оболонку кишечника, стимулює секрецію муцину, який при переробці слугує їжею для корисних бактерій кишечника. Зниження рівня *A. muciniphila* в людському мікробіомі призводить до ризиків ожиріння, діабету, розвитку запальних процесів та розладів метаболізму. У осіб, які перейшли з м'ясоїдного раціону на вегетаріанський, а потім на сиродінний, в якому були присутні овочі і фрукти, виявили присутність названої бактерії. Можна стверджувати, що вегетаріанська, тим паче, сиродінна їжа сприяє заселенню мікробіому кишечника корисною бактерією *Akkermansia muciniphila*.

Ентеротип *Prevotella* spp. вказує на вживання здоровою людиною продуктів, у яких

превалюють вуглеводи та харчові волокна. Після переходу на вегетаріанство кількість цих бактерій збільшується, але залишається в межах норми. Після переходу на сиров'ядіння – кількість не змінюється.

Бактерії виду *Methanobrevibacter smithii* були відсутніми при всеїдінні та при вегетаріанстві, а під час сиров'ядіння з'являються. Появу цих бактерій на сиров'ядінні можна пояснити тим, що виникає необхідність утилізувати водень, який виділяється бактеріями бродіння у якості шкідливого побічного продукту. Процес перетравлення рослинних полісахаридів стає більш ефективним.

При переході на вегетаріанство та на сиров'ядіння достовірно зросла кількість корисних бактерій родів – *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp. та *Eubacterium rectale*.

Голодування впродовж 60 годин призводить до тенденції зменшення загальної бактеріальної маси. Кількість бактерій виду *Lactobacillus* spp. знизилась до нижньої межі норми. Кількість корисних бактерій виду *Bacteroides* spp. збільшилась у 12,5 разів, порівняно із всеїдінням і вийшла за верхню межу норми.

Бактерії виду *Eubacterium rectale* продукують бутират. Згідно до наукових даних, їхня кількість зменшується при втомі. У нашому випадку після голодування кількість даної бактерії зменшилась у 1000 разів і сягнула нижньої межі норми.

Мікробіом кишечника – це різноманітна та практично не вивчена екосистема з дуже складними біологічними взаємодіями. Перспективою досліджень мікробіому при різних видах харчування є вивчення механізмів цих взаємодій.

Список використаної літератури:

1. Знайомтесь, мікробом – ваше друге “Я”. – URL: <https://taslife.com.ua/blog/microbiome>
2. Szymańska, S., Szymański, R., Grzybek, H. (2017). Mikrobiom człowieka – znaczenie zdrowotne i perspektywy terapeutyczne. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*. 71:1050-1062.
3. Wasilewska, E., Juśkiewicz, J. (2017). Mikrobiom jelita grubego: znaczenie dla zdrowia i diety człowieka. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. 50(1):1-12.
4. Górska, A., Przystupińska, A., Niemczura, M. J., Gamian, A. (2018). Mikrobiom jelita, jego składniki i ich wpływ na zdrowie człowieka. *Postępy Mikrobiologii*. 57(3):245-254.
5. Tung, Yu-Tang, Chen, Ying-Ju, Chuang, Hsiao-Li, Huang, Wen-Ching, Lo, Chun-Tsung, Liao, Chen-Chung et al. (2017). Characterization of the serum and liver proteomes in gut-microbiota-lacking mice. *Int J Med Sci*. 14(3):257-267.
6. Лунгу М. В., Рудьковська О. Л., Мельник В. І. (2018). Мікробіом калу як біологічний маркер здоров'я. *Східноєвропейський журнал внутрішньої та сімейної медицини*. 2(1). С. 36-41.
7. Davenport, E. R., Sanders, J. G., Song, S. J., Amato, K. R., Clark, A. G., Knight, R. (2017). The human microbiome in evolution. *BMC Biol*. 15(1):127.
8. Колодяжна О. А., Іванченко Н. В., Єльнікова О. П. (2019). Мікробіом калу: структура та функції. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія*. 45. С. 55-60.
9. Barko, P. C., McMichael, M. A., Swanson, K.S., Williams, D. A. (2018). The Gastrointestinal Microbiome: A Review. *J Vet Intern Med*. 32(1):9-25.
10. Wang, H., Liang, S., Wang, M., Jin, F., Wang, J. (2019). Gut microbiota-brain axis. *Chinese medical journal*. 132(13):1619-1627.
11. Majewska-Szczepanik, M., Kowalska, K., Szczepanik, M. (2019). Mikrobiom jelita grubego a choroby autoimmunologiczne. *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*. 46(271):83-86.
12. Moles, L., Gomez, M., Heilig, H. (2013). Bacterial diversity in meconium of preterm neonates and evolution of their fecal microbiota during the first month of life. *PLoS One*. 8, e66986.
13. Sender, R., Fuchs, S., Milo, R. (2016). Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLoS biology*. 14(8):e1002533
14. Бабак О. Я. (2018). Кишковий мікробіом: склад, функції та терапевтичні можливості його відновлення. *Сучасна гастроентерологія*. 5(103). С. 87–94.
15. Бабак С.В., Малько К.С. (2023). Актуальність дослідження мікробіому людини. *Збірка тез*

доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми громадської та екологічної безпеки України» (дев'ятнадцяті Марзєєвські читання). 19 жовтня 2023. м. Київ. 23. С. 59-60.

16. Ширококов В. П., Янковський Д. С., Димент Г. С. (2014). Мікробіом людини та сучасні методи його оздоровлення. Інфекційні хвороби. 2. С. 64-69.
17. Іванченко Н. В., Сльникова О. П., Колодяжна, О. А. (2018). Мікробіом калу: роль у забезпеченні здоров'я людини. Український журнал мікробіології, біотехнології та вірусології. 1(42). С. 4-16.
18. Ciebiada-Adamiec, A., Adamiec, R., Ciebiada, M. (2019). Mikrobiom jelita grubego a otyłość. Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego. 46(271):79-82.
19. Manos, J. (2022). The human microbiome in disease and pathology. APMIS. 130(12):690-705.
20. MacIntyre, D. A., Chandiramani, M., Lee, Y. S., Kindinger, L., Smith, A., Angelopoulos, N. et al. (2015). The vaginal microbiome during pregnancy and the postpartum period in a European population. Sci. Rep. 5:8988.
21. Human Microbiome (2012). Project Consortium. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. Nature. 486(7402):207-214.
22. Chen, B., Li, D., Leng, D., Kui, H., Bai, X., Wang, T. (2022). Gut microbiota and meat quality. Front Microbiol. 23(13):951726. doi: 10.3389/fmicb.2022.951726
23. Dalton, A., Mermier, C., Zuhl, M. (2019). Exercise influence on the microbiome-gut-brain axis. Gut Microbes. 10(5):555-568.
24. Crowson, M. M., McClave, S. A. (2020). Does the Intestinal Microbiome Impact Athletic Performance? Curr Gastroenterol Rep. 11:53.
25. De Leoz, M. L., Kalanetra, K. M., Bokulich, N. A. (2015). Human milk glycomics and gut microbial genomics in infant feces show a correlation between human milk oligosaccharides and gut microbiota: a proof-of-concept study. J Proteome Res. 14:491-502.
26. Фадієнко Г. Д., Гріднієв О. Ю. (2020). Akkermansia mucinifila – роль у порушенні метаболізму. Український терапевтичний журнал. 4. С. 55-62.
27. Мюррей М. (2023). Akkermansia Muciniphila: мікробіомна суперзірка, про яку варто знати. – URL: https://ua.iherb.com/blog/akkermansia-muciniphila-microbiome-benefits/1777?gclid=EAIaIQobChMIsoRgs8DSgQMVuEGRBR3MtwSuEAAAYASAAEgLDYfD_BwE&gclid=aw.ds

References

1. Znaiomtes, mikrobom – vashe druhe “Ya” [Meet your microbiome: Your "alter ago"] – URL: <https://taslife.com.ua/blog/microbiome> (in Ukr.)
2. Szymańska, S., Szymański, R., Grzybek, H. (2017). Mikrobiom człowieka – znaczenie zdrowotne i perspektywy terapeutyczne. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej.
3. Wasilewska, E., Juśkiewicz, J. (2017). Mikrobiom jelita grubego: znaczenie dla zdrowia i diety człowieka. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna.
4. Górska, A., Przystupińska, A., Niemczura, M. J., Gamian, A. (2018). Mikrobiom jelita, jego składniki i ich wpływ na zdrowie człowieka. Postępy Mikrobiologii.
5. Tung, Yu-Tang, Chen, Ying-Ju, Chuang, Hsiao-Li, Huang, Wen-Ching, Lo, Chun-Tsung, Liao, Chen-Chung et al. (2017). Characterization of the serum and liver proteomes in gut-microbiota-lacking mice. Int J Med Sci.
6. Lunhu, M. V., Rudkovska, O. L., Melnyk, V. I. (2018). Mikrobiom kалу yak biolohichniy marker zdorovia. Skhidnoievropeyskiy zhurnal vnutrishnoi ta simeinoi medytsyny [Lungu M.V., Rud'kovs'ka O.L., Mel'nyk V.I. Fecal microbiome as a biomarker of health. Eastern european journal of internal and family medicine] (in Ukr.)
7. Davenport, E. R., Sanders, J. G., Song, S. J., Amato, K. R., Clark, A. G., Knight, R. (2017). The human microbiome in evolution. BMC Biol.
8. Kolodiazhna, O. A., Ivanchenko, N. V., Yelnykova, O. P. (2019). Mikrobiom kалу: struktura ta funktsii. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Biolohiia [Kolodiazhna O.A., Ivanchenko N.V., Iel'nykova O.P. The Fecal Microbiome: Structure and Functions. Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Biology] (in Ukr.)
9. Barko, P. C., McMichael, M. A., Swanson, K.S., Williams, D. A. (2018). The Gastrointestinal Microbiome: A Review. J Vet Intern Med.
10. Wang, H., Liang, S., Wang, M., Jin ,F., Wang, J. (2019). Gut microbiota-brain axis. Chinese medical

journal.

11. Majewska-Szczepanik, M., Kowalska, K., Szczepanik, M. (2019). Mikrobiom jelita grubego a choroby autoimmunologiczne. *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*.
12. Moles, L., Gomez, M., Heilig, H. (2013). Bacterial diversity in meconium of preterm neonates and evolution of their fecal microbiota during the first month of life.
13. Sender, R., Fuchs, S., Milo, R. (2016). Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLoS biology*.
14. Babak O. Ya. (2018). Kyshkovyi mikrobiom: sklad, funktsii ta terapevtychni mozhlyvosti yoho vidnovlennia. Suchasna hastroenterolohiia [Babak O.IA. Gut microbiome: composition, function and the therapeutic potential of its restoration. *Modern gastroenterology*] (in Ukr.)
15. Babak S.V., Malko K.S. (2023). Aktualnist doslidzhennia mikrobiomu liudyny. Zbirka tez dopovidei naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Aktualni problemy hromadskoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy» (deviatnadtsiati Marzieievski chytannia). 19 zhovtnia 2023. m. Kyiv [Babak S.V., Mal'ko K.S. The relevance of human microbiome research. The collection of abstracts reports of the scientific-practical conference with international participation "Relevant issues of public and ecological safety in Ukraine" (19th Marzieiev readings)] (in Ukr.)
16. Shyrobokov, V. P., Yankovskyi, D.S., Dymant, H. S. (2014). Mikrobiom liudyny ta suchasni metody yoho ozdorovlennia. Infektsiini khvoroby [Shyrobokov V.P., Iankovskyi D.S., Dymant H.S. The human microbiome and modern methods for its restoration. *Infectious diseases*] (in Ukr.)
17. Ivanchenko, N. V., Yelnykova, O. P., Kolodiazhna, O. A. (2018). Mikrobiom kalu: rol u zabezpechenni zdorovia liudyny. Ukrainskyi zhurnal mikrobiolohii, biotekhnolohii ta virusolohii [Ivanchenko N.V., Iel'nykova O.P., Kolodiazhna O.A. The fecal microbiome: its role in maintaining human health. *Ukrainian journal of microbiology, biotechnology and virology*] (in Ukr.)
18. Ciebiada-Adamiec, A., Adamiec, R., Ciebiada, M. (2019). Mikrobiom jelita grubego a otyłość. *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*.
19. Manos, J. (2022). The human microbiome in disease and pathology. *APMIS*.
20. MacIntyre, D. A., Chandiramani, M., Lee, Y. S., Kindinger, L., Smith, A., Angelopoulos, N. (2015). The vaginal microbiome during pregnancy and the postpartum period in a European population. *Sci. Rep.*
21. Human Microbiome Project Consortium. (2012). Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*.
22. Chen, B., Li, D., Leng, D., Kui, H., Bai, X., Wang, T. (2022). Gut microbiota and meat quality. *Front Microbiol.*
23. Dalton, A., Mermier, C., Zuhl, M. (2019). Exercise influence on the microbiome-gut-brain axis. *Gut Microbes*.
24. Crowson, M. M., McClave, S. A. (2020). Does the Intestinal Microbiome Impact Athletic Performance? *Curr Gastroenterol Rep.*
25. De Leoz, M. L., Kalanetra, K. M., Bokulich, N. A. (2015). Human milk glycomics and gut microbial genomics in infant feces show a correlation between human milk oligosaccharides and gut microbiota: a proof-of-concept study. *J Proteome Res.*
26. Fadiienko, H. D., Hridniiev, O. Yu. (2020). Akkermansia mucinifila – rol u porushenni metabolizmu. Ukrainskyi terapevtychnyi zhurnal [Fadiienko H.D., Hridniiev O. IU. Akkermansia mucinifila – role in metabolic disorders. *Ukrainian therapeutic journal*] (in Ukr.)
27. Miurrei, M. (2023). Akkermansia Muciniphila: mikrobiomna superzirka, pro yaku varto znaty [Miurrei M. Akkermansia Muciniphila: gut microbiome superstar you need to know about] – URL: https://ua.iherb.com/blog/akkermansia-muciniphila-microbiome-benefits/1777?gclid=EAIaIQobChMIso8DSgQMvUEGRBR3MtwSuEAAYASAAEgLDYfD_BwE&gclid=aw.ds (in Ukr.)

Svitlana Babak, Kateryna Mal'ko THE MICROBIOME OF THE LARGE INTESTINE UNDER VARIOUS DIETS

Introduction. The human digestive system is a complex structure where the microbiota plays a significant role, influencing both the functioning of the digestive system and the overall organism. The microbiome is a diverse community of various living organisms: bacteria, archaea, fungi, protozoa and

viruses. Research on the human gut microbiome is far from complete, making the topic extremely relevant. Little is known about the specific characteristics of the large intestine microbiome under different dietary patterns, especially during fasting.

The purpose of this study is to investigate the large intestine microbiome through fecal analysis under various dietary patterns.

Methods: a meta-analysis of scientific literature on the research topic was conducted using scientific databases of internet sources; a fecal analysis study was conducted using PCR test "MICROBIOME/METABOLISM" results in individuals practicing different dietary patterns, as well as during fasting.

Results. Dietary pattern and food intake affect the composition of the large intestine microbiota and feces.

Our study found that transitioning from an omnivorous diet to a vegetarian diet resulted in an increase in overall bacterial mass, while subsequent transition to a raw food diet led to the normalization of overall microbiota mass.

Our study found that transitioning from an omnivorous diet to a vegetarian diet resulted in an increase in overall bacterial mass, while subsequent transition to a raw food diet led to the normalization of overall microbiota mass.

On an omnivorous diet, bacteria of the species *Akkermansia muciniphila*, which breaks down the intestinal mucosal barrier and stimulates mucin secretion, serving as food for beneficial gut bacteria during processing, were not detected. A reduction in the level of *A. muciniphila* in the human microbiome leads to risks of obesity, diabetes, inflammatory processes, and metabolic disorders. Individuals who transitioned from a carnivorous diet to a vegetarian one and then to a raw food diet rich in vegetables and fruits exhibited the presence of the mentioned bacteria. It can be asserted that a vegetarian diet, especially a raw food diet, facilitates the colonization of the gut microbiome with the beneficial bacterium *Akkermansia muciniphila*.

The *Prevotella* spp. enterotype characterizes the consumption of foods rich in carbohydrates and dietary fibers by a healthy individual. After transitioning to a vegetarian diet, the quantity of these bacteria increases but remains within the normal range. After transitioning to a raw food diet, their quantity remains unchanged.

The *Methanobrevibacter smithii* bacteria were absent in omnivorous and vegetarian diets but emerged during a raw food diet. This emergence can be attributed to the need to utilize hydrogen, a harmful byproduct produced by fermentative bacteria.

Upon transitioning to vegetarianism and a raw food diet, the quantity of beneficial bacteria genera *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., and *Eubacterium rectale* significantly increased.

Prolonged fasting for 60 hours generally leads to a reduction in overall bacterial mass. The quantity of *Lactobacillus* spp. bacteria decreased to the lower limit of the normal range. Conversely, the quantity of beneficial *Bacteroides* spp. bacteria increased by 12.5 times compared to an omnivorous diet, surpassing the upper limit of the normal range. *Eubacterium rectale* bacteria, which produce butyrate, tend to decrease in number during periods of fatigue, as supported by scientific research. Our study found that fasting led to a significant decrease in the number of these bacteria by 1000 times, reaching the lower limit of the normal range.

Conclusions. The gut microbiome is a diverse and largely unexplored ecosystem characterized by highly complex biological interactions. A promising research avenue in microbiome studies under various dietary conditions lies in elucidating the mechanisms underlying these interactions.

Keywords: gut microbiome, large intestine, dietary patterns, omnivorous diet, vegetarian diet, raw food diet, fasting, bacterial mass.

Одержано редакцією: 17.04.2024

Прийнято до публікації: 13.05.2024