

УДК 612.397+616.03+547.587

Анатолій ЛЕВИЦЬКИЙ

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри технології зерна і комбікормів, Одеський національний технологічний університет, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65000 (irina.selivanskaya@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-1966-542X

Scopus Author ID: 7004258441

Researcher ID: B-2672-2016

Ігор ХОДАКОВ

науковий співробітник лабораторії біохімії, Державна установа «Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії Національної академії медичних наук України», вул. Рішельєвська, 11, м. Одеса, Україна, 65026 (hodakovigor@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4352-4798

Владислав ВЕЛИЧКО

кандидат медичних наук, лікар-хірург відділення інвазійних методів діагностики та лікування, КНП «Одеська обласна клінічна лікарня», вул. Академіка Заболотного, 26/32, м. Одеса, Україна, 65000 (vlvelichko13@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5038-8312

Ірина СЕЛІВАНСЬКА

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри клінічної хімії та лабораторної діагностики, Одеський національний медичний університет, Валіховський пров., 2, м. Одеса, Україна, 65000 (irina.selivanskaya@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9273-4401

Scopus Author ID: 57223324301

Алла ЛАПІНСЬКА

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології зерна і комбікормів, Одеський національний технологічний університет, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65000 (alocnka.onaft@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4217-2516

Scopus Author ID: 57223318327

Researcher ID: B-6483-2016

DOI 10.32782/2522-9680-2023-2-44

Бібліографічний опис статті: Левицький А., Ходаков І., Величко В., Селіванська І., Лапінська А. (2023) Ендогенний біосинтез «есенціальних» жирних кислот у тваринному організмі. *Фітотерапія. Часопис*, 2, 35–41, doi 10.32782/2522-9680-2023-2-44

ЕНДОГЕННИЙ БІОСИНТЕЗ «ЕСЕНЦІАЛЬНИХ» ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТВАРИННОМУ ОРГАНІЗМІ

Актуальність. Дотепер існує уявлення про есенціальність поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої і ліноленової. Ураховуючи велику роль есенціальних жирних кислот, особливо довголанцюгових ω -3 ряду (ейкозапентаєнової і докозагексаєнової), у структурі біомембран і регуляції фізіологічних функцій, важливо дослідити можливість ендогенного утворення цих кислот у тваринному організмі.

Мета роботи. Дослідити наявність так званих есенціальних жирних кислот у тваринному організмі в умовах споживання безжирового раціону.

Методи дослідження. Досліди проведено на білих щурах, які отримували стандартний (жировий) раціон з вмістом 5%-ї звичайної соняшникової олії або повністю безжировий раціон. Через 30 днів годівлі визначали в сироватці крові і в печінці вміст жирних кислот у трьох фракціях ліпідів: нейтральних ліпідів, фосфоліпідів і вільних жирних кислот. Жирні кислоти визначали газо-хроматографічним методом.

Результати. У щурів, які отримували безжировий раціон (БЖР), виявлено наявність усіх груп жирних кислот, у тому числі есенціальних. У щурів, які отримували БЖР, зростає кількість енергетичних жирних кислот на 9–25% і вміст ω -3 ПНЖК у декілька разів. Вміст ω -6 ПНЖК (арахідонової) істотно не знижується, тому значно знижується співвідношення ω -6/ ω -3 ПНЖК.

Висновок. У тваринному організмі існує ендогенний біосинтез есенціальних ПНЖК, який пригнічує споживання соняшникової олії.

Ключові слова: біосинтез жирних кислот, поліненасичені жирні кислоти, жирове харчування.

Anatoly LEVYTSKY

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor at the Department of Grain and Compound Feed Technology, Odesa National Technological University, Kanatna str., 112, Odesa, Ukraine, 65000 (irina.selivanskaya@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-1966-542X

Scopus Author ID: 7004258441

Researcher ID: B-2672-2016

Igor KHODAKOV

Researcher of the Laboratory of Biochemistry, State Institution "Institute of Stomatology and Maxillofacial Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Rysheliivska str., 11, Odesa, Ukraine, 65026 (hodakovigor@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4352-4798

Vladyslav VELYCHKO

Candidate of Medical Sciences, Physician-surgeon at the Department of Invasive Methods of Diagnosis and Treatment, Odesa Regional Clinical Hospital, Akademika Zabolotny str., 26/32, Odesa, Ukraine, 65000 (vlvelichko13@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5038-8312

Iryna SELIVANSKA

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Clinical Chemistry and Laboratory Diagnostics, Odesa National Medical University, Valikhovskiy lane, 2, Odesa, Ukraine, 65000 (irina.selivanskaya@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9273-4401

Scopus Author ID: 57223324301

Alla LAPINSKA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Grain and Compound Feed Technology, Odesa National Technological University, Kanatna str., 112, Odesa, Ukraine, 65000 (alocnka.onaft@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4217-2516

Scopus Author ID: 57223318327

Researcher ID: B-6483-2016

DOI 10.32782/2522-9680-2023-2-44

To cite this article: Levytsky A., Khodakov I., Velychko V., Selivanska I., Lapinska A. (2023). Endohennyi biosyntezy "esentsialnykh" zhyrnykh kyslot u tvarynnomu orhanizmi [Endogenous biosynthesis of "essential" fatty acids in the animal organism]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 2, 35–41, doi 10.32782/2522-9680-2023-2-44

ENDOGENOUS BIOSYNTHESIS OF "ESSENTIAL" FATTY ACIDS IN THE ANIMAL ORGANISM

Actuality. Until now, there is an idea about the essentiality of polyunsaturated fatty acids, in particular linoleic and linolenic. Considering the great role of essential fatty acids, especially long-chain ω -3 series (eicosapentaenoic and docosahexaenoic), in the structure of biomembranes and regulation of physiological functions, it is important to investigate the possibility of endogenous formation of these acids in the animal body.

Aim of work. To investigate the presence of so-called essential fatty acids in the animal body under conditions of consumption of a fat-free diet.

Research methods. Experiments were conducted on white rats that received a standard (fat) diet with a content of 5 % ordinary sunflower oil or a completely fat-free diet. After 30 days of feeding, the content of fatty acids in three fractions of lipids: neutral lipids, phospholipids and free fatty acids was determined in blood serum and in the liver. Fatty acids were determined by the gas chromatographic method.

Results. The presence of all groups of fatty acids, including essential ones, was found in rats that received a fat-free diet. The amount of energy fatty acids increases by 9-25 % and the content of ω -3 PUFA increases several times in rats that received FFD. The content of ω -6 PUFA (arachidonic) does not decrease significantly, therefore the ratio of ω -6/ ω -3 PUFA decreases significantly.

Conclusions. In the animal body, there is an endogenous biosynthesis of essential PUFAs, which suppresses the consumption of sunflower oil.

Key words: biosynthesis of fatty acids, polyunsaturated fatty acids, fatty nutrition.

Вступ. До есенціальних жирних кислот відносять поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які мають два і більше подвійних зв'язків у своєму радикалі, а саме лінолеву ($C_{18:2}$, ω -6), α -ліноленову ($C_{18:3}$, ω -3), арахідонову ($C_{20:4}$, ω -6), ейкозапентаєнову ($C_{20:5}$, ω -3), докозапентаєнову ($C_{22:5}$, ω -3) і докозагексаєнову ($C_{22:6}$, ω -3) (Tvrzická et al, 2009). Вважають, що власне есенціальними є лінолева і ліноленова кислоти, а всі інші ПНЖК є похідними цих кислот і можуть утворюватися у тваринному організмі за дії ферментів елонгаз і десатураз (Tvrzická et al, 2009).

Однак біосинтез довголанцюгових ПНЖК (із 20 або 22 вуглецевими атомами) відбувається у тваринному організмі дуже повільно (Rosqvist et al., 2017), що може зумовлювати їх дефіцит, який негативно впливає на утворення функціонально активних біомембран, а також фізіологічно активних ейкозаноїдів і докозаноїдів (Svendsen et al., 2020).

Метою роботи є дослідження вмісту ПНЖК у тваринному організмі в умовах споживання безжирового раціону з повною відсутністю есенціальних жирних кислот.

Матеріали та методи дослідження. Досліді було проведено на білих щурах лінії Вістар (самці, 5 місяців), яких було поділено на дві рівні групи по шість голів. Перша група отримувала стандартний раціон з вмістом 5%-ї звичайної соняшникової олії (жировий раціон, ЖР), склад якого представлено в таблиці (Levitsky et al., 2018). Звичайна соняшникова олія містила 56% лінолевої кислоти і менше 0,05% ліноленової за повної відсутності інших ПНЖК. Друга група отримувала безжировий раціон (БЖР), у якому 5% олії було замінено на відповідну кількість крохмалю (табл.).

Таблиця

Склад експериментальних раціонів (%)

Компоненти	Жировий раціон	Безжировий раціон
Крохмаль кукурудзяний	59	64
Шрот соєвий	20	20
Овальбумін	6	6
Цукор	5	5
Мінеральна суміш	4	4
Вітамінна суміш	1	1
Звичайна соняшникова олія	5	0

Тривалість годівлі становила 30 днів, після чого щурів піддавали етаназії під тіопенталовим наркозом, отримували сироватку крові і виділяли печінку, які зберігали для аналізу за температури мінус 18°C.

Із сироватки крові і з гомогенату печінки екстрагували ліпіди (Keyts, 1975) і розділяли їх на три

фракції: нейтральні ліпіди (НЛ), фосфоліпіди (ФЛ) і вільні жирні кислоти (ВЖК) (Khodakov et al., 2017).

Жирнокислотний склад ліпідів визначали гало-хроматографічним методом (Levitsky et al., 2015).

Уміст пальмітинової ($C_{16:0}$), стеаринової ($C_{18:0}$), олеїнової ($C_{18:1}$) і пальмітоолеїнової ($C_{16:1}$) становив сумарну чисельність енергетичних жирних кислот (ЕЖК), які синтезуються у тваринному організмі з ацетил-КоА під дією таких ферментів: синтази жирних кислот, елонгази пальмітинової кислоти і стеарил-КоА-десатурази (Tvrzická et al., 2009).

До складу довголанцюгових ПНЖК ω -6 ряду відносили арахідонову кислоту, а до складу ω -3 довголанцюгових ПНЖК – ейкозапентаєнову, докозапентаєнову і докозагексаєнову кислоти.

Результати дослідження та їх обговорення. На рис. 1 і 2 представлено результати визначення вмісту енергетичних жирних кислот (ЕЖК) у ліпідах сироватки крові і печінки щурів, які отримували стандартний жировий раціон (ЖР) і раціон без жиру (БЖР). Як видно із цих даних, у щурів, які споживали БЖР, у всіх фракціях ліпідів підвищується вміст ЕЖК на 8–25%, що може свідчити про здатність харчового жиру, зокрема соняшникової олії, пригнічувати ендогенний біосинтез ЕЖК.

На рис. 3 і 4 показано вміст лінолевої і арахідонової кислот у ліпідних фракціях сироватки крові та печінки. Видно, що споживання звичайної соняшникової олії з великим вмістом лінолевої кислоти значно збільшує її вміст у ліпідних фракціях сироватки крові та печінки. Водночас вміст арахідонової кислоти, яка утворюється з лінолевої кислоти, істотно не відрізняється у щурів, які споживали ЖР або БЖР. Отримані дані можуть свідчити про стабільність процесу біосинтезу арахідонової кислоти в умовах відсутності екзогенної лінолевої кислоти.

На рис. 5 і 6 показано вміст ω -3 довголанцюгових ПНЖК (ДЛПНЖК). Чітко видно, що в усіх ліпідних фракціях, особливо у фракціях фосфоліпідів і вільних жирних кислот, вміст ω -3 ДЛПНЖК зростає у 2–10 разів, що може свідчити про істотну активацію ендогенного біосинтезу ω -3 ДЛПНЖК в умовах безжирового харчування, ураховуючи майже повну відсутність ліноленової (ω -3 кислоти) у кормі і дуже низький вміст її у ліпідних фракціях сироватки крові і печінки.

Як відомо, у структурі біомембран і характері фізіологічної дії медіаторів, які утворюються з ДЛПНЖК, важливу роль відіграє оптимальне співвідношення ω -6 і ω -3 ДЛПНЖК (Levitsky et al., 2021).

На рис. 7 і 8 показано, як змінюється співвідношення ω -6/ ω -3 ДЛПНЖК у ліпідних фракціях си-

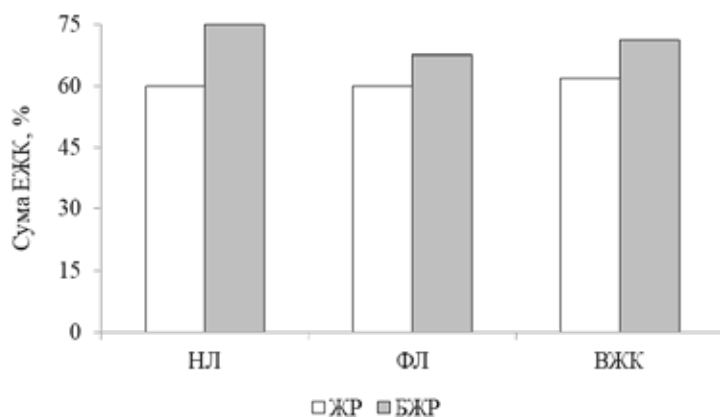


Рис. 1. Вміст енергетичних жирних кислот (ЕЖК) у ліпідах сироватки крові щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

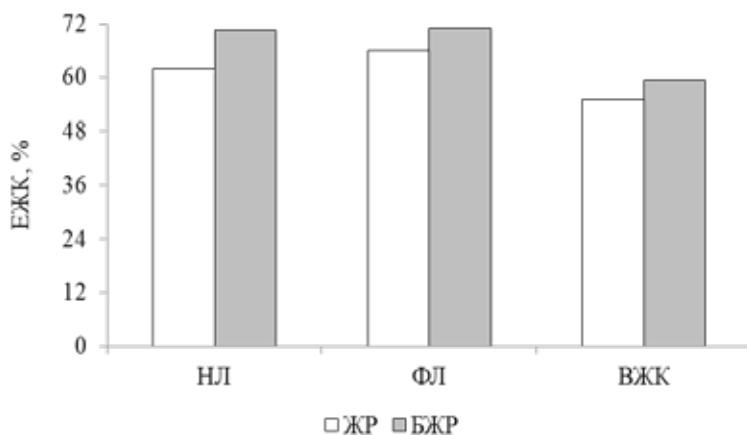


Рис. 2. Вміст енергетичних жирних кислот (ЕЖК) у ліпідах печінки щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

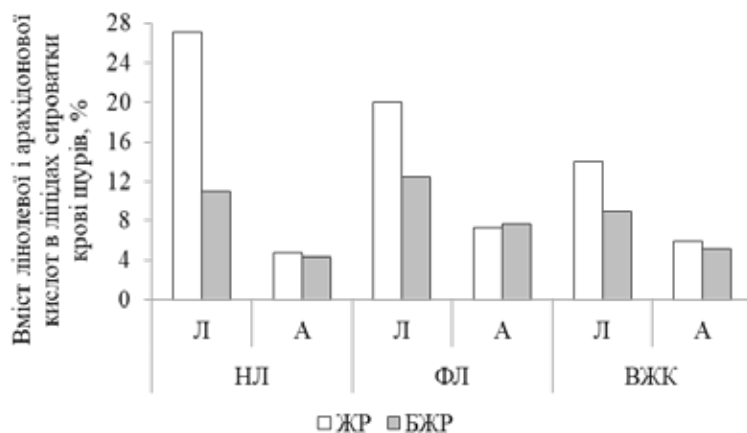


Рис. 3. Вміст лінолевої (Л) та арахідонової (А) жирних кислот у ліпідах сироватки крові щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

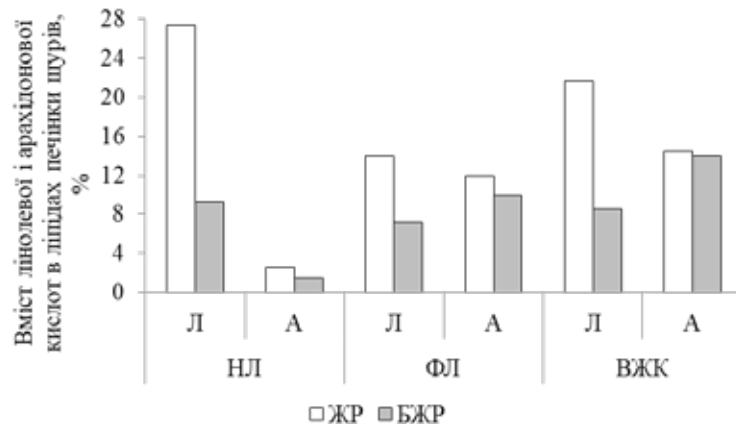


Рис. 4. Вміст лінолевої (Л) та арахідонової (А) жирних кислот у ліпідах печінки щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

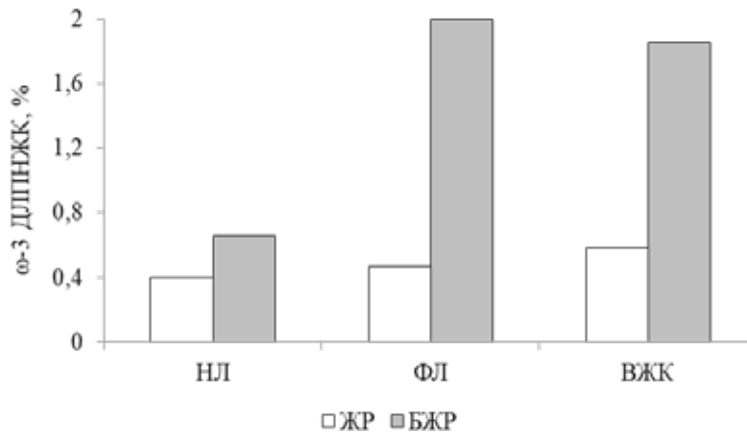


Рис. 5. Вміст ω -3 довголанцюгових ПНЖК (ДЛПНЖК) у ліпідах сироватки крові щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

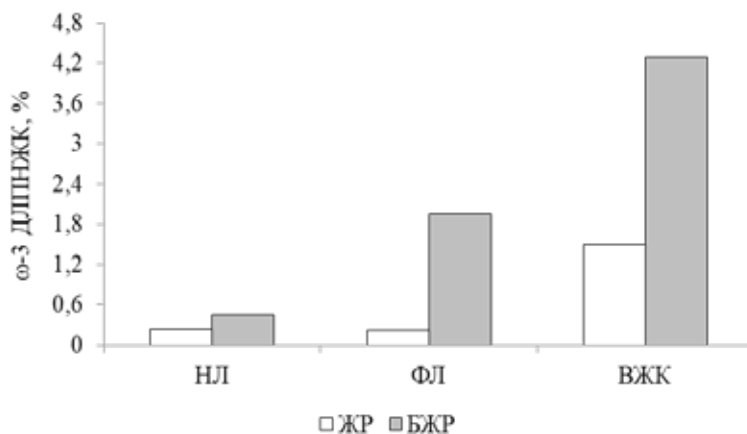


Рис. 6. Вміст ω -3 довголанцюгових ПНЖК (ДЛПНЖК) у ліпідах печінки щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжировий раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

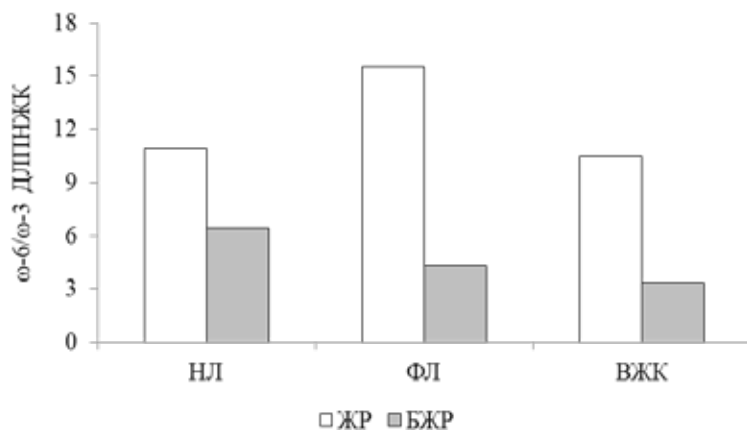


Рис. 7. Співвідношення ω -6/ ω -3 довголанцюгових ПНЖК (ДЛПНЖК) у ліпідах сироватки крові щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжирний раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

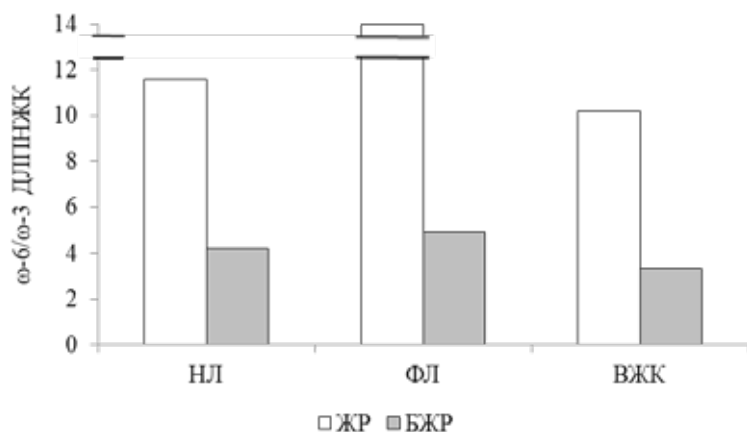


Рис. 8. Співвідношення ω -6/ ω -3 довголанцюгових ПНЖК (ДЛПНЖК) у ліпідах печінки щурів, які отримували жировий раціон (ЖР) і безжирний раціон (БЖР)

НЛ – нейтральні ліпіди, ФЛ – фосфоліпіди, ВЖК – вільні жирні кислоти

роватки крові і печінки щурів, які отримували БЖР. Видно, що в усіх випадках споживання звичайної соняшникової олії значно збільшує це співвідношення, особливо у фракціях ФЛ і ВЖК. Навпаки, БЖР наближає це співвідношення до оптимальних показників.

Отримані нами дані дають підстави вважати, що у тваринному організмі існує не лише механізм біосинтезу енергетичних кислот, а й механізм синтезу ПНЖК у відсутності так званих «есенціальних» жирних кислот, а саме лінолевої і ліноленової.

Ми робимо припущення, що біосинтез так званих «есенціальних» жирних кислот відбувається у тваринному організмі за участі ендогенної мікробіоти, яка здатна синтезувати практично всі типи жирних кислот, у тому числі й ДЛПНЖК (Ruker et al., 2008).

Наявність у тваринному організмі декількох тисяч видів бактерій потребує проведення досліджень з установлення конкретного механізму бактеріального ендогенного біосинтезу ДЛПНЖК.

Висновки. У тваринному організмі існує ендогенний біосинтез «есенціальних» жирних кислот, який, можливо, здійснює ендогенна мікробіота.

Споживання звичайної соняшникової олії суттєво пригнічує ендогенний біосинтез ω -3 довголанцюгових жирних кислот, що призводить до значного збільшення співвідношення ω -6/ ω -3 ДЛПНЖК, яке може негативно вплинути на стан організму.

Не виключено, що пригнічення ендогенного біосинтезу ω -3 ДЛПНЖК звичайною соняшниковою олією зумовлено високим вмістом лінолевої кислоти.

ЛІТЕРАТУРА

- Keyts, M. (1975). *Methods of lipidology. Receiving, analyse and identification of lipids*. M.: Mir. 334 p. (Ru)
- Khodakov, I. V., Tkachuk, V. V. & Velichko, V. I. [et al.]. (2017). The fatty acids composition of liver lipids of rats which received the palm oil and lincomycin. *Marine Medicine Bulletin*. № 1(74). P. 145-152. (Ru)
- Levitsky, A. P., Makarenko, O. A. & Demyanenko, S. A. (2018). *Methods of experimental dentistry (teaching aid)*. Simferopol: Tarpan. 78 p. (Ru)
- Levitsky, A. P., Makarenko, O. A. & Khodakov, I. V. (2015). *Methods to investigate fats and oils*. Odessa. 32 p. (Ru)
- Levitsky, A. P., Markov, A. V., Pupin, T. I. & Zubachik, V. M. (2021). Normalization of the metabolism of essential fatty acids of phospholipids of the liver of rats received with palm oil on the background of disbiosis by the phytopreparation "Kvertulin". *Phytotherapy Magazine*. № 1. P. 35-38. (Ukr)
- Rosqvist, F., Bjeremo, H. & Kullberg, J. [et al.]. (2017). Fatty acid composition in serum cholesterol esters and phospholipids is linked to visceral and subcutaneous adipose tissue content in elderly individuals: a cross-sectional study. *Lipids in Health and Disease*. № 16. P. 68. DOI 10.1186/s12944-017-0445-2
- Ruker, K. M., Daman, D. & Khansen, D. M. [et al.]. (2008). The method of obtaining lipids containing polyunsaturated fatty acids (variants and methods of cultivation of microorganisms culturing these lipids). Patent RU 2326171 C2. Published on 10.06.2008. Bulletin no. 16. (Ru)
- Svendsen, K., Olsen, T. & Nordstrand Rusvik, T. C. [et al.]. (2020). Fatty acid profile and estimated desaturase activities in whole blood are associated with metabolic health. *Lipids in Health and Disease*. № 19. P. 102.
- Tvrzická, E., Žák, A., Vecka, M. & Staňková, B. (2009). Fatty acids in human metabolism. *Physiology and maintenance*. II. P. 274-302.

Надійшла до редакції 16.03.2023

Прийнята до друку 07.04.2023

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Автори згодні на однаковий розподіл часткової участі:

Левицький А.П.

Ходаков І.В.

Величко В.В.

Селіванська І.О.

Лопінська А.П.

Електронна адреса для листування з авторами:

irina.selivanskaya@gmail.com