

УДК 612.397+577.16+613.2

DOI <https://zenodo.org/deposit/5084740>

А. П. Левицкий<sup>1</sup>, И. В. Ходаков<sup>2</sup>, И. А. Селиванская<sup>3</sup>, И. П. Двулит<sup>4</sup>

## ВЛИЯНИЕ ЖИРОВОГО ПИТАНИЯ НА СООТНОШЕНИЕ $\omega$ -6 И $\omega$ -3 ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В НЕЙТРАЛЬНЫХ ЛИПИДАХ ПЕЧЕНИ КРЫС

<sup>1</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий

<sup>2</sup>ДУ «Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии НАМН»

<sup>3</sup>Одесский национальный медицинский университет

<sup>4</sup>Львовский национальный медицинский университет им. Д. Галицкого

**Summary.** Levitsky A. P., Khodakov I. V., Selivanskaya I. A., Dvulit I. P. **EFFECT OF FAT NUTRITION ON THE RATIO OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN NEUTRAL LIPIDS OF RAT LIVER.** - <sup>1</sup>*Odessa National Academy of Food Technologies*; <sup>2</sup>*SE «The Institute of Stomatology and Maxillo-Facial Surgery of the NAMS»*; <sup>3</sup>*Odessa National Medical University*; <sup>4</sup>*Lviv National Medical University named after Danylo Galytskij.*- e-mail:flavan.ua@gmail.com. The aim of the work was to determine the effect of various dietary fats on the ratio of  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 PUFAs in neutral lipids of rat liver, as well as to study the activity of enzymes involved in the biosynthesis of fatty acids. The following edible fats were used: ordinary sunflower (high linoleic) oil, high oleic sunflower oil (HOSO), olive, palm and butter, which were added to the composition of the fat-free diet (FFD) in the amount of 5 or 15%. The duration of feeding was 30 or 40 days. In the fraction of neutral lipids (triglycerides + cholesterol esters) of the liver, the content of fatty acids, the ratio of  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 PUFAs, the activity of enzymes of biosynthesis of fatty acids: elongase (C<sub>18:0</sub>/C<sub>16:0</sub>), stearoyl-CoA desaturase (C<sub>18:1</sub>/C<sub>18:0</sub>) and  $\omega$ -3-desaturase (У $\omega$ -3 PUFA/C<sub>18:2</sub>). It was found that sunflower oil increases the content of  $\omega$ -6 PUFA in neutral liver lipids the most, palm oil significantly increases and the least of all - HOSO and butter. The ratio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 PUFA increases most of all in sunflower oil, then palm oil and least of all - HOSO. The "activity" of stearoyl-CoA desaturase is most elevated by HOSO and olive oil. The "activity" of  $\omega$ -3-desaturase inhibits sunflower and palm oil, while HOSO increases it. The most favorable effect on the content of  $\omega$ -3 PUFAs is exerted by HOSO by activating endogenous biosynthesis of  $\omega$ -3 PUFAs. Palm oil and, especially, ordinary sunflower oil inhibit the endogenous biosynthesis of  $\omega$ -3 PUFAs.

**Key words:** liver, fat nutrition, polyunsaturated fatty acids,  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 PUFA ratio, enzymes of fatty acid synthesis.

**Реферат.** Левицкий А. П., Ходаков И. В., Селиванская И. А., Двулит И. П. **ВЛИЯНИЕ ЖИРОВОГО ПИТАНИЯ НА СООТНОШЕНИЕ  $\omega$ -6 И  $\omega$ -3 ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В НЕЙТРАЛЬНЫХ ЛИПИДАХ ПЕЧЕНИ КРЫС.** Цель работы: определить влияние различных пищевых жиров на соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс, а также исследовать активность ферментов, принимающих участие в биосинтезе жирных кислот. **Использовали** следующие пищевые жиры: обычное подсолнечное (высоколинолевое) масло,

высокоолеиновое подсолнечное масло (ВОПМ), оливковое, пальмовое и сливочное масла, которые вводили в состав безжирового рациона (БЖР) в количестве 5 или 15 %. Продолжительность кормления составляла 30 или 40 дней. Во фракции нейтральных липидов (триглицериды + эфиры холестерина) печени определяли содержание жирных кислот, соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК, активность ферментов биосинтеза жирных кислот: элонгазы ( $C_{18:0}/C_{16:0}$ ), стеарил-КоА-десатуразы ( $C_{18:1}/C_{18:0}$ ) и  $\omega$ -3-десатуразы ( $\Sigma\omega$ -3 ПНЖК/ $C_{18:2}$ ). **Установлено**, что больше всего увеличивает содержание  $\omega$ -6 ПНЖК в нейтральных липидах печени подсолнечное масло, существенно меньше пальмовое и меньше всего - ВОПМ и сливочное масло. Соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК больше всего увеличивает подсолнечное масло, затем пальмовое и меньше всего - ВОПМ. «Активность» стеарил-КоА-десатуразы больше всего повышает ВОПМ и оливковое масло. «Активность»  $\omega$ -3-десатуразы угнетает подсолнечное и пальмовое масло, тогда как ВОПМ ее повышает. **Выводы:** Наиболее благоприятное действие на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК оказывает ВОПМ путем активации эндогенного биосинтеза  $\omega$ -3 ПНЖК. Пальмовое масло и, особенно, обычное подсолнечное тормозят эндогенный биосинтез  $\omega$ -3 ПНЖК.

**Ключевые слова:** печень, жировое питание, полиненасыщенные жирные кислоты, соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК, ферменты синтеза жирных кислот.

**Реферат.** Левицький А. П., Ходаков І. В., Селіванська І. О., Дзуліт І. П. **ВПЛИВ ЖИРОВОГО ХАРЧУВАННЯ НА СПІВВІДНОШЕННЯ  $\omega$ -6 І  $\omega$ -3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ В НЕЙТРАЛЬНИХ ЛІПІДАХ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ.** **Мета роботи:** визначити вплив різних харчових жирів на співвідношення  $\omega$ -6 і  $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральних ліпідах печінки щурів, а також дослідження активності ферментів, які приймають участь в біосинтезі жирних кислот. Використовували наступні харчові жири: звичайна (високолінолева) соняшникова олія, високоолеїнова соняшникова олія (ВОСО), оливкова і пальмова олії та вершкове масло. Жири вводили до складу безжирового раціону (БЖР) в кількості 5 або 15 %. Тривалість досліду становила 30 або 40 днів. У фракції нейтральних ліпідів (тригліцериди + ефіри холестерину) печінки визначали вміст жирних кислот, співвідношення  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК, «активність» ферментів біосинтезу жирних кислот: елонгази( $C_{18:0}/C_{16:0}$ ), стеарил-КоА-десатурази ( $C_{18:1}/C_{18:0}$ ) і  $\omega$ -3-десатурази ( $\Sigma\omega$ -3 ПНЖК/ $C_{18:2}$ ). Встановлено, що найбільше підвищує вміст  $\omega$ -6 ПНЖК в нейтральних ліпідах печінки соняшникова олія, суттєво менше пальмова і найменше ВОСО та вершкове масло. Співвідношення  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК найбільше збільшує соняшникова олія, потім пальмова і найменше ВОСО. «Активність» стеарил-КоА-десатурази найбільше підвищується після споживання ВОСО і оливкової олії. «Активність»  $\omega$ -3-десатурази гальмують соняшникова і пальмова олії, тоді як ВОСО її суттєво підвищує. Найбільш позитивну дію на вміст  $\omega$ -3 ПНЖК виявляє ВОСО за рахунок активації ендогенного біосинтезу ПНЖК. Пальмова і, особливо, соняшникова олії пригнічують ендогенний біосинтез  $\omega$ -3 ПНЖК.

**Ключові слова:** печінка, жирове харчування, поліненасичені жирні кислоти,  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК співвідношення, ферменти синтезу жирних кислот.

**Введение.** Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) являются незаменимыми факторами питания человека и животных, поскольку выполняют ряд биологических функций, важнейшими из которых являются структурная и регуляторная [1]. Структурная функция ПНЖК состоит в их участии в построении биомембран за счет входящих в состав сложных липидов (фосфолипидов, эфиров холестерина, сфингомиелинов) [2]. Регуляторная функция ПНЖК обусловлена образованием из них с помощью ферментов физиологически активных веществ (эйкозаноидов, докозаноидов), к числу которых относятся простагландины, лейкотриены, тромбоксаны, резолвины, протектины [3, 4]. Эти вещества играют важную роль в развитии воспаления, регенерации тканей, заживлении ран [5].

Из всего разнообразия ПНЖК лишь одна кислота, а именно линолевая ( $C_{18:2}$ ,  $\omega$ -6), является абсолютно незаменимой для человека и животных, поскольку не синтезируется в организме и должна обязательно поступать с пищей [6].

Вторая незаменимая ПНЖК –  $\alpha$ -линоленовая ( $C_{18:3}$ ,  $\omega$ -3) может в определенных условиях под влиянием  $\omega$ -3-десатуразы образовываться из линолевой кислоты [7], однако в очень небольших количествах.

Под влиянием последовательного действия ферментов десатуразы и элонгазы линолевая кислота превращается сравнительно легко в арахидоновую кислоту (C<sub>20:4</sub>, ω-6) [8]. Из α-линоленовой кислоты могут образоваться эйкозапентаеновая (C<sub>20:5</sub>, ω-3), докозапентаеновая (C<sub>22:5</sub>, ω-3) и докозагексаеновая (C<sub>22:6</sub>, ω-3) жирные кислоты [7].

Однако эффективность этих процессов может зависеть от многих факторов и прежде всего от количества и качества потребляемых жиров.

Нами ранее было показано, что высокожировые рационы снижают содержание в печени ω-3 ПНЖК [9].

**Цель работы:** исследовать влияние пищевых жиров с различным жирнокислотным составом на содержание ПНЖК (ω-6 и ω-3 ряда) на активность ряда ферментов, принимающих участие в их биосинтезе.

#### **Материалы и методы исследования**

В работе были использованы следующие пищевые жиры: подсолнечное масло, высокоолеиновое подсолнечное масло (ВОПМ), оливковое масло, пальмовое масло и сливочное масло.

Были проведены три серии экспериментов на белых крысах линии Вистар.

I серия: крысы, самцы, 12-13 месяцев, распределены в 5 групп: 1-ая – контроль (получала стандартный рацион, содержащий 5 % смеси растительных масел), 2-ая получала дополнительно 15 % подсолнечного масла в течение 30 дней, 3-я – 15 % оливкового масла, 4-ая – 15 % пальмового масла и 5-ая – 15 % сливочного масла.

II серия: крысы, самцы, 5 месяцев, распределенных в 4 группы: 1-ая получала безжировой рацион (табл. 1) в течение 30 дней, 2-ая получала безжировой рацион (БЖР), в котором 5 % крахмала были заменены на 5 % подсолнечного масла, 3-я группа получала рацион с 5 % ВОПМ и 4-ая – рацион с 5 % пальмового масла (вместо 5 % крахмала).

Таблица 1

**Состав полусинтетических рационов для крыс (в %) [12]**

Компоненты	БЖР	Жировые рационы
Крахмал кукурузный	65	60(50)
Шрот соевый обезжиренный	20	20
Овальбумин	6	6
Сахар	4	4
Витаминная смесь	1	1
Минеральная смесь	4	4
Растительные масла	0	5(15)

III серия: крысы, самцы, 8-9 месяцев, распределенных в 3 группы: 1-ая в течение 40 дней получала БЖР, 2-ая – рацион с 15 % ВОПМ, 3-я – рацион с 15 % пальмового масла (вместо 15 % крахмала).

После эвтаназии животных на 31-й день опыта из печени экстрагировали нейтральные липиды (триглицериды и эфиры холестерина) [10] и определяли в них содержание жирных кислот газохроматографическим методом [11, 13-15].

Общее содержание ПНЖК определяли, суммируя содержание линолевой, линоленовой, арахидоновой, эйкозапентаеновой, докозапентаеновой и докозагексаеновой кислот.

Содержание ω-6 ПНЖК определяли по сумме содержания линолевой и арахидоновой кислот. Содержание ω-3 ПНЖК определяли по сумме α-линоленовой, эйкозапентаеновой, докозапентаеновой и докозагексаеновой кислот.

«Активность» стеарил-КоА-десатуразы (СКД) рассчитывали по соотношению содержания олеиновой и стеариновой кислот. «Активность» элонгазы рассчитывали по соотношению содержания стеариновой и пальмитиновой кислот. «Активность» ω-3-десатуразы рассчитывали по соотношению содержания суммы ω-3 ПНЖК и линолевой кислоты.

#### **Результаты**

Жирнокислотный состав использованных пищевых жиров представлен в таблице 2.

Содержание ПНЖК и ω-6 ПНЖК в нейтральных липидах печени представлено в

**Жирнокислотный состав использованных пищевых жиров (в %) [11]**

Жирная кислота	Краткая формула	Подсолнечное масло	Высокоолеиновое подсолнечное масло	Пальмовое масло	Сливочное масло
Капроновая	C <sub>6:0</sub>	0	0	0	1,13
Каприловая	C <sub>8:0</sub>	0	0	0	0,77
Каприновая	C <sub>10:0</sub>	0	0	0	1,91
Лауриновая	C <sub>12:0</sub>	0	0,04	0,32	2,27
Миристиновая	C <sub>14:0</sub>	0,12	0,06	0,98	8,29
Пальмитиновая	C <sub>16:0</sub>	6,63	4,15	45,72	25,12
Пальмитолеиновая	C <sub>16:1</sub>	0,12	0,13	0,08	1,36
Стеариновая	C <sub>18:0</sub>	2,86	2,75	4,70	14,33
Олеиновая	C <sub>18:1</sub>	30,29	84,55	38,58	28,07
Линолевая	C <sub>18:2</sub> ω-6	57,12	6,16	8,20	3,51
α-линоленовая	C <sub>18:3</sub> ω-3	0,03	0,08	0,06	0,99
Арахидоновая	C <sub>20:4</sub> ω-6	0	0	0	1,05
Эйкозопентаеновая	C <sub>20:5</sub> ω-3	0	0	0	0,11
Докозопентаеновая	C <sub>22:5</sub> ω-3	0	0	0	0,09
Докозагексаеновая	C <sub>22:6</sub> ω-3	0	0	0	0,13

Таблица 3

**Влияние пищевых жиров на содержание ПНЖК и ω-6 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс**

Серии и группы	ПНЖК всего	ω-6 ПНЖК
I серия		
1.1. Контроль	4,81 г/кг	4,21 г/кг
1.2. + 15 % подсолнечного масла	10,47 г/кг	10,02 г/кг
1.3. + 15 % оливкового масла	5,06 г/кг	4,48 г/кг
1.4. + 15 % пальмового масла	5,19 г/кг	4,74 г/кг
1.5. + 15% сливочного масла	3,78 г/кг	3,37 г/кг
II серия		
2.1. БЖР	9,14 %	8,50 %
2.2. 5 % подсолнечного масла	30,44 %	29,58 %
2.3. 5 % ВОПМ	13,31 %	12,59 %
2.4. 5 % пальмового масла	16,31 %	15,65 %
III серия		
3.1.БЖР	10,82 %	9,68 %
3.2. 15 % ВОПМ	12,24 %	9,85 %
3.3. 15 % пальмового масла	16,58 %	15,36 %

Из этих данных видно, что больше всего увеличивает содержание ПНЖК потребление подсолнечного масла, причем в основном за счет ω-6 ПНЖК.

На рис. 1 представлены результаты определения содержания ω-3 ПНЖК и соотношения ω-6/ω-3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс (серия I). Видно, что по сравнению с контролем (5 % жира в рационе), дополнительное введение 15 % подсолнечного, пальмового или сливочного масла снижает содержание ω-3 ПНЖК, причем потребление подсолнечного масла более чем в 3 раза увеличивает соотношение ω-6/ω-3 ПНЖК. Исключением является оливковое масло, потребление которого не снижает содержания ω-3 ПНЖК и не увеличивает соотношение ω-6/ω-3.

На рис. 2 представлены результаты определения содержания ω-3 ПНЖК и соотношения ω-6/ω-3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс, получавших рационы,

содержащие 5 % жира (серия II). Видно, что у крыс, получавших подсолнечное масло, несколько снижается содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и более чем в 5 раз возрастает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3. Это соотношение возрастает в 2 раза и у крыс, получавших пальмовое масло. В то же время, потребление ВОПМ мало повлияло на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и на соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3.

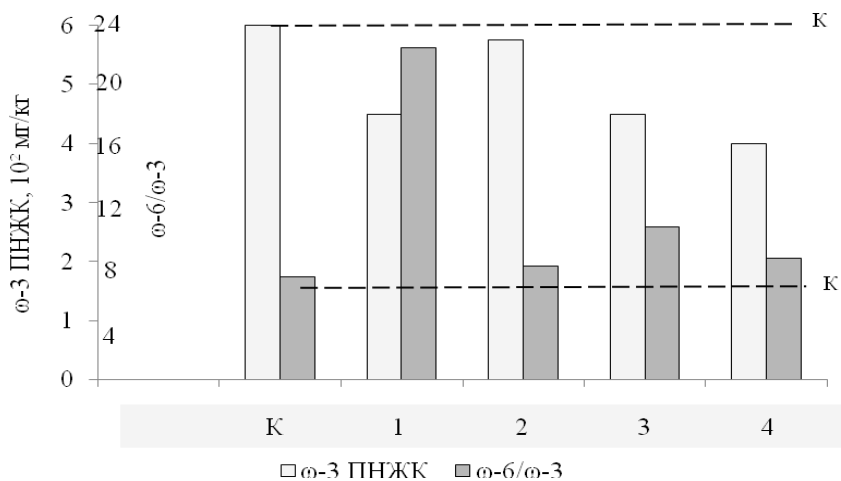


Рис. 1. Влияние разных масел на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс (I серия) (содержание жира в контроле 5 %, в остальных группах + 15% масла) (1 – подсолнечное масло, 2 – оливковое масло, 3 – пальмовое масло, 4 – сливочное масло)

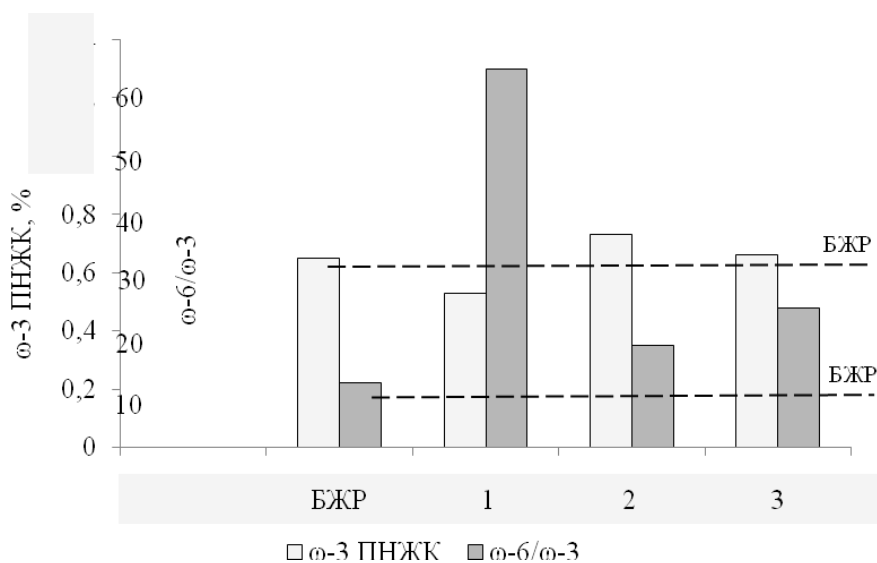


Рис. 2. Влияние разных масел на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс (содержание жира в корме 5 %, II серия) (1 – подсолнечное масло, 2 – ВОПМ, 3 – пальмовое масло)

На рис. 3 представлены результаты определения содержания  $\omega$ -3 ПНЖК и соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 (серия III). Видно, что потребление ВОПМ (15 %) более чем в 2 раза увеличивает содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и в 2 раза снижает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3. Потребление пальмового масла не влияет на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК, однако значительно увеличивает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 за счет существенного увеличения содержания  $\omega$ -6 ПНЖК (табл. 3).

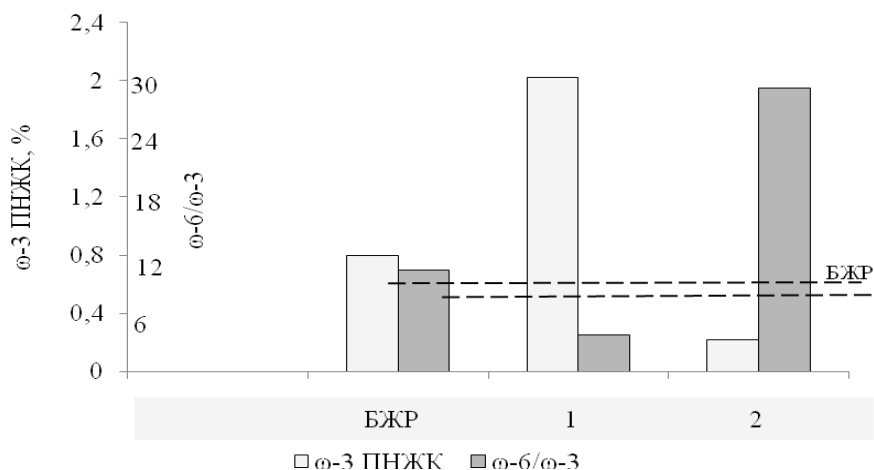


Рис. 3. Влияние ВОПМ и пальмового масла на содержание  $\omega$ -3 ПНЖК и соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс (содержание жира в корме 15 %, III серия) (1 – ВОПМ, 2 – пальмовое масло)

На рис. 4 представлены результаты определения «активности» фермента СКД и элонгазы, из которых следует, что потребление оливкового и пальмового масел значительно повышает активность СКД (возможно, это увеличение происходит за счет значительного поступления олеиновой кислоты с пищевыми жирами).

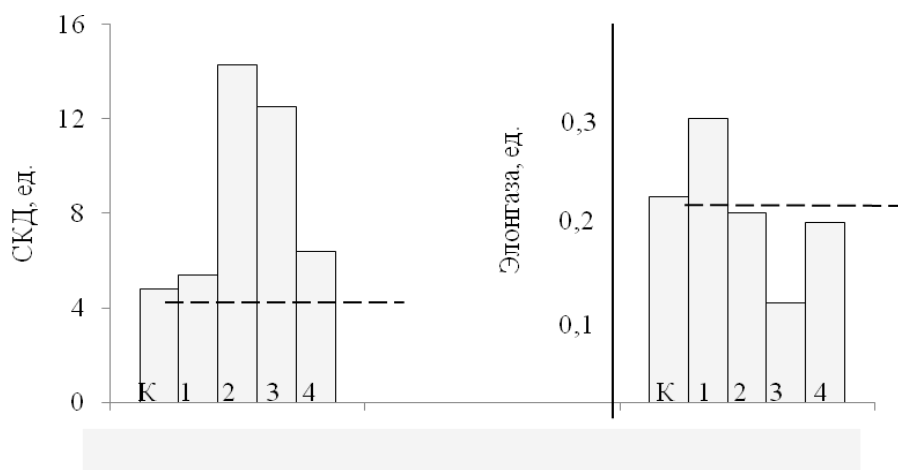


Рис. 4. Влияние жирового питания на активность ферментов в печени крыс (I серия) (К – 5 % жира в корме, 1 – + 15 % подсолнечного масла, 2 – + 15 % оливкового масла, 3 – + 15 % пальмового масла, 4 – + 15 % сливочного масла)

«Активность» элонгазы существенно возрастает у крыс, получавших подсолнечное масло, и значительно снижается у крыс, получавших пальмовое масло.

На рис. 5 показаны результаты определения «активности» СКД и элонгазы в липидах печени крыс, получавших рационы с 5 % жиров (серия II). Видно, что потребление всех жиров увеличивает активность СКД и не влияет существенно на «активность» элонгазы (за исключение ВОПМ, которое снижает «активность» элонгазы).

На рис. 6 показаны результаты определения аналогичных показателей (серия III). Видно, что в этой серии опытов у крыс, получавших 15 % ВОПМ, значительно возрастает «активность» СКД (опять-таки за счет большего поступления олеиновой кислоты с пищей).

Что касается элонгазы, то ее «активность» возрастает во всех случаях высокожирового питания.

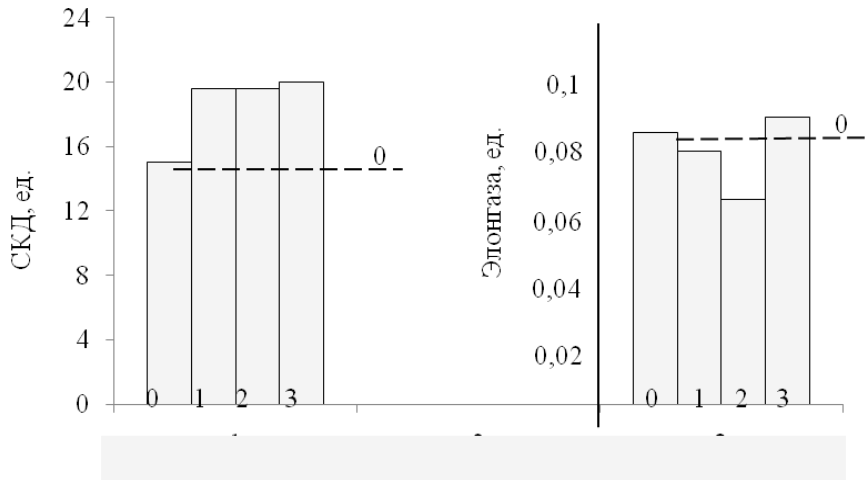


Рис. 5. Влияние жирового питания на активность ферментов в печени крыс (II серия) (0 – БЖР, 1 – 5 % подсолнечного масла, 2 – 5 % ВОПМ, 3 – 5 % пальмового масла)

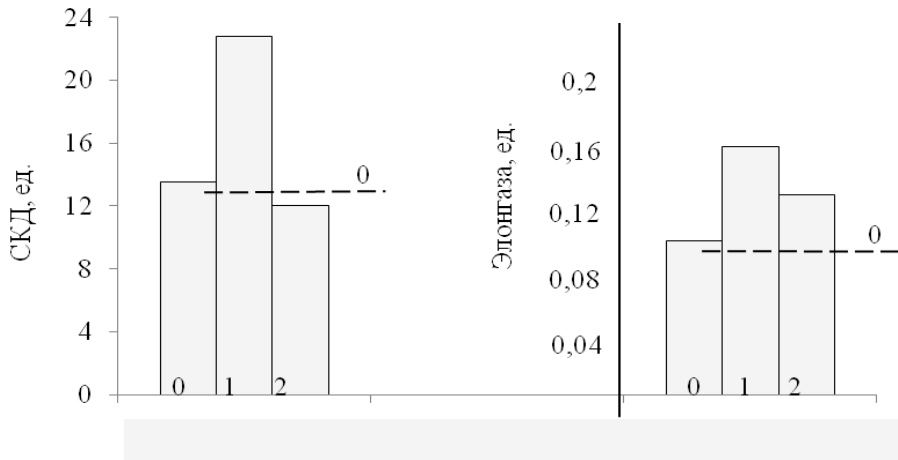


Рис. 6. Влияние жирового питания на активность ферментов в печени крыс (0 – БЖР, 1 – 15 % ВОПМ, 2 – 15 % пальмового масла, III серия)

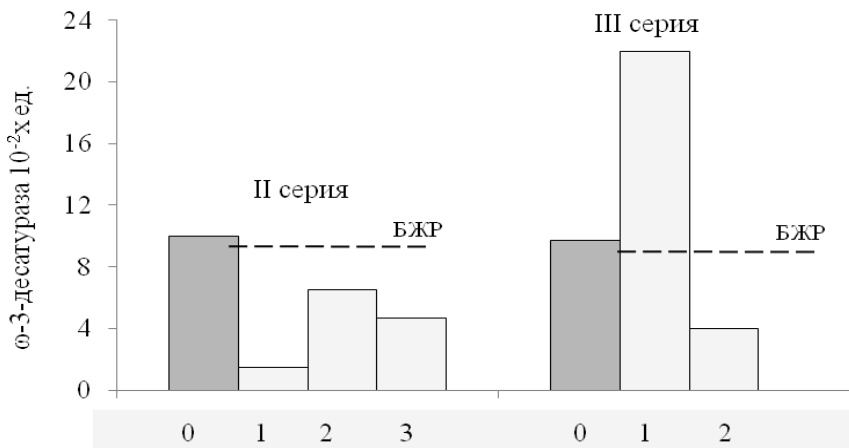


Рис. 7. Влияние жирового питания на активность ω-3-десатуразы печени крыс (по соотношению Σω-3 ПНЖК/С<sub>18:2</sub> в нейтральных липидах)  
 II серия: 0 – БЖР, 1 – подсолнечное масло 5 %, 2 – ВОПМ 5 %, 3 – пальмовое масло 5 %  
 III серия: 0 – БЖР, 1 – ВОПМ 15 %, 2 – пальмовое масло 15 %

На рис. 7 представлены результаты определения в печени крыс «активности» фермента  $\omega$ -3-десатуразы. Следует отметить, что «активность» этого фермента в десятки раз ниже, чем «активность» СКД. Как видно из представленных данных, у всех крыс, получавших подсолнечное или пальмовое масла, существенно снижается «активность» этого фермента. Исключение составляет ВОПМ, которое при потреблении крысами рациона с 5 % ВОПМ снижает на 35 %, а при потреблении рациона с 15 % ВОПМ увеличивает «активность»  $\omega$ -3-десатуразы в 2 раза, причем надо отметить, что ВОПМ не содержит  $\alpha$ -линоленовой кислоты (табл. 2). Сливочное масло также не снижает «активность» этой десатуразы (возможно, за счет наличия  $\alpha$ -линоленовой кислоты в этом масле (табл. 2)).

### **Обсуждение**

Представленные результаты наших исследований показывают, что даже на безжировом рационе у крыс в нейтральных липидах печени содержатся ПНЖК. По-видимому, источником этих кислот могут быть резервные жиры (подкожный и висцеральный) либо эндогенная микробиота. Независимо от источника ПНЖК их содержание в нейтральных липидах печени крыс составляет 10-11 %, причем на долю  $\omega$ -6 ПНЖК приходится 90-93 %. Соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК у крыс на БЖР составляет 6-12. Трудно сказать, насколько физиологично такое соотношение для осуществления регуляторной функции ПНЖК, однако для мембранной функции этих кислот оптимальным соотношением является 1-2 [6].

Установлено, что потребление подсолнечного масла (содержание линолевой кислоты более 50 %) значительно увеличивает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК в нейтральных липидах печени крыс. Подобное действие, хотя и в несколько меньшей степени, оказывает и пальмовое масло.

В отличие от подсолнечного и пальмового масел, высокоолеиновое подсолнечное масло (содержание олеиновой кислоты более 80 %, а линолевой – менее 5 %) существенно снижает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК (почти до 4), что до сих пор считается оптимальным для регуляторной функции ПНЖК [6].

Из полученных нами результатов исследований показателей «активности» ферментов метаболизма жирных кислот, а именно СКД и элонгазы, трудно определить характер влияния пищевых жиров на их уровень, да, впрочем, эти показатели имеют к обмену ПНЖК косвенное отношение.

Более интересным представляются результаты определения «активности»  $\omega$ -3-десатуразы (рис. 7), «активность» которой значительно снижается под влиянием подсолнечного (в 7 раз) и пальмового (в 2,6 раза) масел, однако значительно увеличивается у животных, потреблявших ВОПМ (в 2,3 раза).

### **Выводы**

1. У животных на безжировом рационе в нейтральных липидах печени имеется 10-13 % ПНЖК, а соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 в пределах 6-12. Возможными эндогенными источниками ПНЖК могут быть резервные жиры и микробиота, а также реутилизация ПНЖК.

2. Потребление пищевых жиров (подсолнечного или пальмового масла) увеличивает содержание ПНЖК в нейтральных липидах печени за счет  $\omega$ -6 ПНЖК и значительно повышает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3.

3. Потребление высокоолеинового подсолнечного масла существенно снижает соотношение  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ПНЖК (почти до 4).

4. Потребление высокоолеинового подсолнечного масла повышает активность  $\omega$ -3-десатуразы и тем самым активизирует эндогенный биосинтез ПНЖК  $\omega$ -3 ряда. Напротив, потребление обычного подсолнечного или пальмового масла, даже в небольших количествах, снижает активность  $\omega$ -3-десатуразы и тем самым подавляет эндогенный биосинтез  $\omega$ -3 ПНЖК.

### **Литература:**

1. Fatty Acids in Human Metabolism / E.Tvrzická, A.Žák, M.Vecka [et al.]. //Physiology and Maintenance. - 2009. - V. II. - P. 274-302.

2. Levitsky A. P. The role of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the formation of the structure and functions of biomembranes. Journal of Education, Health and Sport. 2020; 10(6): 101-107. DOI <https://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2020.10.06.011>



3. Piper K. Eicosanoids: Atherosclerosis and cardiometabolic health /K. Piper, M. Garelnabi // *J Clin Transl Endocrinol.* 2020;19:100216.doi: 10.1016/j.jcte.2020.100216
4. Serhan C. N.Resolution phase of inflammation: novel endogenous anti-inflammatory and proresolving lipid mediators and pathways / C. N. Serhan // *Annu Rev Immunol.* 2007; 25: 101-37. doi: 10.1146/annurev.immunol.25.022106.141647.
5. Marion Letellier R. Polyunsaturated fatty acids and inflammation/ R. Marion Letellier,G. Savoye,S. Ghosh//*UBMB LIFE.* 2015; 67: 659-667.<https://doi.org/10.1002/iub.1428>
6. Левицкий А. П., Ходаков И. В., Лапинская А. П. [и др.]. Витамин F (эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК). - Одесса: ФЛПТашченкоС. Ю., 2020. – 65 с.
7. Abedi E. Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties/ E. Abedi, M. A. Sahari // *Food Science and Nutrition.* 2014; 2(5): 443-463. <https://doi.org/10.1002/fsn3.121>
8. Kawashima H. Intake of arachidonic acid-containing lipids in adult humans: dietary surveys and clinical trials / H. Kawashima // *Lipids in Health and Disease.* 2019; 18: 101.
9. Levitsky A. P. Influence of high fat diets with different composition of fatty acids on the content of essential fatty acids in liver lipids / A. P.Levitsky, I. V.Khodakov, E. M.Levchenko // *J Education, Health Sport.*2015;5(12):598-607. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.44266>
10. Жирнокислотный состав липидов печени крыс, получавших пальмовое масло и линкомицин / И. В. Ходаков, В. В. Ткачук, В. И. Величко [и др.] // *Вісник морської медицини.* - 2017. - № 1(74). - С. 145-152.
11. Левицкий А. П., Макаренко О. А., Ходаков И. В. Методы исследования жиров и масел. - Одесса: КП ОГТ, 2015. – 32 с.
12. Левицкий А. П., Макаренко О. А., Демьяненко С. А. Методы экспериментальной стоматологии (учебно-методическое пособие). - Симферополь: Тарпан, 2018. - 78 с.
13. Gozhenko A. I., Levitsky A. P., Stepan V. T., Pustovoit I. P., Badiuk N. S., Maslyukov A. K. Advantages of high olein sunflower oil over palm oil according to biochemical research results / - *PhOL – PharmacologyOnLine – 2020.* - Vol. 2. - P. 293-301.
14. Levitsky A. P., Egorov B. V., Gozhenko A. I., Badiuk N.S., Selivanskaya I. A., Lapinskaya A. P. Influence of high-fat nutrition with different fat-acid composition of fats on lipid peroxidation processes in rat's organs and tissues / *PharmacologyOnLine; Archives - 2021 - vol.1 – P. 37-46*
15. Levitsky A. P., Gozhenko A. I., Selivanskaya I. A., Lapinskaya A. P., Tomilina T. V., Badiuk N. S. Therapeutic and prophylactic efficiency of polyfunctional anti-disbiotic drugs under conditions of experimental lipid intoxication / *PharmacologyOnLine; Archives - 2021 - vol.1 – P. 47-52.*

### References:

1. Tvrzická E., Žák A., Vecka M. et al. Fatty Acids in Human Metabolism. *Physiology and Maintenance.* 2009; II:274-302.
2. Levitsky A. P. The role of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the formation of the structure and functions of biomembranes. *J Education, Health Sport.* 2020; 10(6): 101-107. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2020.10.06.011>
3. Piper K., Garelnabi M. Eicosanoids: Atherosclerosis and cardiometabolic health. *J. Clin. Transl. Endocrinol.* 2020; 19: 100216. doi: 10.1016/j.jcte.2020.100216
4. Serhan C. N. Resolution phase of inflammation: novel endogenous anti-inflammatory and proresolving lipid mediators and pathways. *Annu. Rev. Immunol.* 2007; 25: 101-37.doi: 10.1146/annurev.immunol.25.022106.141647.
5. Marion Letellier R., Savoye G., Ghosh S. Polyunsaturated fatty acids and inflammation.*UBMB LIFE.*2015; 67: 659-667.<https://doi.org/10.1002/iub.1428>
6. Levitsky AP, Khodakov IV, Lapinskaia AP[and others]. Vitamin F (essential polyunsaturated fatty acids  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 PUFA. Odessa, FLP Tashchenko S. Iu., 2020: 65.
7. Abedi E., Sahari M. A. Long chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Science and Nutrition.* 2014; 2(5): 443-463. <https://doi.org/10.1002/fsn3.121>
8. Kawashima H. Intake of arachidonic acid-containing lipids in adult humans: dietary surveys and clinical trials. *Lipids in Health and Disease.*2019; 18: 101.

9. Levitsky A. P., Khodakov I. V., Levchenko E. M. Influence of high fat diets with different composition of fatty acids on the content of essential fatty acids in liver lipids. *J Education, Health Sport*.2015; 5(12): 598-607. DOI<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.44266>
10. Khodakov I. V., Tkachuk V. V., Velichko V. I. The fatty acids composition of liver lipids of rats which received the palm oil and lincomycin. *Herald for Maritime Medicine Bulletin*. 2017; 1(74): 145-152.
11. Levitsky A. P., Makarenko O. A., Khodakov I. V. Methods to investigate fats and oils. Odessa, KP OGT, 2015: 32.
12. Levitsky A. P., Makarenko O. A., Demyanenko S. A. Methods of experimental dentistry. Simferopol, Tarpan, 2018: 78.
13. Gozhenko A. I., Levitsky A. P., Stepan V. T., Pustovoit I. P., Badiuk N. S., Maslyukov A. K. Advantages of high olein sunflower oil over palm oil according to biochemical research results / - *PhOL – PharmacologyOnLine* – 2020. - Vol. 2. - P. 293-301.
14. Levitsky A. P., Egorov B. V., Gozhenko A. I., Badiuk N.S., Selivanskaya I. A., Lapinskaya A. P. Influence of high-fat nutrition with different fat-acid composition of fats on lipid peroxidation processes in rat's organs and tissues / *PharmacologyOnLine; Archives* - 2021 - vol.1 – P. 37-46
15. Levitsky A. P., Gozhenko A. I., Selivanskaya I. A., Lapinskaya A. P., Tomilina T. V., Badiuk N. S. Therapeutic and prophylactic efficiency of polyfunctional anti-disbiotic drugs under conditions of experimental lipid intoxication / *PharmacologyOnLine; Archives* - 2021 - vol.1 – P. 47-52.

Робота надійшла в редакцію 17.05.2021 року.  
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування