



УДК 577.115.3:577.125.3

# АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МЕМБРАННЫХ ЛИПИДОВ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ – МИТИЛИД – И ШАРООБРАЗНЫХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ С РАЗНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ЖИЗНИ

© 2025 г. А. Л. Дроздов\*, #, Т. В. Сикорская\*, В. П. Григорчук\*

\* Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения РАН, Россия, 690041 Владивосток, ул. Пальчевского, 17

Поступила в редакцию 23.09.2024 г.

После доработки 02.10.2024 г.

Принята к публикации 03.10.2024 г.

Для того чтобы понять, связан ли липидный состав плазматической мембраны с продолжительностью жизни, в настоящей работе с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения мы провели сравнительное исследование профилей молекулярных видов четырех основных классов фосфолипидов плазматической мембраны: фосфатидилхолинов (ФХ), фосфатидилэтаноламинов (ФЭ), фосфатидилсеринов (ФС) и фосфатидилинозитолов (ФИ) – для долгоживущих мидии *Crenomytilus grayanus* и морского ежа *Mesocentrotus nudus*, короткоживущих мидии *Mytilus trossulus* и морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*. Показано, что профиль молекулярных видов ФИ не связан с продолжительностью жизни мидий и ежей, в отличие от профиля молекулярных видов ФХ, ФЭ и ФС. Еж *M. nudus* и мидия *C. grayanus* с большей продолжительностью жизни отличались повышенным содержанием ФХ, ФЭ и ФС с алкильными/ацильными цепями с нечетным числом атомов углерода и молекулярных видов с арахидоновой кислотой (20:4n-6), большее содержание которой может способствовать лучшей адаптации мидии *C. grayanus* и ежа *M. nudus* и, таким образом, может быть связано с большей продолжительности жизни данных видов.

**Ключевые слова:** липиды плазматических мембран, высокоэффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия высокого разрешения, *Crenomytilus grayanus*, *Mytilus trossulus*, *Mesocentrotus nudus*, *Strongylocentrotus intermedius*

**DOI:** 10.31857/S0132342325010093, **EDN:** LZBHJY

## ВВЕДЕНИЕ

У многоклеточных животных время жизни ограничено, но оно может варьироваться от нескольких часов до нескольких сотен лет. Средняя продолжительность жизни людей составляет ~70 лет, а официально зарегистрированный рекорд – 122 года. На сегодняшний день не известно ни одного вещества или метода, способного замедлить старение. Изучение физиолого-биохимических механизмов, определяющих продолжительность жизни животных, – важнейшая задача биогеронтологии – раздела геронтологической

науки, изучающей природу старения и смерти животных. Предложено немало гипотез, объясняющих природу старения и смерти [1–3]. Широко известны молекулярно-генетические теории, согласно которым причиной старения считаются изменения генетического аппарата клеток [4, 5]. Среди них в конце XX века популярность приобрела теломерная теория, в основе которой лежит “предел Хейфлика”, т.е. способность клеток многоклеточных животных делиться ограниченное число раз [6]. После этого в клетке может включиться программа самоликвидации клетки – апоп-

Сокращения: ЖК – жирные кислоты; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; ФИ – фосфатидилинозитолы; ФС – фосфатидилсерины; ФХ – фосфатидилхолины; ФЭ – фосфатидилэтаноламины.

# Автор для связи: (эл. почта: anatoliyld@mail.ru).

тоз, состоящий из каскада химических реакций, в результате которых клетка превращается в набор биологических макромолекул, используемых другими клетками для ассимиляции [7]. Препятствуют запуску апоптоза факторы роста – особые внеклеточные пептиды, специфичные для каждой ткани.

*Адаптационно-регуляторная теория* связывает старение с изменением регуляции активности генов, их экспрессии и репрессии, которые генетически запрограммированы. В генах животных закодирована специальная программа, которая запускается в молодом возрасте и заставляет организм стареть [8–10]. Согласно *элевационной онтогенетической теории старения*, процесс старения запускается уменьшением чувствительности главного нейроэндокринного органа – гипоталамуса – к гормональным сигналам, что приводит к нарушению гормональных циклов, регулируемых гипофизарно-гипоталамической системой [11].

Существует точка зрения, согласно которой процессы старения и максимальная продолжительность жизни тесно связаны с подверженностью липидного матрикса мембран перекисному окислению [12, 13]. Эти исследования сыграли важную роль в развитии теории “гомеовязкого долголетия”, а позднее и теории старения “мембранно-кардиостимуляторного типа” [14, 15]. Склонность жирных кислот (ЖК), входящих в состав мембранных липидов, к перекисному окислению возрастает с увеличением числа двойных связей углеродной цепи. Поэтому по профилю мембранных липидов можно рассчитать единое среднее значение восприимчивости к перекисному окислению для любой биологической мембраны [16–18]. Чем выше степень ненасыщенности ЖК в составе мембранных липидов, тем более чувствительна липидная матрица к окислению. Первые указания на связь между липидным составом мембран и максимальной продолжительностью жизни были даны Ramplona et al. [19], которые показали, что индекс окисления ЖК мембранных липидов митохондрий печени крысы, морской свинки и человека коррелирует с их продолжительностью жизни. Позднее было показано, что такая закономерность характерна и для других тканей человека и животных [17].

В свете геронтологических проблем интересны физиолого-биохимические характеристики живот-

ных с большой продолжительностью жизни. Среди таковых заслуживают внимания некоторые виды морских двустворчатых моллюсков и морских ежей [20].

Двустворчатые моллюски – многочисленная и чрезвычайно распространенная группа морских животных, возраст которых легко определяется по числу годовых колец прироста раковин, обусловленным периодическими изменениями условий среды. Среди них встречаются долгожители. Рекордсмен – *Arctica islandica*, обитающий в северной части Атлантического океана и в Северном Ледовитом океане. Возраст отдельных экземпляров этого вида оценивается >500 лет [18, 21–23]. В.И. Золотаревым изучены закономерности роста морских двустворчатых моллюсков по структурам и вещественному составу раковин с целью определения их возраста. Он выявил, что среди япономорских моллюсков семейства Mytilidae максимальный возраст мидии блестящей (*Mytilus trossulus*) составляет не более 15 лет, обычно около пяти, тогда как отдельные особи мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*) доживают до 150 лет [24]. Физиолого-биохимическая природа различий продолжительности жизни этих родственных видов моллюсков семейства Mytilidae не ясна.

Шарообразные морские ежи семейства *Strongylocentrotidae* широко распространены в мировом океане и традиционно используются для изучения фундаментальных процессов эмбриологии, физиологии и биохимии. Возраст морских ежей варьируется в диапазоне от двух до двухсот лет [25]. Большое внимание привлекает красный морской еж *Strongylocentrotus franciscanus*, возраст которого оценивается до 200 лет [26–30]. На основе морфологических и генетических признаков этот вид был выделен в отдельный род *Mesocentrotus*. Кроме *M. franciscanus* в этот род также включен япономорский вид *M. nudus* [31, 32], близкородственным является монотипический род *Pseudocentrotus* с одним видом *P. depressus* [32].

Целью данной работы было изучить взаимосвязь липидного состава плазматических мембран с продолжительностью жизни. Для этого с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения мы провели сравнительное исследование профилей молекулярных видов четырех

основных классов фосфолипидов плазматической мембраны (фосфатидилхолинов (ФХ), фосфатидилэтаноламинов (ФЭ), фосфатидилсеринов (ФС) и фосфатидилинозитолов (ФИ) и ФИ) для долгоживущей мидии *C. grayanus* и долгоживущего морского ежа *M. nudus* и короткоживущих мидии *M. trossulus* и морского ежа *S. intermedius*.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии высокого разрешения [33–35] были установлены профили молекулярных видов четырех основных классов мембранных липидов (ФХ, ФЭ, ФС и ФС) для двух морских ежей *M. nudus* и *S. intermedius*. В общей сложности было идентифицировано

120 молекулярных видов мембранных липидов (табл. 1). Молекулярные виды всех изученных классов липидов ежей в основном содержали  $C_{20}$  полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), а ФС – также  $C_{22, 24}$  ПНЖК, как ранее показано для ежа *S. droebachiensis* (Баренцево море) [36, 37]. Для *M. nudus* и *S. intermedius* основными молекулярными видами мембранных липидов были ФХ 18:1e/20:4, ФЭ 18:1e/20:5, ФЭ 18:1e/20:4, ФС 20:1/22:2, ФС 20:1/20:2, ФС 20:1/20:1, ФИ 18:0/20:5, ФИ 18:0/20:4, ФИ 20:1/20:5 и ФИ 20:1/20:4, а для *S. intermedius* – также ФХ 18:0e/20:5.

Для того чтобы провести сравнительный анализ профилей молекулярных видов ФХ, ФЭ, ФС и ФИ, были суммированы молекулярные виды этих липидов с ПНЖК 20:4, 20:5, 20:1, 20:2, 20:2

**Таблица 1.** Профиль молекулярных видов мембранных липидов: фосфатидилэтаноламинов (ФЭ), фосфатидилинозитолов (ФИ), фосфатидилхолинов (ФХ) и фосфатидилсеринов (ФС) – целомического эпителия морских ежей *Mesocentrotus nudus* (MN) и *Strongylocentrotus intermedius* (SI)

Молекулярный вид	Содержание, % в классе		Молекулярный вид	Содержание, % в классе	
	MN	SI		MN	SI
ФЭ			ФХ		
16:1e/20:4*	13.60 ± 3.22	3.66 ± 2.05	32:1	0.00 ± 0.00	1.28 ± 0.70
17:1e/20:4	3.63 ± 2.44	0.00 ± 0.00	34:5	2.49 ± 0.90	1.44 ± 0.40
18:1e/20:4	15.44 ± 0.85	15.88 ± 0.71	18:0/16:4	2.78 ± 0.84	1.64 ± 0.72
19:1e/20:4	0.69 ± 0.48	0.00 ± 0.00	34:2	3.58 ± 0.48	1.73 ± 0.83
20:2e/20:4	3.43 ± 0.76	6.32 ± 0.69	34:1	1.60 ± 0.30	0.00 ± 0.00
18:0/20:4	1.24 ± 0.24	1.51 ± 1.07	16:0e/20:5	5.08 ± 0.84	6.07 ± 0.22
20:1/20:4	2.15 ± 1.10	4.36 ± 1.57	16:0e/20:4	2.76 ± 0.14	0.00 ± 0.00
20:1e/20:4	1.54 ± 0.33	3.28 ± 0.56	16:0e/20:3; 16:1e/20:2	0.89 ± 0.44	0.00 ± 0.00
20:4/20:5	0.00 ± 0.00	0.11 ± 0.13	36:2e	1.02 ± 0.09	1.00 ± 0.47
16:1e/20:5	0.00 ± 0.00	5.27 ± 1.33	36:1e	0.83 ± 0.22	0.00 ± 0.00
17:1e/20:5	0.00 ± 0.00	1.31 ± 0.54	38:6	1.55 ± 0.50	1.67 ± 0.06
18:2e/20:5	0.00 ± 0.00	3.71 ± 0.23	18:0/20:5	5.32 ± 0.75	5.94 ± 0.61
18:1e/20:5	17.40 ± 0.75	22.29 ± 1.19	38:4	3.08 ± 0.42	2.41 ± 0.76
19:2e/20:5	0.00 ± 0.00	0.45 ± 0.18	37:4e	0.87 ± 0.12	0.00 ± 0.00
19:1e/20:5	0.00 ± 0.00	0.55 ± 0.32	38:3	1.60 ± 0.21	1.45 ± 0.40
20:4e/20:5	0.00 ± 0.00	0.61 ± 0.28	38:2	1.32 ± 0.08	1.16 ± 0.17
20:3e/20:5	0.00 ± 0.00	1.46 ± 0.16	37:2e	0.36 ± 0.06	0.00 ± 0.00
20:2e/20:5	3.27 ± 0.76	6.57 ± 0.25	18:1e/20:5	4.13 ± 1.06	5.24 ± 0.95
19:1/20:5	0.00 ± 0.00	0.11 ± 0.13	18:1e/20:4	7.85 ± 1.18	0.00 ± 0.00
18:1/20:5	0.00 ± 0.00	0.70 ± 0.35	18:0e/20:5	0.00 ± 0.00	9.79 ± 0.54
16:0/20:5	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.17	18:0e/20:4	5.62 ± 0.46	4.97 ± 1.58
18:0/20:5	1.00 ± 0.13	1.47 ± 0.95	18:0e/20:3	2.32 ± 0.87	0.00 ± 0.00
20:1/20:5	2.50 ± 0.86	4.18 ± 1.19	18:1e/20:2	0.00 ± 0.00	2.02 ± 1.20

Таблица 1. (Продолжение)

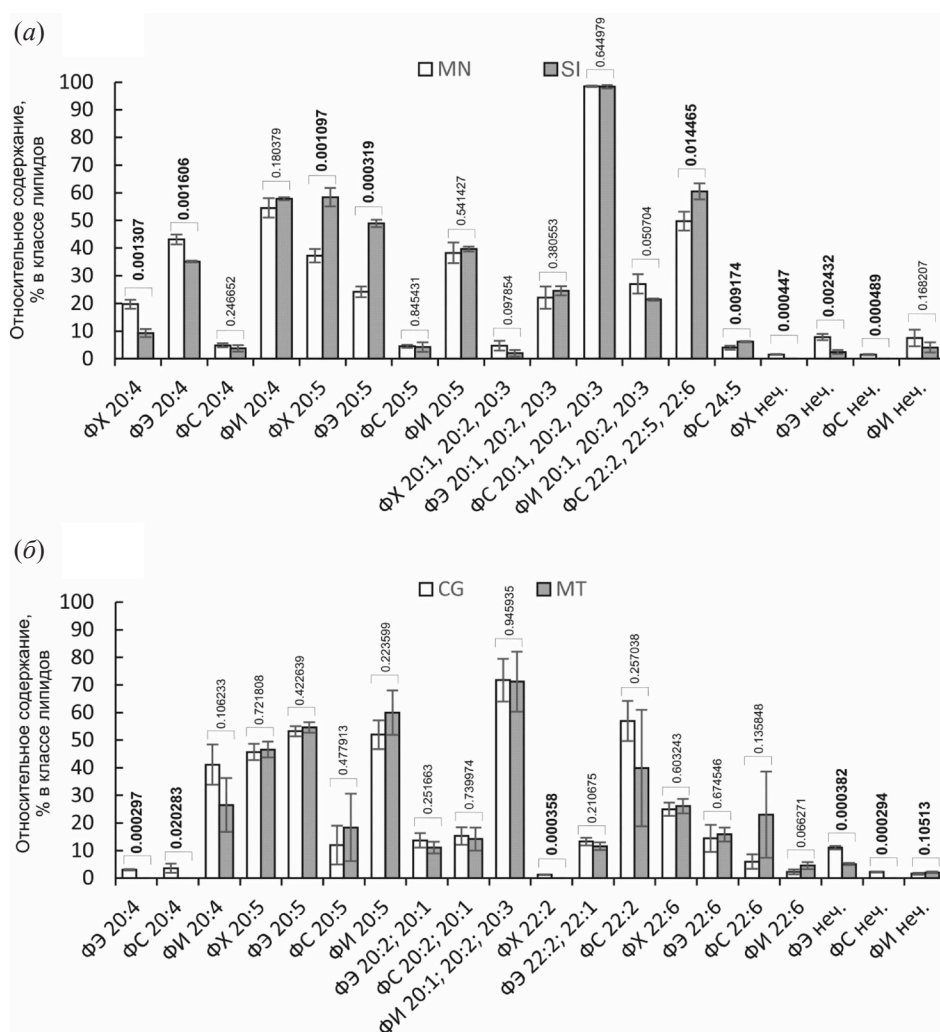
Молекулярный вид	Содержание, % в классе		Молекулярный вид	Содержание, % в классе	
	MN	SI		MN	SI
ФЭ			ФХ		
20:2e/20:1	0.76 ± 0.26	0.41 ± 0.31	18:0e/20:2	1.50 ± 0.54	0.00 ± 0.00
20:1/20:1	0.00 ± 0.00	0.36 ± 0.21	16:1e/22:1	0.00 ± 0.00	2.28 ± 1.86
17:1e/20:2	1.59 ± 1.20	0.00 ± 0.00	38:8	1.33 ± 0.44	0.00 ± 0.00
18:1e/20:2	5.22 ± 0.84	3.32 ± 1.26	38:7	1.50 ± 0.36	1.86 ± 0.72
20:2e/20:2	2.56 ± 0.84	2.71 ± 0.22	18:1/20:5	4.36 ± 0.08	6.04 ± 1.78
20:1/20:2	1.27 ± 0.76	3.11 ± 1.28	18:1/20:4	3.50 ± 0.23	4.32 ± 0.17
18:1e/20:3	4.63 ± 0.58	3.05 ± 0.43	38:4	1.87 ± 0.11	1.37 ± 0.50
20:1/22:2	0.87 ± 0.25	3.06 ± 1.15	39:4e	0.31 ± 0.08	0.00 ± 0.00
18:1e/18:5	15.25 ± 3.08	0.00 ± 0.00	38:3	1.26 ± 0.03	1.01 ± 0.39
ФИ			40:7e	0.00 ± 0.00	1.31 ± 0.24
18:1e/20:5	0.42 ± 0.02	0.00 ± 0.00	20:1e/20:5	2.17 ± 0.23	2.45 ± 0.42
18:0e/20:5	1.68 ± 0.34	0.00 ± 0.00	40:5e	1.94 ± 0.22	1.62 ± 0.65
18:0e/20:4	0.23 ± 0.18	0.00 ± 0.00	40:4e	0.80 ± 0.27	0.00 ± 0.00
19:1e/20:5	0.05 ± 0.05	0.00 ± 0.00	40:3e	0.23 ± 0.06	0.00 ± 0.00
22:1e/18:5	0.59 ± 0.09	0.00 ± 0.00	20:5/20:5	1.24 ± 0.69	2.33 ± 0.59
20:1e/20:5	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	20:4/20:5	4.33 ± 0.77	3.80 ± 1.12
16:0/20:5	0.00 ± 0.00	0.45 ± 0.10	40:8//	2.44 ± 0.25	3.74 ± 1.66
16:0/20:4	1.16 ± 0.08	0.00 ± 0.00	20:2/20:5	4.93 ± 0.86	7.97 ± 0.67
17:0/20:4	1.01 ± 0.92	0.00 ± 0.00	20:1/20:5	5.64 ± 0.66	8.73 ± 1.88
18:1/20:5	1.83 ± 1.25	1.79 ± 0.02	40:5	3.01 ± 0.48	3.36 ± 2.62
18:0/20:5	21.92 ± 2.09	27.71 ± 0.64	40:4	1.35 ± 0.38	0.00 ± 0.00
18:0/20:4	31.36 ± 1.46	35.77 ± 2.88	40:3	0.78 ± 0.32	0.00 ± 0.00
18:0/20:3	3.23 ± 0.17	1.48 ± 0.37	42:11	0.42 ± 0.20	0.00 ± 0.00
18:0/20:2	1.73 ± 0.36	0.00 ± 0.00	ФС		
19:0/20:5	2.38 ± 0.71	0.45 ± 0.77	18:0/20:5	0.00 ± 0.00	0.98 ± 0.42
19:0/20:4	3.54 ± 1.55	0.64 ± 1.11	20:1/18:1	0.00 ± 0.00	1.53 ± 0.17
20:3/20:5	0.00 ± 0.00	0.19 ± 0.03	20:1/20:5	4.49 ± 0.55	3.29 ± 1.30
20:2/20:5	1.20 ± 0.30	0.98 ± 0.03	20:1/20:4	4.87 ± 0.70	3.78 ± 1.20
20:1/20:5	8.24 ± 1.85	6.24 ± 0.01	20:1/20:3	5.15 ± 1.34	1.39 ± 0.63
20:1/20:4	11.00 ± 1.16	11.57 ± 0.78	20:1/20:2	15.83 ± 5.66	11.72 ± 2.37
20:0/20:5	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	20:1/20:1	15.90 ± 0.64	9.94 ± 3.11
20:0/20:4	5.80 ± 0.99	5.87 ± 0.62	19:1/22:2	1.47 ± 0.21	0.00 ± 0.00
20:1/20:2	1.63 ± 0.58	0.92 ± 0.17	42:9	0.00 ± 0.00	0.66 ± 0.17
21:1/20:5	0.00 ± 0.00	1.01 ± 0.06	20:1/22:6	1.40 ± 1.11	0.00 ± 0.00
21:0/20:5	0.55 ± 0.24	0.00 ± 0.00	20:1/22:5	1.76 ± 1.12	2.25 ± 0.62
21:1/20:4	0.00 ± 0.00	2.00 ± 0.15	20:1/22:2	45.13 ± 3.52	58.29 ± 3.53
22:1/20:5	0.00 ± 0.00	0.93 ± 0.19	20:1/24:5	4.01 ± 0.75	6.17 ± 0.22
22:1/20:4	0.45 ± 0.15	1.71 ± 0.25	—	—	—
22:0/20:4	0.00 ± 0.00	0.29 ± 0.10	—	—	—

Примечание: e – этерная форма молекулярного вида ФЛ, где ЖК остаток присоединен простой эфирной связью в положении sn-1 глицеринного остова молекулы фосфолипида.

и молекулярные виды с нечетным числом атомов углерода в алкильных/ацильных цепях для каждого класса липидов отдельно, для ФС – также  $C_{22}$  и  $C_{24}$  ПНЖК (рис. 1). В профиле молекулярных видов ФС и ФИ по содержанию молекулярных видов с ПНЖК 20:4, 20:5, 20:1, 20:2 и 20:3 достоверных различий не было обнаружено. Тем не менее в профиле молекулярных видов ФС наблюдались отличия в содержание молекулярных видов с  $C_{22}$  и  $C_{24}$  ПНЖК, их содержание было достоверно выше у *S. intermedius* ( $60.53 \pm 2.91$  и  $6.17 \pm 0.22\%$  от суммы ФС соответственно), в отличие от *M. nudus* ( $49.76 \pm 3.43$  и  $4.01 \pm 0.75\%$  от суммы ФС соответственно). Содержание молекулярных видов ФС, ФХ и ФЭ с нечетным числом атомов углерода было достоверно выше у *M. nudus* ( $1.47 \pm 0.21$ ,

$1.55 \pm 0.21$  и  $7.87 \pm 1.14\%$  от суммы молекулярных видов в классе фосфолипидов соответственно), в отличие от *S. intermedius* ( $00.00 \pm 0.00$ ,  $00.00 \pm 0.00$  и  $2.42 \pm 0.72$  соответственно). Морской еж *M. nudus* также достоверно отличался от *S. intermedius* более высоким содержанием ФХ и ФЭ с ПНЖК 20:4, тогда как *S. intermedius* – более высоким содержанием ФХ и ФЭ с ПНЖК 20:5 (рис. 1а).

С помощью высокоэффективной хроматографии и масс-спектрометрии высокого разрешения были установлены профили молекулярных видов четырех основных классов мембранных липидов (ФХ, ФЭ, ФС и ФИ) для двух мидий *C. grayanus* и *M. trossulus*. В общей сложности были идентифицированы 106 молекулярных видов мембран-



**Рис. 1.** Профиль молекулярных видов мембранных липидов: фосфатидилхолинов (ФХ), фосфатидилэтаноламинов (ФЭ), фосфатидилсеринов (ФС) и фосфатидилинозитолов (ФИ) с ЖК 20:1, 20:2, 20:3, 20:4, 20:5, 22:2, 22:3, 22:5, 22:6, 24:5 и с ацильными/акильными цепями с нечетным числом атомов углерода (неч.) – морских ежей *Mesocentrotus nudus* (MN) и *Strongylocentrotus intermedius* (SI) (а) и мидий *Crenomytilus grayanus* (CG) и *Mytilus trossulus* (MT) (б). Достоверность отличий (значение  $p$ ) обозначено цифрами над квадратными скобками.



ных липидов (табл. 2). Молекулярные виды всех изученных классов липидов мидий в основном содержали C<sub>20</sub> ПНЖК, а ФХ, ФЭ и ФС – также C<sub>22</sub> ПНЖК. Такой состав ЖК ранее показан для этих видов мидий [38]. Для *C. grayanus* и *M. trossulus* основными молекулярными видами мембранных липидов были ФХ 16:0/20:5, ФХ 16:0e/20:5, ФХ 16:0/22:6, ФЭ 18:1e/20:5, ФЭ 20:2e/20:5, ФЭ 18:1e/22:6, ФЭ 18:1e/22:2, ФС 18:1e/22:2, ФИ 20:1/20:5 и ФИ 20:1/20:4.

Для того чтобы провести сравнительный анализ профилей молекулярных видов ФХ, ФЭ, ФС и

ФИ были суммированы молекулярные виды этих липидов с ПНЖК 20:4, 20:5, 20:1, 20:2, 20:2, 22:1, 22:2, 22:6 и молекулярные виды с нечетным числом атомов углерода в алкильных/ацильных цепях для каждого класса липидов отдельно (рис. 1б). В профиле молекулярных видов ФИ между двумя видами мидий достоверных различий не было обнаружено. По содержанию ПНЖК 20:5, 20:1, 20:2, 20:2 и 22:6 ни в одном из изученных классов липидов не было обнаружено достоверных отличий между *C. grayanus* и *M. trossulus*. Были отмечены достоверные различия между мидиями

**Таблица 2.** Профиль молекулярных видов мембранных липидов: фосфатидилхолинов (ФХ), фосфатидилинозитолов (ФИ), фосфатидилэтаноламинов (ФЭ) и фосфатидилсеринов (ФС) – тела мидий *Crenomytilus grayanus* (CG) и *Mytilus trossulus* (MT)

Молекулярный вид	Содержание, % от суммы молекулярных видов в классе ФЛ		Молекулярный вид	Содержание, % от суммы молекулярных видов в классе ФЛ	
	CG	MT		CG	MT
ФХ			ФЭ		
34:5e*	2.22 ± 0.75	0.00 ± 0.00	16:1e/20:5	2.31 ± 0.89	3.51 ± 0.92
14:0e/22:6	3.61 ± 0.31	5.58 ± 0.90	16:1e/20:4; 16:0e/20:5	0.53 ± 0.07	0.00 ± 0.00
16:0e/20:5	11.09 ± 2.14	10.43 ± 3.67	16:0e/20:4	0.32 ± 0.10	0.00 ± 0.00
38:7e	0.00 ± 0.00	1.56 ± 0.43	16:1e/20:2	0.69 ± 0.05	0.58 ± 0.22
16:0e/22:6	7.55 ± 0.76	8.64 ± 2.11	17:1e/20:5	4.97 ± 1.19	2.54 ± 0.27
16:0e/22:2	1.25 ± 0.14	0.00 ± 0.00	17:1e/20:4	0.75 ± 0.10	0.00 ± 0.00
32:1	3.60 ± 0.93	0.00 ± 0.00	17:1e/20:3	0.36 ± 0.04	0.00 ± 0.00
14:0/20:5	6.04 ± 1.80	6.47 ± 1.96	17:1e/20:2	1.44 ± 0.10	0.66 ± 0.26
34:4	3.44 ± 0.86	4.12 ± 1.66	18:2e/20:5	4.68 ± 0.83	5.03 ± 0.23
34:3	1.28 ± 0.11	0.00 ± 0.00	18:1e/20:5	17.08 ± 3.24	15.84 ± 5.30
34:1	2.16 ± 0.39	0.00 ± 0.00	18:0e/20:5	2.79 ± 1.08	0.00 ± 0.00
15:0/20:5	0.00 ± 0.00	2.50 ± 0.34	18:1e/20:2	6.90 ± 1.35	6.18 ± 1.61
36:6	4.91 ± 0.08	4.89 ± 0.61	18:1e/20:1	2.29 ± 0.68	2.17 ± 0.47
16:0/20:5	28.57 ± 1.38	27.20 ± 5.35	17:1e/22:2	0.82 ± 0.02	0.56 ± 0.02
36:4	0.00 ± 0.00	2.22 ± 0.49	20:2e/20:5; 18:1e/22:6	8.68 ± 0.88	10.27 ± 1.42
36:2	0.00 ± 0.00	1.73 ± 0.64	18:1e/22:5	0.00 ± 0.00	3.30 ± 1.56
16:0/22:6	13.81 ± 1.30	11.89 ± 0.63	20:2e/20:2	3.98 ± 0.64	3.66 ± 0.44
38:5	7.39 ± 0.59	4.89 ± 1.19	18:1e/22:2	7.49 ± 0.68	6.79 ± 1.01
38:4	0.00 ± 0.00	0.47 ± 0.21	18:0e/22:2	1.19 ± 0.61	0.89 ± 0.36
40:10	3.09 ± 2.03	1.29 ± 0.44	20:2e/22:6	0.46 ± 0.25	0.00 ± 0.00
40:7	0.00 ± 0.00	1.94 ± 0.56	20:2e/22:5	0.00 ± 0.00	0.73 ± 0.10
40:6	0.00 ± 0.00	3.91 ± 3.04	18:1e/24:6	0.38 ± 0.13	0.00 ± 0.00
40:5	0.00 ± 0.00	0.26 ± 0.16	20:2e/22:1; 20:1e/22:2	2.78 ± 0.45	2.73 ± 0.32
ФИ			20:0e/22:2	0.99 ± 0.21	0.00 ± 0.00
18:1e/20:5	0.51 ± 0.36	0.78 ± 0.60	20:1e/22:1	0.00 ± 0.00	0.59 ± 0.18
18:0e/20:5	2.98 ± 1.71	3.34 ± 2.54	18:1e/28:8	0.00 ± 0.00	0.71 ± 0.10

Таблица 2. (Продолжение)

Молекулярный вид	Содержание, % от суммы молекулярных видов в классе ФЛ		Молекулярный вид	Содержание, % от суммы молекулярных видов в классе ФЛ	
	CG	MT		CG	MT
ФИ			ФЭ		
PI 18:0e/20:4	2.23 ± 0.49	0.94 ± 0.14	16:0/20:5	6.22 ± 4.05	8.95 ± 3.94
PI 18:0e/20:3	0.16 ± 0.13	0.36 ± 0.25	16:0/20:4	0.73 ± 0.20	0.00 ± 0.00
18:0e/20:2; 18:1e/20:1	0.65 ± 0.37	0.46 ± 0.38	16:0/22:6; 18:1/20:5	5.16 ± 2.81	7.64 ± 0.62
19:0e/20:5	0.12 ± 0.09	0.18 ± 0.11	18:0/20:5	6.51 ± 1.67	6.98 ± 3.67
18:1e/22:6	0.19 ± 0.16	0.40 ± 0.31	18:0/20:4	0.71 ± 0.13	0.00 ± 0.00
20:1e/20:5	2.29 ± 1.29	3.29 ± 2.42	17:0/22:6	2.70 ± 0.50	1.35 ± 0.36
20:1e/20:4	1.47 ± 0.18	0.84 ± 0.33	20:2/20:5	0.00 ± 0.00	1.46 ± 0.36
20:1e/22:6	0.00 ± 0.00	0.41 ± 0.33	18:0/22:6	6.10 ± 1.36	6.87 ± 1.80
16:0/20:5; 18:1/18:4	0.92 ± 0.56	1.90 ± 1.09	ФС		
16:2/20:1; 18:1/18:2	0.06 ± 0.06	0.29 ± 0.21	18:1e/20:5	4.57 ± 3.45	7.29 ± 6.32
17:0/20:5	0.31 ± 0.16	0.57 ± 0.14	18:1e/20:4	3.07 ± 1.48	0.00 ± 0.00
18:2/20:5	0.05 ± 0.06	0.20 ± 0.18	18:1e/20:2	7.39 ± 2.75	6.26 ± 2.95
18:1/20:5	3.24 ± 0.24	3.20 ± 1.10	18:1e/20:1	6.32 ± 0.47	7.92 ± 1.35
18:0/20:5	7.36 ± 2.03	8.06 ± 1.64	17:1e/20:2	1.55 ± 0.21	0.00 ± 0.00
18:0/20:4	5.35 ± 1.40	2.84 ± 0.17	18:1e/22:6	4.55 ± 1.71	15.12 ± 6.74
18:0/20:3	0.14 ± 0.07	0.50 ± 0.26	18:1e/22:5; 18:0e/22:6	3.93 ± 0.71	7.03 ± 1.27
18:1/20:1	0.44 ± 0.37	0.40 ± 0.15	18:1e/22:2	53.12 ± 7.43	37.93 ± 20.24
19:1/20:5	0.62 ± 0.08	0.00 ± 0.00	19:3e/22:2	0.42 ± 0.05	0.00 ± 0.00
19:1/20:5	0.00 ± 0.00	0.90 ± 0.05	18:1e/24:5; 20:2e/22:4	5.67 ± 1.66	4.55 ± 2.44
19:1/20:4	0.55 ± 0.08	0.45 ± 0.06	20:2e/22:2	3.39 ± 0.48	1.95 ± 0.97
20:4/20:5	0.00 ± 0.00	0.23 ± 0.17	16:0/20:5	0.24 ± 0.39	0.00 ± 0.00
20:2/20:5	1.53 ± 0.63	2.54 ± 1.13	37:5	0.27 ± 0.31	0.00 ± 0.00
20:1/20:5	29.91 ± 2.07	32.30 ± 4.62	18:1/20:5; 16:0/22:6	1.29 ± 1.43	0.00 ± 0.00
20:1/20:4	30.26 ± 9.97	20.73 ± 10.12	18:0/20:5	1.94 ± 1.14	4.03 ± 4.92
20:1/20:3	1.13 ± 0.16	3.98 ± 0.49	18:0/20:4	0.52 ± 0.21	0.00 ± 0.00
20:1/20:2	2.04 ± 0.59	3.02 ± 0.87	18:0/22:6	1.42 ± 0.92	7.92 ± 9.00
20:1/22:6	2.05 ± 0.76	3.75 ± 0.66	40:5	0.33 ± 0.22	0.00 ± 0.00
22:1/20:5	2.13 ± 1.11	2.44 ± 1.38	—	—	—
22:1/20:4	1.30 ± 0.67	0.72 ± 0.25	—	—	—

Примечание: e – этерная форма молекулярного вида ФЛ, где ЖК остаток присоединен простой эфирной связью в положении sn-1 глициринового остова молекулы фосфолипида.

в содержании молекулярных видов ФЭ и ФС с нечетным числом атомов углерода в алкильных/ацильных цепях их молекул. У мидии *C. grayanus* содержание этих молекулярных видов липидов превышало их содержание у *M. trossulus* в несколько раз (ФЭ:  $11.04 \pm 0.57$  и  $5.11 \pm 0.44$ ; ФС:  $2.24 \pm 0.16$  и  $0.00 \pm 0.00\%$  от суммы молекулярных видов в классе ФЛ). Между мидиями также

наблюдалось достоверное различие в содержании ФЭ и ФС с ПНЖК 20:4, у *M. trossulus* такие молекулярные виды мембранных липидов и вовсе отсутствовали (*C. grayanus*:  $3.03 \pm 0.24$  и  $3.59 \pm 1.66$ ).

Разрушительным реакциям с участием АФК могут препятствовать некоторые молекулы – антиоксиданты, в частности витамины А, С и Е,

а также некоторые гормоны, особенно гормон эпифиза – мелатонин. Антиоксиданты обладают геропротекторными свойствами [39]. Интерес к антиоксидантам как к реагентам, способным блокировать свободные радикалы в клетках, находится в центре инновационной биотехнологии. С их геропротекторными свойствами связывают перспективы продления активной жизни [40, 41].

Таким образом, был проведен сравнительный анализ профиля молекулярных видов мембранных липидов ФХ, ФЭ, ФС и ФИ двух видов ежей *M. nudus* и *S. intermedius* и двух видов мидий *C. grayanus* и *M. trossulus* с различной продолжительностью жизни. Профили молекулярных видов ФХ, ФЭ и ФС имели достоверные отличия между видами и ежей, и мидий с различной продолжительностью жизни, кроме профиля молекулярных видов ФИ, который, таким образом, является достаточно консервативным классом липидов и для ежей, и для мидий и, следовательно, не связан с продолжительностью их жизни. В профиле молекулярных видов ФХ, ФЭ и ФС различия и у морских ежей, и у мидий между видами с различной продолжительностью жизни наблюдались в содержании молекулярных видов с нечетным числом атомов углерода в алкильных/ацильных цепях их молекул. У морского ежа *M. nudus* и мидии *C. grayanus* с большей продолжительностью жизни повышенное содержание таких липидов связано, вероятно, с более развитым бактериальным сообществом, ведь, как известно, источником ЖК и липидов с алкильными/ацильными цепями с нечетным числом атомов углерода могут быть бактерии [42–45].

Еще одной отличительной чертой мидии *C. grayanus* и ежа *M. nudus* с большей продолжительностью жизни было большее содержание ФХ, ФЭ и ФС с арахидоновой кислотой (20:4n-6). ПНЖК n-6, связанные с мембранными фосфолипидами, высвобождаются под действием цитозольной фосфолипазы (cpl2), а затем метаболизируются циклооксигеназой (cox-2) и липоксигеназой (5-lox) в высокобиоактивные эйкозаноиды, которые участвуют в тканевом гомеостазе, воспалении и сердечно-сосудистых реакциях [46, 47]. Поскольку воспалительная реакция регулируется эйкозаноидами, человеческая диета с высоким уровнем арахидоновой кислоты и низким содержанием эйкозапентаеновой кислоты (20:5n-3) считается чрезмерно провоспалительной

[48]. Но для морских организмов (например, для рыб) для устойчивости и способности адаптироваться к неблагоприятным условиям окружающей среды необходима “здоровая” и адекватная воспалительная реакция, которая поддерживается повышенным содержанием 20:4n-6 в диете [15, 49]. Учитывая, что эволюция и адаптация могут иметь потенциально схожие эффекты, вызывая изменения в метаболизме, в соответствии с данными этого исследования можно сделать вывод, что большее содержание 20:4n-6 может способствовать лучшей адаптации мидии *C. grayanus* и ежа *M. nudus* и, таким образом, способствовать большей продолжительности жизни.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

**Материалы и методы.** Материалом служили два вида двустворчатых моллюсков *Mytilus trossulus* и *Crenomytilus grayanus* (Mytilidae, Bivalvia) и два вида морских ежей (целомический эпителий) *Mesocentrotus nudus* и *Strongylocentrotus intermedius* (Strongylocentrotidae, Echinoidea). Материал был собран на биостанции “Восток” ННЦМБ ДВО РАН в заливе Восток залива Петра Великого Японского моря в июле 2023 г.

**Получение липидного экстракта.** Общие липидные экстракты были получены в соответствии с методикой [34] с некоторыми модификациями. Образец (~2 г) свежих тканей объекта исследования гомогенизировали в 4 мл смеси хлороформ : метанол (2 : 1, v/v) диспергатором (IKA T25 Digital Ultra-Turrax, Германия), затем фильтровали. Остатки промывали 2 мл смеси хлороформ : метанол (2 : 1, v/v), а затем 6 мл хлороформа. В экстракт добавляли дистиллированную воду (12 мл) и оставляли на ночь для разделения фаз при 4°C. Затем придонный слой отбирали и упаривали; общие липиды растворяли в небольшом объеме хлороформа до конечной концентрации 10 мг/мл. Экстракты хранили в среде аргона при температуре –40°C.

**Анализ молекулярных видов мембранных липидов.** Для анализа использовали гексан, *i*-PrOH, HCOOH, гидроксид аммония и Et<sub>3</sub>N (LC-MS grade, Sigma-Aldrich, США). Молекулярные виды ФХ, ФЭ, ФС и ФИ, входящие в состав общих липидов, разделяли на колонке Shim-Pack Diol (4.6 мм × 50 мм, размер частиц 5 мкм) (Shimadzu, Япония) с использованием жидкостного хроматографа Nexera-e (Shimadzu, Япония). В качестве



элюента использовали систему А (2-пропанол : гексан :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{HCOOH}$  :  $\text{NH}_3$  :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{Et}_3\text{N}$ , 28 : 72 : 1.5 : 0.1 : 0.05 : 0.02) и систему Б (2-пропанол :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{HCOOH}$  :  $\text{NH}_3$  :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{Et}_3\text{N}$ , 100 : 1.5 : 0.1 : 0.05 : 0.02). Содержание системы Б программировали от 0 до 20% (7 мин), от 20 до 100% (5 мин), 100% (5 мин), от 100 до 0% (0.1 мин) и 0% (10 мин). Скорость элюирования составляла 0.2 мл/мин. Для детектирования липидов использовали жидкостной tandemный масс-спектрометр высокого разрешения LCMS-IT-TOF (ионная ловушка и времяпролетный масс-анализатор) (Shimadzu, Япония). Анализ проводили с ионизацией электро-распылением (ИЭР, ESI) при одновременной регистрации сигналов положительных и отрицательных ионов. Сканирование осуществляли в диапазоне  $m/z$  100–1200. Потенциал в источнике составлял –3.5 кВ при образовании отрицательных ионов и 4.5 кВ при образовании положительных ионов. Температура ионного источника – 250°C, давление газа-осушителя ( $\text{N}_2$ ) – 200 кПа, поток газараспылителя ( $\text{N}_2$ ) – 1.5 л/мин. В соударительной ячейке масс-спектрометра использовали аргон (0.003 Па). Процентное содержание индивидуальных молекулярных видов для каждого класса липидов рассчитывали по площади пиков отрицательных/положительных ионов  $[M-H]^-$ ,  $[M-\text{CH}_3]^+$ . Идентификацию молекулярных видов проводили, как описано ранее [34, 35].

**Статистический анализ данных.** Для каждого объекта были взяты три параллели. Значения приведены как среднее  $\pm$  стандартное отклонение. После проверки на нормальность (тест Шапиро–Уилка) достоверные различия между выборками исследовали с помощью однофакторного ANOVA с последующим HSD-тестом Тьюки–Крамера. Статистическую вероятность  $p < 0.05$  считали значимой. Все статистические анализы проводили с использованием статистического программного обеспечения R (<https://www.r-project.org/>).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией высокого разрешения проведено сравнительное исследование профилей молекулярных видов основных классов фосфолипидов плазматических мембран у долгоживущих мидии *Crenomytilus grayanus* и морского ежа *Mesocentrotus nudus*, а также короткоживущих мидии *Mytilus*

*trossulus* и морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*. Показано, что продолжительность жизни как морских ежей, так и двустворчатых моллюсков – митилид – коррелирует с содержанием ФХ, ФЭ и ФС с алкильными/ацильными цепями с нечетным числом атомов углерода и молекулярных видов с арахидоновой кислотой (20:4n-6). Ее большее содержание может способствовать лучшей адаптации мидии *C. grayanus* и ежа *M. nudus* и, таким образом, связано с большей продолжительности жизни этих видов.

### ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа поддерживалась регулярным институциональным финансированием, и никаких дополнительных грантов получено не было.

### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит описания исследований с участием людей или использованием животных в качестве объектов исследования.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы внесли равноценный вклад в написание статьи.

### ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, подтверждающие выводы настоящего исследования, можно получить у корреспондирующего автора по обоснованному запросу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов В.Н. // Молекулярные и физиологические механизмы старения. Санкт-Петербург: Наука, 2008. Т. 1. 481 с.
2. Чаплинская Е.В., Бутвиловский В.Э. // Старение: теории и генетические аспекты: учеб.-метод. пособие. Минск: БГМУ, 2014. 74 с.
3. Голубев А. Г. Естественная история продолжительности жизни и старения. СПб.: Эко-Вектор, 2022. 551 с.
4. Москалёв А.А. // Старение и гены. М.: Наука, 2008. 372 с.
5. Москалёв А.А. // Успехи геронтологии. 2009. Т. 22. № 1. С. 92–103.
6. Хэйфлик Л. // Как и почему мы стареем? М.: Вече АСТ, 1999. 432 с.
7. Хансон К. П. // Успехи геронтологии. 1999. № 3. С. 103–110.

8. Фролькис В.В. // Старение и увеличение продолжительности жизни. Л.: Наука, 1988. 239 с.
9. Фролькис В.В. // Физиол. журн. 1990. № 5. С. 3–11.
10. Фролькис В.В., Мурадян Х.К. // Старение, эволюция и продление жизни. Киев: Наукова думка, 1992. 336 с.
11. Дильман В.М. // Четыре модели медицины. Л.: Медицина, 1987. 288 с.
12. Pamplona R., Portero-Otin M., Riba D. // J. Lipid. Res. 1998. V. 39. P. 1989–1994.
13. Barja G. // Free Radic. Biol. Med. 2002. V. 33. P. 1167–1172.
14. Pamplona R., Barja G., Portero-Otin M. // Ann. N.Y. Acad. Sci. 2002. V. 959. P. 475–490.
15. Agaba M.K., Tocher D.R., Zheng X., Dickson C.A., Dick J.R., Teale A.J. // Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol. 2005. V. 142. P. 342–352. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.08.005>
16. Hulbert A.J., Else P.L. // J. Theor. Biol. 1999. V. 199. P. 257–274.
17. Hulbert A.J., Pamplona R., Buffenstein R., Buttemer W.A. // Physiol. Rev. 2007. V. 87. P. 1175–1213. <https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2006>
18. Munro D., Blier P.U. // Aging Cell. 2012. V. 11. P. 845–855.
19. Pamplona R., Prat J., Cadenas S., Rojas C., Pérez-Campo R., López Torres M., Barja G. // Mech. Ageing. Dev. 1996. V. 86. P. 53–66. [https://doi.org/10.1016/0047-6374\(95\)01673-2](https://doi.org/10.1016/0047-6374(95)01673-2)
20. Bodnar A.G. // Exp. Gerontol. 2009. V. 44. P. 477–484.
21. Schöne B.R., Oschmann W., Rössler J., Freyre Castro A.D., Houk S.D., Kröncke I., Dreyer W., Janssen R., Rumohr H., Dunca E. // Geology. 2003. V. 31. P. 1237–1240.
22. Schöne B.R., Fiebig J., Pfeiffer M., Gleß R., Hickson J., Johnson A.L.A., Dreyer W., Oschmann W. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2005. V. 228. P. 130–148.
23. Butler P.G., Wanamaker A.D., Scourse J.D., Richardson Ch.A., Reynolds D.J. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. V. 373. P. 141–151.
24. Золотарев В.Н. // Склерохронология морских двусторчатых моллюсков. Киев: Наукова думка, 1989. 112 с.
25. Bodnar A.G., Coffman J.A. // Aging Cell. 2016. V. 15. P. 778–787.
26. Ebert T.A. // Longevity, Life History, and Relative Body Wall Size in Sea Urchins // Ecol. Monogr. 1982. V. 52. P. 353–394.
27. Ebert T.A., Southon J.R. // Fishery Bulletin. 2003. V. 101. P. 915–922.
28. Ebert T.A. // Exp. Gerontol. 2008. V. 43. P. 734–738.
29. Ebert T.A., Russell M.P. // Mar. Biol. 1993. V. 117. P. 79–89.
30. Sergiev P.V., Artemov A.A., Egor B., Prokhortchouk E.B., Dontsova O.A., Berezkin G.V. // Aging. 2016. V. 8. P. 261–271.
31. Vinnikova V.V., Drozdov A.L. // Biol. Bulletin. 2011. V. 38. P. 861–867. <https://doi.org/10.1134/S1062359011090093>
32. Kober K.M., Bernardi G. // BMC Evol. Biol. 2013. V. 13. P. 1–4. <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/13/88>
33. Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.A. // J. Biol. Chem. 1957. V. 226. P. 497–509.
34. Imbs A.B., Dang L.P.T., Rybin V.G., Svetashev V.I. // Lipids. 2015. V. 50. P. 575–589.
35. Sikorskaya T.V., Ermolenko E.V., Efimova K.V. // Coral Reefs. 2022. V. 41. P. 277–291.
36. Shikov A., Laakso I., Pozharitskaya O.N., Makarov V.G., Hiltunen R. // Planta Medica. 2012. V. 78. P. 1146–1164.
37. Shikov A., Laakso I., Pozharitskaya O., Seppänen-Laakso T., Krishtopina A., Makarova M., Vuorela H., Makarov V. // Mar Drugs. 2017. V. 15. P. 365–376. <https://doi.org/10.3390/md15120365>
38. Istomina A.A., Zhukovskaya A.F., Mazeika A.N., Barsova E.A., Chelomin V.P., Mazur M.A., Elovskaya O.A., Mazur A.A., Dovzhenko N.V., Fedorets Y.V., Karpenko A.A. // Biology (Basel). 2023. V. 12. P. 1–13. <https://doi.org/10.3390/biology12060837>
39. Хавинсон В.Х., Линькова Н.С. // Физиология человека. 2012. Т. 38. С. 119–127.
40. Скулачев В.П. // Экономич. стратегии. 2016. № 1. С. 36–39.
41. Скулачев В.П., Скулачев М.В., Фенюк Б.А. // Жизнь без старости (электронное издание). М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 345 с.
42. Kaneda T. // Microbiol. Rev. 1991. V. 55. P. 288–302.
43. Welch D.F. // Clin. Microbiol. Rev. 1991. V. 4. P. 422–438.
44. Haubert D., Haggblom M.M., Langel R., Scheu S., Ruess L. // Soil Biol. Biochem. 2006. V. 38. P. 2004–2007.
45. Řezanka T., Sigler K. // Prog. Lipid Res. 2009. V. 48. P. 206–238.
46. Beasley D. // Am. J. Physiol. 1999. V. 276. P. 1369–1378.
47. Maskrey B.H., Megson I.L., Whitfield P.D., Rossi A.G. // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 2011. V. 31. P. 1001–1006.
48. Rett B.S., Whelan J. // Nutr. Metab. (Lond.). 2011. V. 8. P. 36–51. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-8-36>
49. Norambuena F., Morais S., Emery J.A., Turchini G.M. // PLoS One. 2015. V. 10. P. e0143622. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143622>

# Analysis of the Content of Membrane Lipids of Bivalve Mytilid Mollusks and Strongylocentrotid Sea Urchins with Different Life Spans

A. L. Drozdov<sup>\*, #</sup>, T. V. Sikorskaya<sup>\*</sup>, and V. P. Grigorchuk<sup>\*</sup>

<sup>#</sup> Phone: +7 (916) 157-29-84; e-mail: anatoliyld@mail.ru

<sup>\*</sup> Zhirmunskii National Science Center of Marine Biology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Palchevsky 17, Vladivostok, 690041 Russia

In order to understand whether the lipid composition of the plasma membrane is related to life expectancy, in this work we conducted a comparative study of the profiles of molecular species of four main classes of plasma membrane phospholipids (phosphatidylcholines (PC), phosphatidylethanolamines (PE), phosphatidylserines (PS) and phosphatidylinositols (PI)) for the long-lived mussel *Crenomytilus grayanus* and the long-lived sea urchin *Mesocentrotus nudus* and the short-lived mussel *Mytilus trossulus* and the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. Molecular profiles of these membrane lipids were determined using high-performance liquid chromatography in combination with high-resolution mass spectrometry. In this work it was shown that the profile of PI molecular species is not related to the lifespan of mussels and hedgehogs, in contrast to the profile of PC, PE, and PS molecular species. Sea urchins *M. nudus* and mussel *C. grayanus* with a longer lifespan were characterized by an increased content of PC, PE and PS with odd numbered alkyl/acyl chains and molecular species with arachidonic acid (20:4n-6), a higher content of which can contribute to a better adaptation of the mussel of *C. grayanus* and the sea urchin *M. nudus* and thus contribute to a longer lifespan. The lipidomic approach to studying the gerontological problem using sea urchin and bivalves as an example has shown a clear relationship between the profile of molecular types of membrane lipids and lifespan. The exact mechanisms of this need to be clarified further.

**Keywords:** plasma membrane lipids, high-performance liquid chromatography, high-resolution mass spectrometry, sea urchin, bivalvia-mytilids, *Crenomytilus grayanus*, *Mytilus trossulus*, *Mesocentrotus nudus*, *Strongylocentrotus intermedius*