

УДК 612.015.39-633.88

DOI 10.34014/2227-1848-2021-2-16-24

КОРРИГИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА НА СОСТОЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА, ПРОЖИВАЮЩИХ НА СЕВЕРЕ

К.А. Черепанова

БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,
г. Ханты-Мансийск, Россия

Цель. Провести анализ коррекции показателей системы ПОЛ – АОС и углеводно-липидного обмена антиоксидантом растительного происхождения «Дигидрокверцетин Байкальский» у жителей г. Ханты-Мансийск, страдающих сахарным диабетом 2 типа.

Материалы и методы. В исследование включены 132 взрослых жителя г. Ханты-Мансийск, в т.ч. 78 чел. с сахарным диабетом 2 типа и 54 условно здоровых добровольца. У обследуемых лиц изучены показатели про- и антиоксидантной активности в образцах крови: продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ), состояние антиоксидантной системы (АОС), коэффициент окислительного стресса. Группа больных сахарным диабетом 2 типа (48 чел.) на фоне стандартной сахароснижающей терапии в течение 12 нед. принимала после еды по 1 капсуле (60 мг) в день антиоксиданта «Дигидрокверцетин Байкальский». Полученные результаты статистически обработаны с использованием пакета программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel.

Результаты. Установлено, что прием дигидрокверцетина в течение 12 нед. способствовал достоверному снижению содержания первичных и вторичных продуктов ПОЛ и повышению активности АОС, что свидетельствует об антиоксидантном действии данного биофлавоноида. Отмечена положительная тенденция к снижению показателей углеводно-липидного профиля.

Выводы. Полученные данные указывают на антиокислительные свойства дигидрокверцетина у лиц, страдающих сахарным диабетом 2 типа.

Ключевые слова: северный регион, перекисное окисление липидов, антиоксидантная система, углеводно-липидный обмен, дигидрокверцетин.

Введение. Сахарный диабет (СД) – хорошо известная гетерогенная группа метаболических нарушений, вызываемых как нарушением действия инсулина, так и снижением его выработки. Растущая распространенность диабета в России и во всем мире стала предметом серьезной глобальной озабоченности [1, 2].

Стойкая гипергликемия при СД вызывает образование активных форм кислорода (АФК), являющихся существенным фактором риска развития макро- и микрососудистых осложнений при СД [3]. Известно, что наряду с гиперпродукцией АФК происходит снижение активности антиоксидантных ферментов, вызывающее эндотелиальную дисфункцию и инсулинорезистентность [4, 5].

Одним из способов предотвращения активации процессов перекисного окисления ли-

пидов (ПОЛ) является применение антиоксидантов, способных тормозить процесс свободнорадикального окисления [6–8]. Дигидрокверцетин (ДГК) – биофлавоноид, полученный из древесины лиственницы сибирской и даурской, обладающий широким спектром действия, в т.ч. имеющий высокую антирадикальную активность [9–11]. Доказаны антиоксидантные, капилляропротекторные, гепатопротекторные, гиполипидемические и диуретические свойства ДГК.

Материалы и методы. Обследовано 132 взрослых некоренных жителя г. Ханты-Мансийск, в т.ч. 78 чел., страдающих СД 2 типа (основная группа), и 54 здоровых добровольца (контрольная группа). В образцах их крови исследовались показатели про- и антиоксидантной активности. Проводилось, в частно-

сти, определение содержания продуктов ПОЛ: гидроперекиси липидов (ГПл) с помощью тест-наборов фирмы VCM Diagnostics (Германия), тиобарбитуровой кислоты активных продуктов (ТБК-АП) с помощью тест-наборов фирмы «АГАТ» (Россия); изучалось состояние антиоксидантной системы (АОС): определялись общая антиоксидантная активность (ОАА) и тиоловый статус (ТС) с использованием коммерческих наборов фирм Cayman Chemical, Immundiagnostik AG (Германия). Коэффициент окислительного стресса (КОС) рассчитывался по формуле $КОС = ГПл \times ТБК-АП / ОАА \times ТС$.

Концентрация витамина Е определялась флуорометрическим методом с использованием биохимического анализатора «Флюорат 02 – АБЛФ» фирмы «Люмекс» (Россия); концентрация витамина С – с использованием тест-наборов фирмы Immundiagnostik AG (Германия) на анализаторе фирмы Personal Lab (Италия).

Методом случайной выборки из числа лиц, страдающих СД 2 типа (78 чел.), была выделена группа из 48 чел., которые фоне стандартной сахароснижающей терапии в течение 12 нед. принимали препарат «Дигидрохверцетин Байкальский» (свидетельство государственной регистрации № RU.77.99.88.003.E.002700.06.17; ТУ 10.89.19-001-168222879-2017, фирма-производитель ООО «КАХОР-ПРОДУКТ», Россия) по 1 капсуле (60 мг) в день после еды.

Полученный цифровой материал статистически обрабатывался с использованием пакета программ Statistica 10.0 и MS Excel 2013. Вычислялись среднее арифметическое (M) и среднеквадратичное отклонение (σ). Достоверными считались различия изучаемых параметров при значениях $p < 0,05$ с применением критерия Фишера–Стьюдента.

Настоящее исследование проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). От всех обследуемых получено информированное добровольное согласие. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Ханты-Мансийской государственной медицинской академии (протокол № 125 от 06.10.2017).

Результаты и обсуждение. При оценке состояния процессов ПОЛ до коррекции био-

антиоксидантом дигидрохверцетином было установлено, что у всех обследуемых лиц с СД ($n=78$) средние значения содержания ГПл существенно превышали физиологически оптимальные значения. Кроме того, показатели ГПл у лиц основной группы достоверно отличались от таковых у лиц контрольной группы ($p < 0,001$). Аналогичная картина наблюдалась при оценке концентрации вторичных продуктов ПОЛ – ТБК-АП.

Средние значения показателей активности АОС у представителей обеих групп были ниже физиологической нормы. При этом статистически значимые отличия от нормальных значений наблюдались в группе с СД 2 типа (ОАА – $p < 0,001$; ТС – $p = 0,04$).

Значения концентрации витаминов-антиоксидантов Е и С у всех обследуемых лиц основной и контрольной групп находились в пределах физиологической нормы, но оказались достоверно ниже у больных СД 2 типа ($p = 0,03$ и $p = 0,001$ соответственно).

Коэффициент окислительного стресса превышал допустимые физиологические значения в обеих группах: среди лиц с СД 2 типа – в 8 раз, в группе контроля – в 1,3 раза. При этом наблюдалось достоверное различие между группами ($p < 0,001$).

В табл. 1 представлено распределение лиц основной и контрольной групп по степени изменения показателей ПОЛ и АОС до коррекции дигидрохверцетином.

В результате исследования установлено, что прием ДГК в течение 12 нед. способствовал достоверному снижению содержания как первичных, так и вторичных продуктов ПОЛ, что является свидетельством антиоксидантного действия данного препарата (табл. 2).

Наиболее мощный окислитель, образующийся в биологических системах, – гидроксильный радикал. Он способен атаковать любую биологическую молекулу. Стадия инициации перекисного окисления липидов наступает, когда гидроксильные радикалы атакуют полиненасыщенные жирные кислоты, вызывая свободнорадикальное окисление полиненасыщенных жирных кислот в биологических системах.

Известно, что первичные продукты ПОЛ неустойчивы, их распад приводит к появле-

нию разнообразных вторичных и конечных продуктов ПОЛ, представляющих собой высокотоксичные соединения, которые оказывают повреждающее действие на мембраны и клеточные структуры [12, 13].

Результаты исследования состояния АОС показали увеличение ОАА в 1,7 раза ($p < 0,001$) и повышение ТС почти в 1,1 раза ($p = 0,04$) после приема биофлавоноида дигидрокверцетина в течение 12 нед. (табл. 2).

Общая антиоксидантная активность является одним из ключевых параметров, определяющим буферную ёмкость системы антиоксидантной защиты. Показано, что у лиц, страдающих СД 2 типа, снижение ОАА связано с ингибированием экспрессии супероксиддисмутазы [14]. В нашем исследовании показатель ОАА был также достоверно ($p < 0,001$) выше в группе без СД по сравнению с группой больных СД до приема ДГК (табл. 2).

Таблица 1

Table 1

Распределение обследованных лиц по степени изменения показателей ПОЛ – АОС, абс./%

Distribution of the trial subjects according to the changes in the LPO – AOS system, abs./%

Показатель Parameter	В пределах физиологически оптимальных значений Physiologically optimal values		Ниже оптимальных величин Below optimal values		Выше оптимальных величин Above optimal values	
	СД Patients with diabetes mellitus (n=78)	без СД Patients without diabetes mellitus (n=54)	СД Patients with diabetes mellitus (n=78)	без СД Patients without diabetes mellitus (n=54)	СД Patients with diabetes mellitus (n=78)	без СД Patients without diabetes mellitus (n=54)
ГПл HPs	-	9/17	-	-	78/100	45/83
ТБК-АП ТВА-АР		47/87,0			78/100	7/13,0
ОАА, ммоль/л TAS, mmol/l	-	48/88,9	78/100	6/11,1	-	-
ТС, ммоль/л TS, mmol/l	8/10,3	45/83,3	70/89,7	9/16,7	-	-
КОС, у.е. OSC, RU	-	26/48,1	-	-	78/100	28/51,9
Вит. Е, мг/мл Vitamine E, mg/ml	14/17,9	43/79,6	64/82,1	11/20,4	-	-
Вит. С, мг/мл Vitamine C, mg/ml	15/19,2	45/83,3	63/80,8	9/16,7	-	-

Особое место в АОС отведено глутатионферментному автономному объединению, включающему в себя глутатион, глутатионпероксидазу, глутатион-S-трансферазу, глутатионредуктазу [15]. Глутатионпероксидаза содержит в своем составе селен (Se) и непосредственно участвует в инактивации липидных гидроперекисных соединений. Кроме того, для сохранения активности глутатионперок-

сидазы вместе с Se необходимы витамины С, Е и глутатион [16, 17].

В нашем исследовании после приема ДГК наиболее значительно изменился коэффициент окислительного стресса, среднее значение которого снизилось в 2,8 раза ($p < 0,001$). Однако физиологически оптимальные значения КОС достигнуты не были (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Влияние антиоксиданта дигидрокверцетина на состояние окислительного метаболизма у пациентов с СД 2 типа, проживающих в г. Ханты-Мансийск

**Impact of dihydroquercetin on oxidative metabolism
in patients with type 2 diabetes mellitus living in Khanty-Mansiysk**

Показатель Parameter	Физиологически оптимальные величины Physiologically optimal values	Пациенты без СД 2 типа (n=54) Patients without type 2 diabetes mellitus (n=54)	Пациенты с СД 2 типа (n=48) Patients with type 2 diabetes mellitus (n=48)		P
			до приема ДГК before dihydroquercetin intake	после приема ДГК after dihydroquercetin intake	
ГПл HPs	225–450	468,6±21,2	562,4±22,1	473,6±15,6	*p=0,002, **p=0,001
ТБК-АП ТВА-АР	2,2–4,8	2,5±2,18	5,1±2,14	4,3±2,15	*p<0,001, **p<0,001
ОАА, ммоль/л TAS, mmol/l	0,5–2,0	0,88±0,06	0,43±0,03	0,76±0,04	*p<0,001, **p<0,001
ТС, ммоль/л TS, mmol/l	430–660	428,5±19,4	378,2±9,9	405,9±9,73	*p=0,02, **p=0,04
КОС, у.е. OSC, RU	1,6–2,3	3,1±0,34	17,9±2,4	6,5±1,7	*p<0,001, **p<0,001
Вит. Е, мг/мл Vitamine E, mg/ml	5–18,0	4,8±0,21	4,3±0,26	4,6±0,19	*p=0,137, **p=0,353
Вит. С, мг/мл Vitamine C, mg/ml	4–15,0	5,9±0,46	4,1±0,32	4,5±0,27	*p<0,001, **p=0,341

Примечание. *p – достоверность различий между контрольной группой и основной группой до приема ДГК; **p – достоверность различий между основной группой до приема ДГК и основной группой после приема ДГК.

Note. *p – significance of differences between the control and main groups before dihydroquercetin intake; **p – significance of differences between the main group before dihydroquercetin intake and the main group after dihydroquercetin intake.

Кроме того, отмечено незначительное повышение в крови концентраций витаминов-антиоксидантов Е и С, однако достоверных различий выявлено не было (табл. 2).

Доказано, что антиоксиданты истощают АФК, препятствуя их функционированию [18, 19]. Действие эндогенных антиоксидантов, таких как супероксиддисмутаза, каталаза и глутатионпероксидаза, происходит совместно с экзогенными веществами (витамины А, С, Е, β-каротин, флавоноиды, селен, цинк,

N-ацетилцистеин, коэнзим Q10, L-карнитин и др.) [20].

Витамин С, или аскорбиновая кислота, – водорастворимый антиоксидант, содержащийся в основном во фруктах и овощах. Он является важным кофактором в синтезе коллагена, карнитина и катехоламинов [21]; действует как мощный антиоксидант, регулируя внутриклеточное восстановление глутатиона и удаляя свободные радикалы; необходим как соантиоксидант для витамина Е [22].

Витамин Е – это жирорастворимый витамин, представленный в основном в форме α -токоферола. Он действует как поглотитель пероксильных радикалов в липидных фазах, таких как мембраны и ЛПНП, и таким образом ингибирует перекисное окисление липидов за счет собственного превращения в α -токофероксильный радикал, который может в дальнейшем реагировать с липидами, и, наоборот,

способствует образованию липидных радикалов [22]. Следовательно, для его антиоксидантного действия необходим соантиоксидант, которым является витамин С. Антиоксидантный эффект витамина Е заключается и в стимуляции активности глутатионпероксидазы [22].

В результате исследования было установлено, что прием ДГК способствует нормализации углеводно-липидного обмена (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Влияние антиоксиданта дигидрокверцетина на состояние углеводно-липидного профиля у обследованных лиц г. Ханты-Мансийск, страдающих сахарным диабетом 2 типа

Impact of dihydroquercetin on carbohydrate-lipid profile in trial subjects with type 2 diabetes mellitus living in Khanty-Mansiysk

Показатель Parameter	Физиологически оптимальные значения Physiologically optimal values	Пациенты без СД 2 типа (n=54) Patients without type 2 diabetes mellitus (n=54)	Пациенты с СД 2 типа (n=48) Patients with type 2 diabetes (n=48)		P
			До приема ДГК before dihydroquercetin intake	после приема ДГК after dihydroquercetin intake	
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/l	3,5–6,1	4,4±0,16	8,9±1,01	6,2±0,9	*p<0,001, **p=0,04
НbA1C, %	4,8–5,9	5,1±0,03	8,2±0,75	6,03±0,53	*p<0,001, **p=0,02
ОХС, ммоль/л TCL, mmol/l	3,1–5,2	4,7±0,1	6,68±0,7	5,09±0,25	*p=0,006, **p=0,03
ТГ, ммоль/л TG, mmol/l	0,6–1,7	1,1±0,2	2,4±0,25	1,6±0,2	*p<0,001, *p=0,014
ЛПНП, ммоль/л LDL, mmol/l	2,0–3,0	2,3±0,2	3,64±0,21	3,07±0,1	*p<0,001, **p=0,016
ЛПВП, ммоль/л (мужчины) HDL, mmol/l, (males)	>0,9	1,3±0,03	0,81±0,06	1,19±0,09	*p<0,001, **p<0,001
ЛПВП, ммоль/л (женщины) HDL, mmol/l, (females)	>1,1	1,4±0,07	1,01±0,04	1,25±0,02	*p<0,001, **p<0,001
ИА, у.е. AI, RU	<3	2,28±0,06	4,8±0,5	3,1±0,5	*p<0,001, **p=0,018

Примечание. *p – достоверность различий между контрольной группой и основной группой до приема ДГК; **p – достоверность различий между основной группой до приема ДГК и основной группой после приема ДГК.

Note. *p – significance of differences between the control and main groups before dihydroquercetin intake; **p – significance of differences between the main group before dihydroquercetin intake and the main group after dihydroquercetin intake.

После приема ДГК отмечено достоверное снижение концентрации глюкозы в крови натощак по сравнению с показателями до начала применения ДГК ($p=0,04$), однако физиологически оптимальных значений достигнуто не было.

Аналогично снижению показателей углеводного профиля наблюдалась тенденция к снижению показателей липидного профиля (табл. 3).

Кроме того, по результатам анкетирования отмечено улучшение качества жизни пациентов. Помимо снижения побочных клинических проявлений СД 2 типа (жажда, сухость кожного покрова и слизистых оболочек, полиурия, особенно в ночное время) на фоне стандартной антидиабетической терапии, установ-

лено улучшение общего состояния, нормализация сна, снижение частоты и интенсивности головной боли.

Заключение. Таким образом, коррекция метаболического статуса с применением в течение 12 нед. антиоксиданта растительного происхождения «Дигидрокверцетин Байкальский» способствовала достоверному ослаблению процессов ПОЛ (снижению содержания первичных и вторичных продуктов: гидроперекисей липидов и тиобарбитуровой кислоты активных продуктов), повышению активности АОС (повышению общей антиоксидантной активности и тиолового статуса), а также снижению показателей углеводного-липидного профиля у лиц г. Ханты-Мансийск, страдающих сахарным диабетом 2 типа.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Всемирная организация здравоохранения. Профили сахарного диабета в странах, 2016. URL: <https://www.who.int/diabetes/ru> (дата обращения: 05.12.2020).
2. Дедов И.И., Шестакова Г.А., Викулова М.В. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным Федерального регистра сахарного диабета. Сахарный диабет. 2017; 20 (1): 13–41.
3. Brito R., Castillo G., González J., Valls N., Rodrigo R. Oxidative Stress in Hypertension: Mechanisms and Therapeutic Opportunities. Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes. 2015; 123: 325–335.
4. Bandeira S.D.M., da Fonseca L.J.S., Guedes G.D.S., Rabelo L.A., Goulart M.O.F., Vasconcelos S.M.L. Oxidative stress as an underlying contributor in the development of chronic complications in diabetes mellitus. International Journal of Molecular Sciences. 2013; 14 (2): 3265–3284.
5. Brownlee M. A radical explanation for glucose-induced β cell dysfunction. Journal of Clinical Investigation. 2003; 112 (12): 1788–1790.
6. Доровских В.А., Целуйко С.С., Симонова Н.В. В мире антиоксидантов. Благовещенск: АГМА; 2012. 234.
7. Фомичев Ю.П., Никанова Л.А., Дорожкин В.И., Ториков А.А., Романенко А.А., Еськов Е.К., Семенова А.А., Гоноцкий В.А., Дунаев А.В., Ярошевич Г.С., Лашин С.А., Стольная Н.И. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: монография. М.: Научная библиотека; 2017. 702.
8. Яшин Я.И., Веденин А.Н., Яшин А.Я. Лекарственные препараты, лекарственные растения и БАДы с антиоксидантной активностью. Сорбционные и хроматографические процессы. 2017; 17 (3): 496–505.
9. Макарова М.Н. Молекулярная биология флавоноидов: руководство для врачей. СПб.; 2010. 428.
10. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchronbook; 2013. 310.
11. Уминский А.А., Хавстеен Б.Х., Баканева В.Ф. Биохимия флавоноидов и их значение в медицине. Пушино: ООО «Фотон – век»; 2007. 264.
12. Horton A.A., Fairhurst S. Lipid peroxidation and mechanisms of toxicity. Crit. Rev. Toxicol. 1987; 18: 27–79.
13. Pasaoglu H., Sancak B., Bukan N. Lipid peroxidation and resistance to oxidation in patients with type 2 diabetes mellitus. Tohoku J. Exp. Med. 2004; 203: 211–218.

14. Lu Q., Zhai Y., Cheng Q., Yaowu Liu, Gao X., Zhang T., Wei Y., Zhang F., Yin X. The Akt-FoxO3a-manganese superoxide dismutase pathway is involved in the regulation of oxidative stress in diabetic nephropathy. *Experimental Physiology*. 2013; 98 (4): 934–945.
15. Толыгина О.А. Роль глутатиона в системе антиоксидантной защиты (обзор). *Бюллетень ВШЦ СО РАМН*. 2012; 84 (2): 178–180.
16. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. *Вопросы питания*. 2017; 86 (4): 113–124.
17. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Анализ глутатионового звена антиоксидантной системы защиты у мужчин северного региона с различным уровнем антропогенной нагрузки. *Технологии живых систем*. 2019; 16 (2): 44–51.
18. Лебедева С.Н., Жамсаранова С.А. Оценка рациона питания и антиоксидантной активности биологических жидкостей организма студентов. *Вопросы питания*. 2018; 87 (1): 35–43.
19. Kusano C., Ferrari B. Total antioxidant capacity: a biomarker in biomedical and nutritional studies. *Journal of cell and molecular biology*. 2008; 7: 1–15.
20. Pitocco D., Tesauro M., Alessandro R., Ghirlanda G., Cardillo C. Oxidative Stress in Diabetes: Implications for Vascular and Other Complications. *Int. J. Mol. Sci*. 2013; 14 (11): 21525–21550.
21. Pallauf K., Bendall J.K., Scheiermann C., Watschinger K., Hoffmann J., Roeder T., Rimbach G. Vitamin C and Lifespan in Model Organisms. *Food Chem. Toxicol*. 2013; 58: 255–263.
22. Rodrigo R., Libuy M., Feliú F., Hasson D. Molecular Basis of Cardioprotective Effect of Antioxidant Vitamins in Myocardial Infarction. *Biomed. Res. Int*. 2013; 2013: 437613.

Поступила в редакцию 17.02.2021; принята 09.04.2021.

Автор

Черепанова Кристина Александровна – аспирант кафедры медицинской и биологической химии, БУ ВО «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40; e-mail: k_gorobtsova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4644-8065>.

Образец цитирования

Черепанова К.А. Корригирующее влияние дигидрокверцетина на состояние окислительного метаболизма у больных сахарным диабетом 2 типа, проживающих на Севере. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2021; 2: 16–24. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-2-16-24.

CORRECTIVE IMPACT OF DIHYDROQUERCETIN ON OXIDATIVE METABOLISM IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS LIVING IN THE NORTH

K.A. Cherepanova

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Objective. The aim of the paper is to analyze the impact of plant antioxidant "Dihydroquercetin Baikalsky" on the LPO-AOS system and carbohydrate-lipid metabolism in residents of Khanty-Mansiysk with type 2 diabetes mellitus.

Materials and Methods. The study enrolled 132 adult residents of Khanty-Mansiysk, including 78 people with type 2 diabetes mellitus and 54 healthy subjects. The authors examined the indicators of pro- and antioxidant activity in blood samples in all the trial subjects: products of lipid peroxidation (LPO), the state of the antioxidant system (AOS), oxidative stress coefficient. Patients with type 2 diabetes mellitus (n=48) undergoing standard glucose-lowering therapy were taking 1 capsule (60 mg) of Dihydroquercetin Baikalsky post cibum daily. Statistica 10.0 and Microsoft Excel software package were used to process the results obtained.

Results. It was found that 12-week dihydroquercetin intake led to a significant decrease in primary and secondary lipid peroxidation products and an increase of AOS activity, which indicated the antioxidant effect of the bioflavonoid. The authors noted a positive trend towards a decrease in the parameters of the carbohydrate-lipid profile.

Conclusion. The data obtained indicate the antioxidant properties of dihydroquercetin in persons with type 2 diabetes mellitus.

Keywords: northern region, lipid peroxidation, antioxidant system, carbohydrate-lipid metabolism, dihydroquercetin.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

References

1. *Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya. Profili sakharnogo diabeta v stranakh, 2016* [World Health Organization – Diabetes profiles worldwide, 2016]. Available at: <https://www.who.int/diabetes/ru> (accessed: December 05, 2020) (in Russian).
2. Dedov I.I., Shestakova G.A., Vikulova M.V. Epidemiologiya sakharnogo diabeta v Rossiyskoy Federatsii: kliniko-statisticheskiy analiz po dannym Federal'nogo registra sakharnogo diabeta [Epidemiology of diabetes mellitus in the Russian Federation: Clinical and statistical report according to the Federal Diabetes Registry]. *Sakharnyy diabet.* 2017; 20 (1): 13–41 (in Russian).
3. Brito R., Castillo G., González J., Valls N., Rodrigo R. Oxidative Stress in Hypertension: Mechanisms and Therapeutic Opportunities. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* 2015; 123: 325–335.
4. Bandeira S.D.M., da Fonseca L.J.S., Guedes G.D.S., Rabelo L.A., Goulart M.O.F., Vasconcelos S.M.L. Oxidative stress as an underlying contributor in the development of chronic complications in diabetes mellitus. *International Journal of Molecular Sciences.* 2013; 14 (2): 3265–3284.
5. Brownlee M. A radical explanation for glucose-induced β cell dysfunction. *Journal of Clinical Investigation.* 2003; 112 (12): 1788–1790.
6. Dorovskikh V.A., Tseluyko S.S., Simonova N.V. *V mire antioksidantov* [In the world of antioxidants]. Blagoveshchensk: AGMA; 2012. 234 (in Russian).
7. Fomichev Yu.P., Nikanova L.A., Dorozhkin V.I., Torshkov A.A., Romanenko A.A., Es'kov E.K., Semenova A.A., Gonotskiy V.A., Dunaev A.V., Yaroshevich G.S., Lashin S.A., Stol'naya N.I. *Digidrokvvertsetin i arabinogalaktan – prirodnye bioregulyatory v zhiznedeyatel'nosti cheloveka i zhivotnykh, primenenie v sel'skom khozyaystve i pishchevoy promyshlennosti: monografiya* [Dihydroquercetin and arabinogalactan as natural bioregulators in human and animal life, their application in agriculture and food industry: Monograph]. Moscow: Nauchnaya biblioteka; 2017. 702 (in Russian).
8. Yashin Ya.I., Vedenin A.N., Yashin A.Ya. Lekarstvennyye preparaty, lekarstvennyye rasteniya i BADy s antioksidantnoy aktivnost'yu [Pharmaceutical drug, herbs and dietary supplements with antioxidant activity]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy.* 2017; 17 (3): 496–505 (in Russian).
9. Makarova M.N. *Molekulyarnaya biologiya flavonoidov: rukovodstvo dlya vrachey* [Molecular biology of flavonoids: Physician's guide]. St. Petersburg; 2010. 428 (in Russian).
10. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina* [Flavonoids: Biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino: Sunchrobook; 2013. 310 (in Russian).
11. Uminskiy A.A., Khavsteen B.Kh., Bakaneva V.F. *Biokhimiya flavonoidov i ikh znachenie v meditsine* [Biochemistry of flavonoids and their importance in medicine]. Pushchino: OOO «Foton – vek»; 2007. 264 (in Russian).
12. Horton A.A., Fairhurst S. Lipid peroxidation and mechanisms of toxicity. *Crit. Rev. Toxicol.* 1987; 18: 27–79.
13. Pasaoglu H., Sancak B., Bukan N. Lipid peroxidation and resistance to oxidation in patients with type 2 diabetes mellitus. *Tohoku J. Exp. Med.* 2004; 203: 211–218.
14. Lu Q., Zhai Y., Cheng Q., Yaowu Liu, Gao X., Zhang T., Wei Y., Zhang F., Yin X. The Akt-FoxO3a-manganese superoxide dismutase pathway is involved in the regulation of oxidative stress in diabetic nephropathy. *Experimental Physiology.* 2013; 98 (4): 934–945.
15. Tolpygina O.A. Rol' glutationa v sisteme antioksidantnoy zashchity (obzor) [The impact of glutathione on the antioxidant defense system (review)]. *Byulleten' VSNTs SO RAMN.* 2012; 84 (2): 178–180 (in Russian).

16. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., Tutel'yan V.A. Obespechennost' naseleniya Rossii mikronutrientami i vozmozhnosti ee korrektsii [Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem]. *Voprosy pitaniya*. 2017; 86 (4): 113–124 (in Russian).
17. Korchina T.Ya., Korchin V.I. Analiz glutationovogo zvena antioksidantnoy sistemy zashchity u muzhchin severnogo regiona s razlichnym urovnem antropogennoy nagruzki [Analysis of glutathione link of the antioxidant protective system in males of the north region with various levels of human induced pressures]. *Tekhnologii zhivyykh sistem*. 2019; 16 (2): 44–51 (in Russian).
18. Lebedeva S.N., Zhamsaranova S.A. Otsenka ratsiona pitaniya i antioksidantnoy aktivnosti biologicheskikh zhidkostey organizma studentov [Evaluation of the diet and antioxidant activity of biological fluids in students]. *Voprosy pitaniya*. 2018; 87 (1): 35–43 (in Russian).
19. Kusano C., Ferrari B. Total antioxidant capacity: a biomarker in biomedical and nutritional studies. *Journal of cell and molecular biology*. 2008; 7: 1–15.
20. Pitocco D., Tesauro M., Alessandro R., Ghirlanda G., Cardillo C. Oxidative Stress in Diabetes: Implications for Vascular and Other Complications. *Int. J. Mol. Sci.* 2013; 14 (11): 21525–21550.
21. Pallauf K., Bendall J.K., Scheiermann C., Watschinger K., Hoffmann J., Roeder T., Rimbach G. Vitamin C and Lifespan in Model Organisms. *Food Chem. Toxicol.* 2013; 58: 255–263.
22. Rodrigo R., Libuy M., Feliú F., Hasson D. Molecular Basis of Cardioprotective Effect of Antioxidant Vitamins in Myocardial Infarction. *Biomed. Res. Int.* 2013; 2013: 437613.

Received 17 February 2021; accepted 09 April 2021.

Information about the author

Cherepanova Kristina Aleksandrovna, Post-graduate Student, Chair of Medical and Biological Chemistry, Khanty-Mansiysk State Medical Academy. Russia, Khanty-Mansiysk, Mira St., 40; e-mail: k_gorobtsova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4644-8065>.

For citation

Cherepanova K.A. Korrigiruyushchee vliyanie digidrokvertsetina na sostoyanie okislitel'nogo metabolizma u bol'nykh sakharnym diabetom 2 tipa, prozhivayushchikh na Severe [Corrective impact of dihydroquercetin on oxidative metabolism in patients with type 2 diabetes mellitus living in the North]. *Ul'yanovskiy Mediko-Biologicheskyy Zhurnal*. 2021; 2: 16–24. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-2-16-24 (in Russian).