



© А. П. Козлова, Г. А. Корощенко, И. О. Ломовский, М. С. Головин,
Е. И. Гордеева, С. А. Недовесова, Р. И. Айзман

DOI: [10.15293/2658-6762.1901.13](https://doi.org/10.15293/2658-6762.1901.13)

УДК 591.133+591.149.2

**ПРОФИЛАКТИКА И КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ УГЛЕВОДНОГО
ОБМЕНА ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ КАК МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ
ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ:
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ***

*А. П. Козлова, Г. А. Корощенко, И. О. Ломовский, М. С. Головин, Е. И. Гордеева,
С. А. Недовесова, Р. И. Айзман (Новосибирск, Россия)*

***Проблема и цель.** В настоящее время сахарный диабет представляет серьезную медико-социальную проблему для национальной безопасности всех стран в связи с прогрессирующим ростом заболеваемости и смертности. Одной из ведущих причин развития сахарного диабета, особенно II типа, рассматривают нездоровый образ жизни, характеризующийся неправильным*

* Научная статья подготовлена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-13-10200).

Козлова Анна Павловна – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru

Корощенко Галина Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: svyatashg@mail.ru

Ломовский Игорь Олегович – кандидат химических наук, и. о. заведующего лабораторией химии твердого тела, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН.

E-mail: lomovsky@solid.nsc.ru

Головин Михаил Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: golovin593@mail.ru

Гордеева Елизавета Игоревна – аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: liz5772@mail.ru

Недовесова Светлана Анатольевна – аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: nedovesovaweta@mail.ru

Айзман Роман Иделевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: aizman.roman@yandex.ru

питанием, низкой физической активностью, психическими стрессами. В связи с этим формирование здоровьесберегающего поведения может способствовать профилактике и коррекции нарушений углеводного обмена. Одним из компонентов здорового питания может быть включение в рацион различных пищевых добавок, обладающих биологической активностью.

Целью работы стало исследование механизма действия пищевых добавок в виде корневища растения *Cirsium longa* и порошка растения *Galega orientalis* для экспериментального обоснования возможности их применения в здоровом питании и коррекции нарушений углеводного обмена при сахарном диабете.

Методология. Исследование было проведено на взрослых самцах крыс линии Wistar. Все животные были поделены на четыре группы: первая – контрольная, остальные – крысы с экспериментальной аллоксановой моделью сахарного диабета (СД). Животных первой и второй групп содержали на стандартном корме, в то время как крысам третьей и четвертой групп в корм добавляли порошок куркумы или галеги (2 % от массы корма). В динамике наблюдения определяли концентрацию глюкозы в крови (методом электрохимического ферментативного анализа). В конце эксперимента определяли концентрации гормонов (инсулина, кортикостерона) иммуноферментным методом; биохимические показатели крови (на автоматическом анализаторе); содержание гликогена в печени (с помощью ШИК-реакции по МакМанусу). Растительные препараты получали путем механохимической обработки на базе ФГБНУ «ИХТТМ» СО РАН.

Результаты. Установлено, что прием фитопрепарата *Cirsium longa* у крыс с СД, по сравнению с аналогичными животными, потреблявшими стандартный корм и корм с порошком растения *Galega orientalis*, вызывал менее выраженное повышение концентрации глюкозы в крови вследствие увеличения концентрации инсулина и более низкой концентрации кортикостерона в плазме и накопления гликогена в печени. Прием обоих фитопрепаратов способствовал также улучшению показателей жирового и белкового обмена, таких как триглицериды, креатинин и мочевины, тогда как у экспериментальных животных второй группы наблюдались более выраженные метаболические сдвиги всех видов метаболизма.

Заключение. Полученные результаты обосновывают возможность использования корневища *Cirsium longa* и, в меньшей степени, *Galega orientalis* в виде пищевых добавок для коррекции углеводного, белкового и жирового обмена при сахарном диабете и, соответственно, включения в пищевой рацион как компонента здорового питания для профилактики нарушений углеводного метаболизма.

Ключевые слова: сахарный диабет; метаболизм; пищевые добавки; куркума; галега; образ жизни; медико-социальная проблема.

Постановка проблемы

Сахарный диабет (СД) представляет серьезную медико-социальную проблему в связи с повсеместным прогрессирующим ростом заболеваемости, хроническим течением и высокой частотой инвалидизирующих осложнений [1; 4]. Всемирной организацией здравоохранения сахарный диабет определен

как «эпидемия неинфекционного заболевания» XXI века, угрожающая национальной безопасности всех стран [5]. В настоящее время в мире насчитывается более 415 млн больных сахарным диабетом и, по прогнозам,

к 2040 г. их общее число достигнет 642 млн¹ [4]. Каждые 6 сек. в мире умирает один человек от сахарного диабета и его осложнений². За последние 15–20 лет численность больных сахарным диабетом в России увеличилась вдвое. В 2016 г., по данным Федерального регистра, общее число россиян с сахарным диабетом превысило 4,348 млн человек и по прогнозу к 2030 г. может достигнуть 5,4 млн человек [6]. Все это свидетельствует, что из неинфекционных заболеваний СД представляет собой наибольшую угрозу человечеству.

В настоящее время среди ведущих причин, вызывающих нарушения углеводного обмена, выделяют нездоровый образ жизни, в частности неправильное питание, низкую двигательную активность, эмоциональные стрессы и т. д.³ [27; 33; 36; 38]. Формированию сахарного диабета II типа, как правило, предшествует состояние предиабета, для которого также характерно не только нарушение углеводного обмена и механизмов его регуляции, но и другие метаболические и гормональные сдвиги [24–25].

Это побудило разработать правила поведенческой терапии для людей, имеющих нарушения углеводного обмена, которые включают 7 основных принципов: 1) здоровое питание; 2) физическая активность; 3) мониторинг глюкозы в крови; 4) прием медикамен-

тов; 5) предупреждение стрессов; 6) уменьшение рисков; 7) правильное поведение при болезни⁴.

В настоящее время в профилактике формирования сахарного диабета и коррекции нарушений углеводного обмена большую роль отводят формированию программы здорового образа жизни и использованию в питании растительных добавок, обладающих «мягкими» углеводо-регулирующими свойствами⁵ [17; 21; 23; 28; 37; 39; 42].

Актуальность использования фитотерапевтических средств в профилактике и лечении нарушений углеводного обмена не вызывает сомнений. Так, с 1981 по 2014 г. среди всех зарегистрированных новых лекарственных средств доля средств растительного происхождения составила 33 % [31]. По проведенным оценкам, 20–25 % всех препаратов, упомянутых в мировых фармакопеях, происходят из природных источников, независимо от того, используются они в виде нативных природных соединений или с небольшими химическими модификациями. Фактически около 50 % фармацевтических препаратов производятся на основе соединений, впервые идентифицированных или выделенных из растений [32]. Перечень лекарственных растений, применяемых в народной медицине в качестве антидиабетических средств, достаточно обширен, но наиболее широко используются *Curcuma longa L.*, *Galega officinalis L.*, *Phaseolus*

¹ Атлас диабета IDF. 7-е изд. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.diabetesatlas.org> (дата обращения: 09.12.2018)

² Там же.

³ Petri C., Stefani L., Bini V., Mascherini G., Francini L., De Angelis M., Galanti G. Life style and nutrition habits in type 2 diabetes [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/278024473> (дата обращения: 09.12.2018)

⁴ Diabetes Goal Tracker Mobile App [Электронный ресурс]. URL: [https://www.diabeteseducator.org/patient-](https://www.diabeteseducator.org/patient-resources/diabetes-goal-tracker-app)

[resources/diabetes-goal-tracker-app](https://www.diabeteseducator.org/patient-resources/diabetes-goal-tracker-app) (дата обращения: 01.05.2016); AADE7 Self-care Behaviours [Электронный ресурс]. URL: <https://www.diabeteseducator.org/patient-resources/aade7-self-care-behaviors> (дата обращения: 01.05.2016)

⁵ Средство и способ комплексной терапии больных сахарным диабетом: патент на изобретение № 2548731; 24 марта 2013 г. / авт.: Айзман Р. И., Герасёв А. Д., Корощенко Г. А., Суботьялов М. А., Сазонова О. В., Селиванова С. В., Хомичёва С. Я.

vulgaris L., *Cichorium intybus L.* и др. [2; 13; 15; 21; 41]. Появившиеся в последние годы работы о возможности применения *Curcuma longa* (куркумы) в качестве гипогликемического средства [7–8; 18; 26], а также данные литературы о его влиянии на различные функциональные и метаболические процессы [19; 35; 40; 42] свидетельствуют о перспективности использования этого растения в коррекции метаболических нарушений при сахарном диабете.

Среди лекарственных растений, рекомендованных для коррекции углеводного обмена при сахарном диабете, обращают также внимание на галегу (синоним – козлятник восточный, козлятник лекарственный). Порошок листьев галеги, водный экстракт и галегин вызывают гипогликемический эффект у крыс со стрептозотоцин-индуцированным сахарным диабетом [11]. Очищенный от алкалоидов экстракт галеги лекарственной, содержащий фитол и флавоноиды, оказывает антиоксидантное и антирадикальное действие за счет ингибирования перекисного окисления липидов у диабетических крыс [30]. Гуанидин, выделенный из экстракта галеги, увеличивает активность АМР-активированной протеинкиназы и увеличивает активность белка GLUT4 – переносчика глюкозы и обратный ее захват [16]. Экстракт галеги оказывает стимулирующее действие на PPAR γ -рецепторы, которые играют важную роль в обмене жиров и гомеостазе глюкозы [29], а также снижает массу тела экспериментальных животных [20; 22; 34].

Таким образом, анализ литературы свидетельствует, что описанные фитопрепараты, обладая выраженным метаболическим эффектом, могут быть использованы в качестве пищевой добавки для коррекции нарушений различных видов обмена при сахарном диабете и включены в рацион питания. Эксперименталь-

ное обоснование этих предположений на основе исследования механизмов их действия позволит частично решить важную медико-социальную проблему профилактики распространения и лечения сахарного диабета.

Целью работы стало исследование механизма действия пищевых добавок в виде корневища растения *Curcuma longa* и порошка растения *Galega orientalis* для экспериментального обоснования возможности их применения в здоровом питании и коррекции нарушений углеводного обмена при сахарном диабете.

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели были поставлены эксперименты на взрослых самцах крыс линии Wistar. Все животные были поделены на четыре группы. Первую группу ($n = 6$) – контрольную – составляли здоровые животные. Животным второй ($n = 6$), третьей ($n = 6$) и четвертой ($n = 8$) групп вводили в межлопаточную область 10%-й раствор аллоксана из расчета 0,1 мл/100 г массы тела для получения модели сахарного диабета, в то время как животным первой группы вводили физиологический раствор из того же расчета. Животных первой и второй групп содержали на стандартном корме, тогда как в корм животных третьей и четвертой групп добавляли порошок корневища куркумы или галеги из расчета 2 % от массы корма, соответственно. Растительные препараты получали путем механохимической обработки на базе ФГБНУ «ИХТТМ» СО РАН. Все группы животных находились в стандартных условиях вивария без ограничения потребления воды и пищи.

В течение послеинъекционного периода у всех крыс на 1, 3, 5, 7 и 9 сутки для определения содержания глюкозы брали пробы крови объемом 20 мкл путем надсечки хвоста.

Концентрацию глюкозы в крови определяли методом электрохимического ферментативного анализа на автоматическом анализаторе глюкозы Super GL (Dr. Muller, Германия).

В конце эксперимента (на 9 сутки после приема куркумы и галеги) у животных под эфирным наркозом из нижней полой вены в охлажденные и обработанные гепарином пробирки забирали пробы крови объемом 5 мл для определения концентрации гормонов (инсулина и кортикостерона) иммуноферментным методом с помощью стандартных наборов на планшетном ИФА-фотометре Multiskan FC (США), а также для оценки биохимических показателей, характеризующих белковый, липидный, углеводный и минеральный баланс плазмы крови, на биохимическом анализаторе Mindrey (Китай).

Для определения содержания гликогена забирали образцы печени с последующей постановкой ШИК-реакции по МакМанусу и измерением интенсивности окрашивания на спектрофотометре Spekol (Германия) при длине волны 430 нм.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики с использованием пакета Microsoft Excel 2010 и Statistica 6.0 for Windows. Анализ проводили на основе расчета средних арифметических генеральных совокупностей (M), их ошибок ($\pm m$) и средних квадратичных отклонений (σ). Для выявления значимости различий между контрольной и экспериментальной группами использовали критерий Вилкоксона–Манна–Уитни для независимых выборок, а в динамике наблюдения для каждой выборки – t -критерий Стьюдента [14].

Все эксперименты выполняли в соответствии с Международными рекомендациями по

проведению биомедицинских исследований с использованием животных, принятыми Международным советом научных обществ (CIOMS) в 1985 г., со ст. XI Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и правилами лабораторной практики в РФ (Приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003).

Результаты исследования

На первом этапе исследования для верификации развития сахарного диабета и оценки гипогликемической эффективности использования фитопрепаратов было проведено измерение концентрации глюкозы в цельной крови животных после инъекции аллоксана до и в динамике перорального приема куркумы и галеги (табл. 1).

Было показано, что после инъекции аллоксана содержание глюкозы в крови животных опытных групп уже на первые сутки наблюдения было достоверно выше, чем в контроле, что свидетельствовало о развитии сахарного диабета (табл. 1). Однако в течение всего периода наблюдения уровень глюкозы в крови животных третьей группы был ниже по сравнению с аналогичными показателями крыс второй и четвертой групп, употреблявших как стандартный корм, так и галегу, хотя и превышал показатели контрольных животных. Необходимо отметить, что на фоне приема порошка корневища *Curcuma longa* у животных уровень глюкозы в крови на 7 и 9 сутки эксперимента оказался достоверно ниже аналогичных показателей животных второй группы, в то время как прием галеги восточной практически не оказывал гипогликемического эффекта на протяжении всего периода наблюдения.

Таблица 1

Концентрация глюкозы в крови крыс, ммоль/л ($M \pm m$)

Table 1

Blood Glucose Concentration in Rats, mMol/l ($M \pm m$)

№	Группа животных / Group of animals	Фон / Back- ground	Сутки / Days				
			1	3	5	7	9
1	Контроль / Control	4,4 ± 0,3	3,6 ± 0,07	4,0 ± 0,2	4,4 ± 0,07	–	–
2	СД / DM	6,1 ± 0,1	19,1 ± 1,7*	21,7 ± 1,3*	16,6 ± 1,2*	22,2 ± 2,1	18,0 ± 2,3
3	СД + куркума/ DM + Curcuma	5,5 ± 0,4	16,9 ± 1,7*	19,3 ± 2,8*	15,1 ± 2,2* ^Δ	14,5 ± 2,0 ^Δ	13,6 ± 3,3 ^Δ
4	СД + галега / DM + Galega	6,2 ± 0,2	19,7 ± 1,9*	20,4 ± 0,9*	20,8 ± 0,9*	17,1 ± 2,0	21,2 ± 2,9

Примечание (здесь и далее). СД – сахарный диабет; * – достоверные отличия от аналогичных показателей контрольной группы ($p \leq 0,05$); Δ – достоверные отличия между экспериментальными группами и второй группой ($p \leq 0,05$)
Notes: (here and following). DM – diabetes mellitus; * – significant differences from similar parameters of control group ($p \leq 0,05$); Δ – significant differences between experimental groups and the second one ($p \leq 0,05$)

Существенную роль в поддержании гомеостаза глюкозы в плазме могут играть процессы гликогенеза. Для выяснения механизмов менее значительной гипергликемии у

крыс, получавших куркуму, было проанализировано содержание гликогена в печени крыс (табл. 2).

Таблица 2

Содержание гликогена в печени крыс, мг/100 г влажного веса ($M \pm m$)

Table 2

Glycogen Content in the Liver of Rats, mg/100 g wet weight ($M \pm m$)

№	Группа животных / Group of animals	Содержание гликогена / Glycogen content
1	Контроль / Control	888,6 ± 45,2
2	СД / DM	457,6 ± 33,9*
3	СД + куркума / DM + Curcuma	748,7 ± 56,4 Δ
4	СД + галега / DM + Galega	352,8 ± 61,8*

На фоне аллоксанового диабета уровень гликогена в печени был достоверно ниже показателей контрольной группы (табл. 2). Вероятно, это обусловлено нарушением синтеза гликогена при СД в результате снижения активности гликогенсинтетазы и ослабления процессов окисления глюкозы вследствие дефекта в пируватдегидрогеназном комплексе [3; 12]. Однако в печени у крыс третьей

группы содержание гликогена повышалось почти до контрольного уровня и достоверно отличалось от аналогичных показателей животных второй группы. Следует отметить, что у крыс на фоне приема галеги уровень гликогена также был достоверно ниже аналогичных показателей контрольной группы и не отличался от показателей животных с моделью СД, потреблявших стандартный корм. Вероятно,

одним из механизмов более низкой концентрации глюкозы в крови при приеме куркумы является перераспределение углеводов между кровью и печенью за счет изменения активности процессов гликогенеза, в то время как галега восточная не оказывала влияния на данный процесс, о чем свидетельствуют высокие

показатели глюкозы в плазме крови у животных данной группы.

Поскольку в используемой модели сахарного диабета нарушается инкреторная функция поджелудочной железы, представлялось важным оценить изменения концентрации основных глюкорегуляторных гормонов у животных (табл. 3).

Таблица 3

Концентрация гормонов в крови крыс с аллоксановым диабетом ($M \pm m$)

Table 3

Concentration of Hormones in Blood of Alloxan-Induced Diabetic Rats ($M \pm m$)

№	Группа животных / Group of animals	Инсулин, мЕ/мл Insulin, mE/ml	Кортикостерон, нмоль/л Corticosterone, nmol/l
1	Контроль / Control	$3,1 \pm 0,2$	$80,04 \pm 0,15$
2	СД / DM	$1,9 \pm 0,2^*$	$311,03 \pm 39,4^*$
3	СД + куркума / DM + Curcuma	$3,1 \pm 0,8\Delta$	$198,4 \pm 41,3^*\Delta$
4	СД + галега / DM + Galega	$2,2 \pm 0,5^*$	$326,5 \pm 33^*$

В результате исследования установлено, что на фоне аллоксанового диабета (вторая группа) уровень инсулина у животных был достоверно ниже аналогичных показателей контрольной группы животных, что совпадает с ранее полученными данными и подтверждает факт развития сахарного диабета. Однако на фоне приема порошка корневища куркумы (третья группа) уровень исследуемого гормона в плазме крыс повышался до контрольных значений и статистически значимо отличался от аналогичных показателей крыс второй группы (табл. 3). Галега способствовала лишь незначительному повышению концентрации инсулина по сравнению с аналогичным показателем животных, потреблявших стандартный корм.

Значительную роль в регуляции концентрации глюкозы в крови играют гормоны коры надпочечников – глюкокортикоиды [9–10]. Было отмечено достоверное повышение кортикостерона у крыс с аллоксановой моделью

диабета, находящихся на стандартном корме (вторая группа), что может свидетельствовать о наличии стресс-реакции в ответ на развитие изучаемой патологии у животных. При этом у крыс третьей группы (аллоксан + куркума) уровень кортикостерона статистически значимо был меньше аналогичных показателей животных с аллоксановым диабетом, потреблявших как стандартный корм, так и галегу.

Нарушения углеводного обмена очень часто сопровождаются изменениями липидного, белкового, минерального обменов [24–25; 27; 33; 35; 38], поэтому на следующем этапе работы представлялось важным оценить содержание некоторых интегральных биохимических показателей плазмы у крыс с аллоксановой моделью сахарного диабета до и после приема куркумы и галеги в качестве пищевых добавок (табл. 4).

Анализ полученных данных показал, что у экспериментальных животных второй группы, потреблявших стандартный корм,

происходило достоверное снижение по сравнению с контролем концентрации таких метаболитов, как липопротеиды высокой плотности, общий холестерин и общий белок, тогда как концентрация триглицеридов, креатинина, мочевины и альбуминов повышалась, что свидетельствует о нарушениях в организме не только углеводного, но и жирового, и белкового метаболизма. Следует отметить, что

прием куркумы и галеги в качестве пищевых добавок способствовал нормализации таких показателей, как триглицериды, креатинин и мочевина, приближая их к контрольным значениям, тогда как на другие метаболические показатели фитопрепараты влияния не оказывали (табл. 4).

Таблица 4

Биохимические показатели плазмы крови крыс, ммол/л (M ± m)

Table 4

Biochemical Parameters of Blood Plasma in Rats, mMol/l (M ± m)

№	Показатель/ Parameters	Контроль / Control	СД / DM	СД + куркума / DM + Curcuma	СД + галега / DM + Galega
1	Липопротеиды высокой плотности / High Density Lipoproteins, HDL-C	1,08 ± 0,04	0,9 ± 0,03*	1,0 ± 0,07	0,9 ± 0,11
2	Липопротеиды низкой плотности / Low Density Lipoproteins, LDL-C	0,6 ± 0,05	0,5 ± 0,05	0,4 ± 0,04*	0,4 ± 0,03*
3	Общий холестерин / Total Cholesterol, TC	2,1 ± 0,11	1,6 ± 0,07*	1,5 ± 0,03*	1,4 ± 0,09*
4	Триглицериды / Triglycerids, TG	1,2 ± 0,1	3,3 ± 0,7*	1,4 ± 0,09Δ	1,3 ± 0,1Δ
5	Креатинин / Creatinine, Crea	77,3 ± 2,8	109,9 ± 6,8*	87,5 ± 4,3Δ	92,5 ± 4,4*Δ
6	Мочевина/ Urea	8,1 ± 0,4	18,3 ± 1,6*	9,0 ± 0,2Δ	8,2 ± 0,8Δ
7	Ca плазмы / Plasma Ca	2,3 ± 0,06	2,3 ± 0,1	2,6 ± 0,05	2,5 ± 0,08
8	Mg плазмы / Mg Plasma	1,1 ± 0,05	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,02	0,9 ± 0,09
9	Общий белок / Total Protein, TP	69,6 ± 1,7	41,0 ± 1,0*	39,2 ± 0,7*	38,6 ± 1,5*
10	Альбумины / Albumins, ALB	30,4 ± 0,7	39,0 ± 1,1*	36,4 ± 1,3*	36,5 ± 1,7*

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии корневища *Curcuma longa* на гомеостатические механизмы регуляции углеводного обмена при аллоксан-индуцированном сахарном диабете, тогда как порошок растения *Galega orientalis* не показал улучшения исследуемых показателей. Важно подчеркнуть, что оба препарата способствовали нормализации при сахарном диабете содержания мочевины, креатинина и триглицеридов – основных метаболитов белкового и липидного метаболизма. Механизм

их действия на эти метаболические звенья требует дальнейшего изучения.

Результаты экспериментов дают обоснование рекомендовать порошок куркумы в качестве пищевой добавки как дополнительное средство для профилактики и коррекции гипергликемии при сахарном диабете, тогда как препарат галеги, в отличие от других ранее выполненных исследований, не показал своего гипогликемического эффекта.

Представленные литературные материалы и полученные экспериментальные данные

дают основание для проведения просветительской, профилактической и коррекционной работы по нормализации рациона питания как одного из ведущих компонентов здоровьесбе-

регающего поведения и включения в диету пищевых добавок растительного происхождения, особенно куркумы, как составной части противодиабетической терапии населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аметов А. С.** Уровень гликированного гемоглобина как значимый маркер полноценного гликемического контроля и предиктор поздних сосудистых осложнений сахарного диабета 2 типа // Русский медицинский журнал. – 2011. – № 13. – С. 832–837. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20168668>
2. **Венгеровский А. И., Якимова Т. В., Насанова О. Н.** Влияние экстрактов лекарственных растений на функции и антиоксидантную защиту эритроцитов при экспериментальном сахарном диабете // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2016. – № 2. – С. 29–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25795273>
3. **Гавровская Л. К., Рыжова О. В., Сафонова А. Ф., Александрова И. Я., Сапронов Н. С.** Влияние таурина и тиоктацида на углеводный обмен и антиоксидантную систему крыс при экспериментальном диабете // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2008. – № 3. – С. 34–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.30906/0869-2092-2008-71-3-34-35>
4. **Дедов И. И., Калашникова М. Ф., Белоусов Д. Ю., Колбин А. С., Рафальский В. В., Чеберда А. Е., Кантемирова М. А., Закиев В. Д., Фадеев В. В.** Анализ стоимости болезни сахарного диабета 2 типа в Российской Федерации: результаты Российского многоцентрового наблюдательного фармако-эпидемиологического исследования ФОРСАЙТ-СД2 // Сахарный диабет. – 2017. – № 6. – С. 403–419. DOI: <https://doi.org/10.14341/DM9278>
5. **Дедов И. И., Шестакова М. В., Викулова О. К., Железнякова А. В., Исаков М. А.** Сахарный диабет в Российской Федерации: распространенность, заболеваемость, смертность, параметры углеводного обмена и структура сахароснижающей терапии по данным Федерального регистра сахарного диабета, статус 2017 г. // Сахарный диабет. – 2018. – № 3. – С. 144–159. DOI: <http://dx.doi.org/10.14341/DM9686>
6. **Дедов И. И., Шестакова М. В., Викулова О. К.** Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным Федерального регистра сахарного диабета // Сахарный диабет. – 2017. – № 1. – С. 13–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.14341/DM8664>
7. **Козлова А. П., Корощенко Г. А., Айзман Р. И.** Какие компоненты растения *Curcuma longa* оказывают гипогликемический эффект при сахарном диабете? // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – № 3. – С. 167–175. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1603.15>
8. **Корощенко Г. А., Суботялов М. А., Герасёв А. Д., Айзман Р. И.** Влияние корневища растения *Curcuma longa* на углеводный обмен крыс в эксперименте // Бюллетень сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2011. – № 3. – С. 92–96. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17752589>
9. **Михайличенко В. Ю., Столяров С. С.** Роль инсулярных и контринсулярных гормонов в патогенезе аллоксанового сахарного диабета у крыс в эксперименте // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 485. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23940326>



10. Михайличенко В. Ю., Пилипчук А. А. Патологические особенности сердца у крыс с экспериментальным сахарным диабетом, осложненным инфарктом миокарда // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2017. – № 1. – С. 27–37. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28840222>
11. Остановова Н. А., Пряхина Н. И. Некоторые фармакологические свойства надземной части *Galega officinalis* L. и *G. orientalis* Lam // Растительные ресурсы. – 2003. – № 4. – С. 119–129. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17080783>
12. Согуйко Ю. Р., Кривко Ю. Я., Крикун Е. Н., Новиков О. О. Морфофункциональная характеристика печени крыс в норме и при сахарном диабете в эксперименте // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18828985>
13. Тутельян В. А., Киселева Т. Л., Кочеткова А. А., Смирнова Е. А., Киселева М. А., Саркисян В. А. Перспективные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным профилем: опыт традиционной медицины // Вопросы питания. – 2016. – № 4. – С. 46–60. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26486692>
14. Трухачева Н. В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica: монография. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 384 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19561247>
15. Чернявская И. В., Захарова А. А., Романова И. П., Кравчун Н. А. Фитотерапия в комплексном лечении сахарного диабета 2-го типа в сочетании с неалкогольной жировой болезнью печени // Новости медицины и фармации. – 2014. – № 20. – С. 18–19_m. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23147651>
16. Якимова Т. В., Ухова Т. М., Буркова В. Н., Арбузов А. Г., Мозжелина Т. К., Саратиков А. С. Гипогликемическое действие экстракта из *Galega officinalis* (Fabaceae), культивируемой на Алтае // Растительные ресурсы. – 2005. – № 2. – С. 134–138. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9150200>
17. Aguiar E. J., Morgan P. J., Collins C. E., Plotnikoff R. C., Young M. D., Callister R. Efficacy of the Type 2 Diabetes Prevention Using LifeStyle Education Program RCT // American Journal of Preventive Medicine. – 2016. – Vol. 50 (3). – P. 353–364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2015.08.020>
18. Aizman R. I., Koroshchenko G. A., Gajdarova A. P., Lukanina S. N., Subotyalov M. A. The Mechanisms of PLANT Rhizome Curcuma Longa Action on Carbohydrate Metabolism in Alloxan – Induced Diabetes Mellitus Rats // American Journal of Biomedical Research. – 2015. – Vol. 3, Issue 1. – P. 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/ajbr-3-1-1> URL: <http://www.sciepub.com/ajbr/abstract/3936>
19. Babu P. S., Srinivasan K. Hypolipidemic action of curcumin, the active principle of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats // Molecular and Cellular Biochemistry. – 1997. – Vol. 166, Issue 1-2. – P. 169–175. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006819605211>
20. Christensen K. B., Minet A., Svenstrup H., Grevsen K., Zhang H., Schrader E., Rimbach G., Wein S., Wolfram S., Kristiansen K., Christensen L. P. Identification of plant extracts with potential antidiabetic properties: effect on human peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR), adipocyte differentiation and insulin-stimulated glucose uptake // Phytotherapy research. – 2009. – Vol. 23, Issue 9. – P. 1316–1325. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.2782>



21. Chuengsamarn S., Rattanamongkolgul S., Luechapudiporn R., Phisalaphong C., Jirawatnotai S. Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes // *Diabetes Care*. – 2012. – Vol. 35 (11). – P. 2121–2127. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/dc12-0116>
22. Coxon G. D., Furman B. L., Harvey A. L., McTavish J., Mooney M. H., Arastoo M., Kennedy A. R., Tettey J. M., Waigh R. D. Benzylguanidines and other galegine analogues inducing weight loss in mice // *Journal of Medicinal Chemistry*. – 2009. – Vol. 52, Issue 11. – P. 3457–3463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jm8011933>
23. Ford C. N., Weber M. B., Staimez L. R., Anjana R. M., Lakshmi K., Mohan V., Narayan K. M. V., Harish R. Dietary changes in a diabetes prevention intervention among people with prediabetes: the Diabetes Community Lifestyle Improvement Program trial // *Acta Diabetologica*. – 2018. Online First. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00592-018-1249-1>
24. Gârgavu S. R., Clenciu D., Rosu M. M., Tenea-Cojan T. S., Costache A., Vladu I. M., Mota M. The Assessment of Life Style and the Visceral Adiposity Index as Cardiometabolic Risk Factors // *Arch Balk Med Union*. – 2018. – Vol. 53 (2). – P. 189–195. DOI: <http://dx.doi.org/10.31688/ABMU.2018.53.2.02>
25. Goswami K., Gandhe M. Evolution of metabolic syndrome and its biomarkers // *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*. – 2018. – Vol. 12, Issue 6. – P. 1071–1074. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsx.2018.06.027>
26. Jiménez-Osorio A. S., Monroy A., Alavez S. Curcumin and insulin resistance - Molecular targets and clinical evidences // *Biofactors*. – 2016. – Vol. 42, Issue 6. – P. 561–580. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/biof.1302>
27. Korzeniowska K., Derkowska I., Zalinska M., Remesz A., Kmiec A., Mysliwiec M. Changes in Diet and Lifestyle may Lower the Risk of Type 1 Diabetes Mellitus in Children-Environmental Factors Influencing Type 1 Diabetes Mellitus Morbidity // *Journal of Diabetes and Metabolism*. – 2016. – Vol. 7. – P. 716. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-6156.1000716>
28. Ley S. H., Hamdy O., Mohan V., Hu F. B. Prevention and management of type 2 diabetes: dietary components and nutritional strategies // *Lancet*. – 2014. – Vol. 383, Issue 9933. – P. 1999–2007. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60613-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60613-9)
29. Lui T. N., Tsao C. W., Huang S. Y., Chang C. H., Cheng J. T. Activation of imidazoline I2B receptors is linked with AMP kinase pathway to increase glucose uptake in cultured C2C12 cells // *Neuroscience letters*. – 2010. – Vol. 474, Issue 3. – P. 144–147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2010.03.024>
30. Lupak M. I., Khokhla M. R., Hachkova G. Ya., Kanyuka O. P., Klymyshyn N. I., Chajka Ya. P., Skybitska M. I., Sybirna N. O. The alkaloid-free fraction from *Galega officinalis* extract prevents oxidative stress under experimental diabetes mellitus // *Ukrainian biochemical journal*. – 2015. – Vol. 87, Issue 4. – P. 78–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/ubj87.04.078>
31. Newman D. J., Cragg G. M. Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014 // *Journal of natural products*. – 2016. – Vol. 79, Issue 3. – P. 629–661. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b01055>
32. Newman D. J., Cragg G. M., Snader K. M. The influence of natural products upon drug discovery // *Natural product reports*. – 2000. – Vol. 17, Issue 3. – P. 215–234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/A902202> PMID: 10888010
33. Meenu V., Gayathry M. S., Gisna J., Shalini S. D., Roshni P. R., Remya R. A study on comorbidities and life style associated with diabetes patients. // *International Research Journal of Pharmacy*. – 2013. – Vol. 4 (5). – P. 148–149. DOI: <http://dx.doi.org/10.7897/2230-8407.04530>



34. Mooney M. H., Fogarty S., Stevenson C., Gallagher A. M., Palit P., Hawley S. A., Hardie D. G., **Coxon G. D., Waigh R. D., Tate R. J., Harvey A. L., Furman B. L.** Mechanisms underlying the metabolic actions of galegine that contribute to weight loss in mice // *British journal of pharmacology*. – 2008. – Vol. 153, Issue 8. – P. 1669–1677. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/bjp.2008.37>
35. **Mousavi S. M., Milajerdi A., Varkaneh H. K., Gorjipour M. M., Esmailzadeh A.** The effects of curcumin supplementation on body weight, body mass index and waist circumference: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials // *Critical Review of Food Science and Nutrition*. – 2018. Latest Articles. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1517724>
36. **Pereira M. G.** Beyond Life Style Interventions in Type 2 Diabetes // *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. – 2016. – Vol. 24. – P. e2765. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.0000.2765>
37. Slentz C. A., Bateman L. A., Willis L. H., Granville E. O., Piner L. W., Samsa G. P., Setji T. L., **Muehlbauer M. J., Huffman K. M., Bales C. W., Kraus W. E.** Effects of exercise training alone vs a combined exercise and nutritional lifestyle intervention on glucose homeostasis in prediabetic individuals: a randomised controlled trial // *Diabetologia*. – 2016. – Vol. 59 (10). – P. 2088–2098. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-016-4051-z>
38. **Subramaniam S., Dhillon J. S., Ahmad M. S., Leong J. W. S, Teoh C., Huang C. S.** Eliciting User Requirements to Design a Prediabetes Self-care Application: A Focus Group Study with Prediabetics and Diabetics // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – Vol. 9, Special issue 1. – P. 1–8. DOI: [10.17485/ijst/2016/v9iS1/106819](https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9iS1/106819)
39. **Xi P., Liu R. H.** Whole food approach for type 2 diabetes prevention // *Molecular Nutrition and Food Research*. – 2016. – Vol. 60 (8). – P. 1819–1836. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201500963>
40. **Yan C., Zhang Y., Zhang X., Aa J., Wang G., Xie Y.** Curcumin regulates endogenous and exogenous metabolism via Nrf2-FXR-LXR pathway in NAFLD mice // *Biomedical and Pharmacotherapy*. – 2018. – Vol. 105. – P. 274–281. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.135>
41. Zhang H., Wei J., Xue R., Wu J. D., Zhao W., Wang Z. Z., Wang S. K., Zhou Z. X., Song D. Q., **Wang Y. M., Pan H. N., Kong W. J., Jiang J. D.** Berberine lowers blood glucose in type 2 diabetes mellitus patients through increasing insulin receptor expression // *Metabolism*. – 2010. – Vol. 59 (2). – P. 285–292. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2009.07.029>
42. **Zhang Z., Li K.** Curcumin attenuates high glucose-induced inflammatory injury through the reactive oxygen species-phosphoinositide 3-kinase/protein kinase B-nuclear factor- κ B signaling pathway in rat thoracic aorta endothelial cells // *Journal of Diabetes Investigation*. – 2018. – Vol. 9 (4). – P. 731–740. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jdi.12767>



DOI: [10.15293/2658-6762.1901.13](https://doi.org/10.15293/2658-6762.1901.13)

Anna Pavlovna Kozlova,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4819-5911>
E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru

Galina Anatolyevna Koroschenko,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8357-8283>
E-mail: svyatashg@mail.ru

Igor Olegovich Lomovsky,

Candidate of Chemical Sciences, Assistance Head,
Laboratory of Solid State Chemistry,
Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8269-033X>
E-mail: lomovsky@solid.nsc.ru

Mikhail Sergeevich Golovin,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8573-856X>
E-mail: golovin593@mail.ru

Elizaveta Igorevna Gordeeva,

Graduate Student,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3288-5259>
E-mail: liz5772@mail.ru

Svetlana Anatolyevna Nedovesova,

Graduate Student,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2402-1792>
E-mail: nedovesovasweta@mail.ru

Roman Idelevich Aizman,

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head,
Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State
Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7776-4768>
E-mail: aizman.roman@yandex.ru



Prevention and correction of carbohydrate metabolism disorders in diabetes mellitus as a medical and social problem of building a healthy lifestyle: An experimental rationale

Abstract

Introduction. Currently, diabetes is a serious medical and social problem for national security of all countries due to the progressive increase in morbidity and mortality. Unhealthy lifestyle, characterized by wrong diet, low physical activity and mental stress is considered as one of the leading causes of diabetes, especially type II. In this regard, promoting healthy behavior can contribute to prevention and correction of carbohydrate metabolism disorders. Various food (dietary) supplements, having beneficial biological effect, can be considered as components of a healthy diet.

The aim of this research was to study the mechanism of action of such food supplements as *Curcuma longa* rhizomes and the powder of *Galega orientalis* for experimental justification of their use in healthy nutrition and correction of carbohydrate metabolism disorders in diabetes mellitus.

Materials and methods. The study was conducted in adult male Wistar rats. All animals were divided into 4 groups: a control one and three groups of rats with an experimental alloxan-induced model of diabetes mellitus (DM). Animals of the 1-st and the 2-nd groups were kept on standard diet, while rats of the 3-rd and the 4-th groups were fed turmeric powder or *Galega* (2 per cent of the feed). During the observation, the blood glucose concentration was measured (using the method of electrochemical enzymatic analysis). At the end of the experiment, the researchers measured insulin and corticosterone concentrations by ELISA method; blood biochemical parameters (using an automatic analyzer); and liver glycogen content (using the Schick reaction according to MacManus). Herbal preparations were produced by mechanochemical method on the basis of Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science.

Results. It has been established that intake of *Curcuma longa* in rats with diabetes, compared to animals that consumed standard feed and feed with *Galega orientalis* powder, caused a less pronounced increase in blood glucose concentration due to increased insulin concentration and lower plasma corticosterone concentration and glycogen accumulation in the liver. Intake of both herbal preparations also contributed to the improvement of lipid and protein metabolism, such as triglycerides, creatinine and urea, whereas more pronounced metabolic disorders of all types of metabolism were observed in experimental animals of the second group 2.

Conclusions. The obtained results substantiate using food supplements containing *Curcuma longa* rhizome and, to a lesser extent, *Galega orientalis* for correction of carbohydrate, protein and fat metabolism in diabetes and, consequently, adding them to the diet as a component of healthy nutrition for prevention of carbohydrate metabolism disorders.

Keywords

Diabetes mellitus; Metabolism; Food supplements; Turmeric; Galega; Lifestyle; Medical and social problem.

Acknowledgements

The study was financial support of Russian Science Foundation (project No. 16-13-10200).

REFERENCES

1. Ametov A. S. The level of glycated hemoglobin as a significant marker of high-grade glycemic control and a predictor of late vascular complications of diabetes mellitus type 2. *Russian Medical*



- Journal*, 2011, vol. 19 (13), pp. 832–837. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20168668>
2. Vengerovskii A. I., Yakimova T. V., Nasanova O. N. Influence of medicinal plant extracts on the functions and antioxidant protection of erythrocytes in rats with experimental diabetes mellitus. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2016, vol. 79 (2), pp. 29–33. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25795273>
 3. Gavrovskaya L. K., Ryzhova O. V., Safonova A. F., Aleksandrova I. Ya., Sapronov N. S. Effect of taurine and thiocitrate on carbohydrate metabolism and antioxidant system in rats with experimental diabetes. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2008, vol. 71 (3), pp. 34–35. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.30906/0869-2092-2008-71-3-34-35>
 4. Dedov I. I., Kalashnikova M. F., Belousov D. Y., Kolbin A. S., Rafalskiy V. V., Cheberda A. E., Kantemirova M. A., Zakiev V. D., Fadeyev V. V. Cost-of-Illness Analysis of Type 2 Diabetes mellitus in the Russian Federation: Results from Russian multicenter observational pharmacoepidemiologic study of diabetes care for patients with type 2 diabetes mellitus (FORsIGHT-T2DM). *Diabetes Mellitus*, 2017, vol. 20 (6), pp. 403–419. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.14341/DM9278>
 5. Dedov I. I., Shestakova M. V., Vikulova O. K., Zheleznyakova A. V., Isakov M. A. Diabetes mellitus in Russian Federation: Prevalence, morbidity, mortality, parameters of glycaemic control and structure of glucose lowering therapy according to the federal diabetes register, status 2017. *Diabetes Mellitus*, 2018, vol. 21 (3), pp. 144–159. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.14341/DM9686>
 6. Dedov I. I., Shestakova M. V., Vikulova O. K. Epidemiology of diabetes mellitus in Russian Federation: clinical and statistical report according to the federal diabetes registry. *Diabetes Mellitus*, 2017, vol. 20 (1), pp. 13–41. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.14341/DM8664>
 7. Kozlova A. P., Koroshchenko G. A., Aizman R. I. What components of plant curcuma longa provide hypoglycemic effect in diabetes mellitus? *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2016, vol. 6 (3), pp. 167–175. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1603.15>
 8. Koroshchenko G. A., Subotyalov M. A., Gerashev A. D., Aizman R. I. Influence of a rhizome of plant curcuma longa on a carbohydrate balance in experiments on rats. *Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences*, 2011, vol. 31 (3), pp. 92–96. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17752589>
 9. Mikhaylichenko V. Yu., Stolyarov S. S. Role of insular and contra-insular hormones in the pathogenesis of alloxan diabetes in rats in the experiment. *Modern Problems of Science and Education*, 2015, no. 4, pp. 485. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23940326>
 10. Mikhailichenko V. Yu., Pilipchuk A. A. Pathophysiological features of the heart in rats with experimental diabetes mellitus complicated by myocardial infarction. *Crimea Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 2017, vol. 7 (1), pp. 27–37. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28840222>
 11. Ostanova N. A., Prjakhina N. I. Some pharmacological properties of above-ground part of galega Officinalis L. and G. Orientalis Lam. *Rastitelnye Resursy*, 2003, vol. 39 (4), pp. 119–129. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17080783>
 12. Sogujko Y. R., Krivko Y. Y., Krikun E. N., Novikov O. O. Morphofunctional characteristics of rat liver in norm and diabetes in experiment. *Modern Problems of Science and Education*, 2013, no. 1, pp. 52. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18828985>



13. Tutelyan V. A., Kiseleva T. L., Kochetkova A. A., Smirnova E. A., Kiseleva M. A., Sarkisyan V. A. Promising source of micronutrients for specialized foods with modified carbohydrate profile: traditional medicine experience. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85 (4), pp. 46–60. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26486692>
14. Truhacheva N. V. *Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package*. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2012, 384 p. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19561247>
15. Chernyavskaya I. V., Zakharova A. A., Romanova I. P., Kravchun N. A. Phytotherapy in the complex treatment of type 2 diabetes mellitus in combination with non-alcoholic fatty liver disease. *News of Medicine and Pharmacy*, 2014, no. 20, pp. 18–19_m. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23147651>
16. Yakimova T. V., Ukhova T. M., Burkova V. N., Arbuzov A. G., Mozzhelina T. K., Saratikov A. S. Hypoglycemic effect of the extract from *Galega Officinalis (Fabaceae)*, cultivated in Altai. *Rastitelnye Resursy*, 2005, vol. 41 (2), pp. 134–138. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9150200>
17. Aguiar E. J., Morgan P. J., Collins C. E., Plotnikoff R. C., Young M. D., Callister R. Efficacy of the type 2 diabetes prevention using lifestyle education program RCT. *American Journal of Preventive Medicine*, 2016, vol. 50 (3), pp. 353–364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2015.08.020>
18. Aizman R. I., Koroshchenko G. A., Gajdarova A. P., Lukanina S. N., Subotyalov M. A. The Mechanisms of PLANT rhizome curcuma longa action on carbohydrate metabolism in alloxan – induced diabetes mellitus rats. *American Journal of Biomedical Research*, 2015, vol. 3, issue 1, pp. 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/ajbr-3-1-1> URL: <http://www.sciepub.com/ajbr/abstract/3936>
19. Babu P. S., Srinivasan K. Hypolipidemic action of curcumin, the active principle of turmeric (*Curcuma longa*) in streptozotocin induced diabetic rats. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 1997, vol. 166, issue 1-2, pp. 169–175. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006819605211>
20. Christensen K. B., Minet A., Svenstrup H., Grevsen K., Zhang H., Schrader E., Rimbach G., Wein S., Wolffram S., Kristiansen K., Christensen L. P. Identification of plant extracts with potential antidiabetic properties: effect on human peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR), adipocyte differentiation and insulin-stimulated glucose uptake. *Phytotherapy Research*, 2009, vol. 23, issue 9, pp. 1316–1325. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.2782>
21. Chuengsamarn S., Rattanamongkolgul S., Luechapudiporn R., Phisalaphong C., Jirawatnotai S. Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 2012, vol. 35 (11), pp. 2121–2127. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/dc12-0116>
22. Coxon G. D., Furman B. L., Harvey A. L., McTavish J., Mooney M. H., Arastoo M., Kennedy A. R., Tettey J. M., Waigh R. D. Benzylguanidines and other galegine analogues inducing weight loss in mice. *Journal of Medicinal Chemistry*, 2009, vol. 52, issue 11, pp. 3457–3463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jm8011933>
23. Ford C. N., Weber M. B., Staimez L. R., Anjana R. M., Lakshmi K., Mohan V., Narayan K. M. V., Harish R. Dietary changes in a diabetes prevention intervention among people with prediabetes: the Diabetes Community Lifestyle Improvement Program trial. *Acta Diabetologica*, 2018. Online First. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00592-018-1249-1>
24. Gârgavu S. R., Clenciu D., Rosu M. M., Tenea-Cojan T. S., Costache A., Vladu I. M., Mota M. The assessment of life style and the visceral adiposity index as cardiometabolic risk factors. *Arch*



- Balk Med Union*, 2018, vol. 53 (2), pp. 189–195. DOI: <http://dx.doi.org/10.31688/ABMU.2018.53.2.02>
25. Goswami K., Gandhe M. Evolution of metabolic syndrome and its biomarkers. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 2018, vol. 12, issue 6, pp. 1071–1074. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsx.2018.06.027>
26. Jiménez-Osorio A. S., Monroy A., Alavez S. Curcumin and insulin resistance – Molecular targets and clinical evidences. *Biofactors*, 2016, vol. 42, issue 6, pp. 561–580. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/biof.1302>
27. Korzeniowska K., Derkowska I., Zalinska M., Remesz A., Kmiec A., Mysliwiec M. Changes in diet and lifestyle may lower the risk of type 1 diabetes mellitus in children-environmental factors influencing type 1 diabetes mellitus morbidity. *Journal of Diabetes and Metabolism*, 2016, vol. 7, pp. 716. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2155-6156.1000716>
28. Ley S. H., Hamdy O., Mohan V., Hu F. B. Prevention and management of type 2 diabetes: dietary components and nutritional strategies. *Lancet*, 2014, vol. 383, issue 9933, pp. 1999–2007. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60613-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60613-9)
29. Lui T. N., Tsao C. W., Huang S. Y., Chang C. H., Cheng J. T. Activation of imidazoline I2B receptors is linked with AMP kinase pathway to increase glucose uptake in cultured C2C12 cells. *Neuroscience letters*, 2010, vol. 474, issue 3, pp. 144–147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2010.03.024>
30. Lupak M. I., Khokhla M. R., Hachkova G. Ya., Kanyuka O. P., Klymyshyn N. I., Chajka Ya. P., Skybitska M. I., Sybirna N. O. The alkaloid-free fraction from *Galega officinalis* extract prevents oxidative stress under experimental diabetes mellitus. *Ukrainian Biochemical Journal*, 2015, vol. 87, issue 4, pp. 78–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/ubj87.04.078>
31. Newman D. J., Cragg G. M. Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014. *Journal of Natural Products*, 2016, vol. 79, issue 3, pp. 629–661. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b01055>
32. Newman D. J., Cragg G. M., Snader K. M. The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Reports*, 2000, vol. 17, issue 3, pp. 215–234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/A902202> PMID: 10888010
33. Meenu V., Gayathry M. S., Gisna J., Shalini S. D., Roshni P. R., Remya R. A study on comorbidities and life style associated with diabetes patients. *International Research Journal of Pharmacy*, 2013, vol. 4 (5), pp. 148–149. DOI: <http://dx.doi.org/10.7897/2230-8407.04530>
34. Mooney M. H., Fogarty S., Stevenson C., Gallagher A. M., Palit P., Hawley S. A., Hardie D. G., Coxon G. D., Waigh R. D., Tate R. J., Harvey A. L., Furman B. L. Mechanisms underlying the metabolic actions of galegine that contribute to weight loss in mice. *British Journal of Pharmacology*, 2008, vol. 153, issue 8, pp. 1669–1677. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/bjp.2008.37>
35. Mousavi S. M., Milajerdi A., Varkaneh H. K., Gorjipour M. M., Esmailzadeh A. The effects of curcumin supplementation on body weight, body mass index and waist circumference: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 2018. Latest Articles. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1517724>
36. Pereira M. G. Beyond life style interventions in type 2 diabetes. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 2016, vol. 24, pp. e2765. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.0000.2765>
37. Slentz C. A., Bateman L. A., Willis L. H., Granville E. O., Piner L. W., Samsa G. P., Setji T. L., Muehlbauer M. J., Huffman K. M., Bales C. W., Kraus W. E. Effects of exercise training alone vs a combined exercise and nutritional lifestyle intervention on glucose homeostasis in prediabetic



- individuals: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 2016, vol. 59 (10), pp. 2088–2098. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-016-4051-z>
38. Subramaniam S., Dhillon J. S., Ahmad M. S., Leong J. W. S, Teoh C., Huang C. S. Eliciting user requirements to design a prediabetes self-care application: A focus group study with prediabetics and diabetics. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, vol. 9, special issue 1, pp. 1–8. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9iS1/106819
 39. Xi P., Liu R. H. Whole food approach for type 2 diabetes prevention. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2016, vol. 60 (8), pp. 1819–1836. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201500963>
 40. Yan C., Zhang Y., Zhang X., Aa J., Wang G., Xie Y. Curcumin regulates endogenous and exogenous metabolism via Nrf2-FXR-LXR pathway in NAFLD mice. *Biomedical and Pharmacotherapy*, 2018, vol. 105, pp. 274–281. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.135>
 41. Zhang H., Wei J., Xue R., Wu J. D., Zhao W., Wang Z. Z., Wang S. K., Zhou Z. X., Song D. Q., Wang Y. M., Pan H. N., Kong W. J., Jiang J. D. Berberine lowers blood glucose in type 2 diabetes mellitus patients through increasing insulin receptor expression. *Metabolism*, 2010, vol. 59 (2), p. 285–292. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2009.07.029>
 42. Zhang Z., Li K. Curcumin attenuates high glucose-induced inflammatory injury through the reactive oxygen species-phosphoinositide 3-kinase/protein kinase B-nuclear factor- κ B signaling pathway in rat thoracic aorta endothelial cells. *Journal of Diabetes Investigation*, 2018, vol. 9 (4), pp. 731–740. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jdi.12767>

Submitted: 11 December 2018

Accepted: 09 January 2019

Published: 28 February 2019



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).