

УДК 543.645.6

С. Л. Тихонов^{1,2}, Н. В. Тихонова¹

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА,
АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА
И ВЛИЯНИЕ НОВОГО СИНТЕЗИРОВАННОГО ПЕПТИДА
НА ОТЛОЖЕНИЕ ЛИПИДОВ В КЛЕТКАХ**

71

¹ Уральский государственный аграрный университет,
Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

Поступила в редакцию 02.09.2024

Принята к публикации 21.10.2024

doi: 10.5922/vestniknat-2025-1-5

Для цитирования: Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Физико-химическая характеристика, антиоксидантные свойства и влияние нового синтезированного пептида на отложение липидов в клетках // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2025. №1. С. 71–81. doi: 10.5922/vestniknat-2025-1-5.

Разработан и синтезирован новый пептид CG-16 с последовательностью СНАЕСГААСКЕFCLEG. Проведены исследования по оценке его физико-химических характеристик, антиоксидантных свойств и влияния на отложение липидов в клетках в эксперименте in vitro. Установлено, что пептид CG-16 не содержит антигенных детерминант. Результаты его поиска на платформах PeptideAtlas, UniProt и базе национального центра биотехнологической информации NCBI свидетельствуют о том, что полученный пептид является уникальным. Прогнозирование основных физико-химических свойств пептида CG-16 по показателям молекулярной массы, количества акцепторов водородных связей, количества доноров водородных связей, количества колец, количества атомов в самом большом кольце, общего заряда, количества жестких связей, гибкости, топологической площади полярной поверхности, прогнозируемой растворимости, количества кислотных участков свидетельствуют, что исследуемый пептид может быть эффективно использован в качестве биологически активного вещества. Установлено, что пептид CG-16 обладает антиоксидантной активностью и способен уменьшать накопление липидов в клетке.

Ключевые слова: пептиды, физико-химические характеристики, антигенность, антиоксидантные свойства, клеточные липиды



Введение

Активные формы кислорода (далее — АФК), в том числе перекись водорода (H_2O_2), супероксид-анионы (O_2^-) и гидроксильный радикал (ОН), образуются в аэробных организмах, а их последующая обработка системой антиоксидантной защиты является очень сложным и сбалансированным процессом [1]. Избыток АФК нарушает гомеостаз системы антиоксидантной защиты клеток, что приводит к окислительному стрессу, при этом последствия нарушения окислительно-восстановительного баланса клетки приводят к повреждению молекул белков, липидов и нуклеиновых кислот [2]. Повреждающее действие избытка АФК может быть снижено с помощью внутриклеточных антиоксидантных ферментов, в частности, супероксиддисмутазой, глутатионпероксидазой и каталазой, а также некоторыми неферментативными антиоксидантами, например, глутатионом, витаминами С и Е [3]. Однако при воздействии сильных стрессовых факторов, таких как токсины и окислители, эндогенных антиоксидантов может быть недостаточно для противодействия разрушительному воздействию АФК. Снизить отрицательное влияние АФК позволяет потребление пищевых антиоксидантов [4–6].

В связи с этим растет интерес к лечебно-профилактическому применению нутрицевтиков или функциональных пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами в качестве безопасных альтернатив лекарственным препаратам [7]. Особое внимание заслуживают биоактивные пептиды с антиоксидантными свойствами. Биопептиды представляют собой класс многофункциональных соединений, полученных из пищевых белков, обладающие множеством важных физиологически связанных биологических активностей, таких как антиоксидантное, гипотензивное и противовоспалительное действия [8].

Более того, было подтверждено, что биоактивные пептиды пищевого происхождения безопасны, усваиваются мягче и легче, чем синтетические лекарственные средства [9].

Одной из распространенных и прогрессирующих болезней, связанных с нарушением перекисного окисления липидов, является неалкогольная жировая болезнь печени (далее — НАЖБП), которая характеризуется отложением липидов, окислительным стрессом и апоптозом [10].

НАЖБП становится серьезной клинической и социальной проблемой из-за большой распространенности среди населения, страдающего ожирением [11]. Она способствует развитию ожирения, сахарного диабета 2 типа, дислипидемии и сердечно-сосудистых заболеваний. Хотя НАЖБП не является критическим заболеванием, постоянное наличие стеатоза в печени может привести к фиброзу печени, циррозу и печеночной недостаточности [12]. Функция печени связана с метаболизмом глюкозы, липидов и поддержания липидного гомеостаза. Избыточное потребление пищевых жиров приводит к увеличению содержания свободных жирных кислот в сыворотке крови, что ускоряет накопление триглицеридов в гепатоцитах и в дальнейшем способствует возникновению НАЖБП [13]. Следовательно, фармакологические вмешательства, направленные на улучшение метаболизма липидов в печени и окислительного стресса имеют большое значение для профилактики и лечения НАЖБП.



Хотя синтетические препараты доступны для лечения метаболических заболеваний, они часто сопровождаются нежелательными побочными эффектами. Из-за растет интерес к изучению натуральных продуктов пищевого происхождения для облегчения метаболических заболеваний. За последние 20 лет многочисленные исследования показали, что биоактивные пептиды пищевого происхождения могут положительно влиять на основные системы организма, особенно на сердечно-сосудистую, эндокринную и иммунную системы, и сводить к минимуму риск развития хронических заболеваний [14].

Цель — исследовать физико-химические, антиоксидантные свойства и влияние нового синтезированного пептида на отложение липидов в эксперименте *in vitro*.

Материал и методы исследования

В качестве объекта исследований был использован пептид с последовательностью CHAECGAACKFCLEG (условное название пептида CG-16), синтезированный методом твердофазного синтеза и очищен в компании Permics Co., Ltd (Сучжоу, Китай) до чистоты более 95 %.

Его антигенность (аллергенность) оценивали по программе <http://imed.med.ucm.es/Tools/antigenic.pl>.

Идентификацию пептида проводили на платформах PeptideAtlas, (<https://db.systemsbiology.net/sbeams/cgi/PeptideAtlas/Search>), UniProt, (<https://www.uniprot.org/tool-dashboard>) и на базе данных национального центра биотехнологической информации NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Физические и химические характеристики пептида определяли с помощью платформы ProtParam (<https://web.expasy.org/protparam/>). Вычисленные параметры включают молекулярную массу, теоретический pI, аминокислотный состав, атомный состав, коэффициент экстинкции, расчетный период полураспада, индекс нестабильности, алифатический индекс и общее среднее значение гидропатичности.

Прогнозирование токсичности и выведения пептида проводили на платформе ADMET1 ab 3 (<https://admetlab3.scbdd.com/documentation/#/>).

Его антиоксидантную активность определяли тремя методами: по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) и ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), а также по восстанавливающей силе при взаимодействии с комплексом Fe (III)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазин методом FRAP (ferric-reducing antioxidant power) согласно (Feduraev P. et al., 2022) с некоторыми модификациями.

При определении антиоксидантной активности по методу DPPH 20 мкл пептида или стандартного раствора смешивали с 300 мкл свежеприготовленного 0,1 мМ раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Смесь инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 мин. Уменьшение оптической плотности по сравнению с контролем регистрировали при 515 нм.

Для определения антиоксидантной активности по методу ABTS предварительно готовили раствор ABTS-радикала. ABTS-радикал гене-



рировали смешиванием аликвот 7,0 мМ раствора АВТС и 2,45 мМ раствора персульфата калия. Раствор выдерживали в течение 16 ч в темном месте при комнатной температуре. Для проведения реакции к 300 мкл подготовленного раствора катион-радикала АВТС⁺ добавляли 20 мкл раствора пептида или стандарта. Оптическую плотность измеряли при 734 нм после инкубации смеси в течение 15 мин при 37°С в темноте.

При определении восстанавливающей силы пептидов использовали свежеприготовленный реактив FRAP, путем смешивания 10 частей 0,3 М ацетатного буфера (рН 3,6), одной части 10 мМ раствора 2,4,6-трипиридил-*s*-триазина в 40 мМ HCl и одной части водного 20 мМ раствора хлорида железа FeCl₃ × 6H₂O. Реакция запускалась смешиванием 300 мкл FRAP-реактива и 20 мкл исследуемого образца пептида или раствора стандарта. Время реакции составляло 10 мин при 37°С в темноте. Увеличение оптической плотности по сравнению с контролем регистрировали при 593 нм.

В качестве стандартного раствора во всех методах использовали раствор тролокса (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты) известной концентрации. Результаты анализов выражены в мМ эквивалентов тролокса (ммоль эквивалентов тролокса/л).

Все спектрофотометрические измерения проводили с использованием микропланшетного ридера CLARIOstar (BMG Labtech, Германия).

По данным [15], олеиновая и пальмитиновая кислоты индуцируют внутриклеточное отложение липидов в клетках HepG2.

По результатам исследований [13] избыток свободных жирных кислот попадает в печень, они вызывают нарушения липидного обмена в гепатоцитах, ускоряя развитие НАЖБП, поэтому в эксперименте по накоплению липидов в клетках была использована олеиновая и пальмитиновая кислота и клетки HepG2.

Для имитации стеатоза гепатоцитов клетки HepG2 (1 × 10⁵/мл) были посеяны в 6-луночные планшеты, после чего они подвергались воздействию 0,5 мМ смеси олеиновой и пальмитиновой кислот в соотношении 2:1 с добавлением или без добавления 5 мкг/мл исследуемого пептида и инкубировали в течение 24 ч.

Уровень внутриклеточных триглицеридов и общего холестерина измеряли с помощью наборов для анализа (Beuotime).

Данные представлены в виде среднего значения ± стандартная ошибка. Значение при $P < 0,05$ считалось достоверным.

Результаты

Несмотря на то что не существует безошибочного метода прогнозирования антигенных пептидов, имеется несколько правил, которым можно следовать, чтобы определить, какие пептидные фрагменты белка могут быть антигенными. На рисунке 1 представлены результаты оценки антигенности пептида CG-16.

Установлено, что пептид CG-16 не содержит антигенных детерминант, следовательно, он не антигенен. Его значение средней антигенной активности составляет 1,1 ед. (пептиды антигенны при значении более 1,3 ед. и наличии антигенных детерминант).



ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ АНТИГЕННЫЕ ПЕПТИДЫ

Results

Ваша последовательность состоит из 16 остатков
Средняя антигенная активность этого белка составляет 1,0948

Антигенный график последовательности

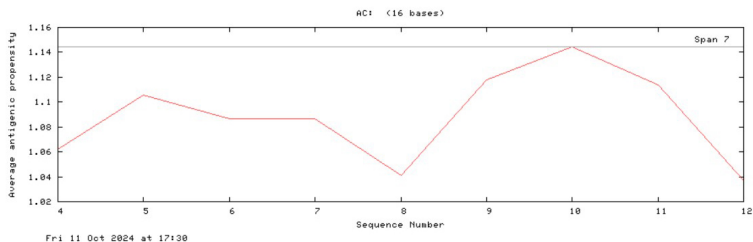


Рис. 1. Результаты оценки антигенности пептида CG-16

На рисунке 2 представлены результаты поиска пептида CG-16 на платформах PeptideAtlas, UniProt и в базе данных национального центра биотехнологической информации NCBI.

PeptideAtlas

CHAECGAACKFCLEG

Тип образца: Human

В индексе для вашей поисковой строки не было найдено совпадений

UniProt BLAST Align Поиск пептидов Сопоставление идентификаторов SPARQL UniProtKB

Результаты работы инструмента

Ниже приведены результаты анализа вашего инструмента за последние 7 дней. Если у вас запущены задания Tools страницы, и по завершении задания вы получите уведомление.

Тип	Статус
ПОИСК ПЕПТИДОВ	выполнено (результаты не найдены)

NIH National Library of Medicine
National Center for Biotechnology Information

Протеин: Protein CHAECGAACKFCLEG

Виды: Настроить ...

Базы данных источников: Настроить ...

Краткие сведения

В Protein не был найден следующий термин: CHAECGAACKFCLEG

Ничего не найдено.

Рис. 2. Результаты поиска пептида CG-16 на платформах PeptideAtlas, UniProt и в базе данных национального центра биотехнологической информации NCBI



По данным, представленным на рисунке 2, совпадений пептида CG-16 с уже известными не установлено, следовательно он является уникальным.

С помощью платформы ProtParam проведено прогнозирование физико-химических характеристик пептида CG-16 и получены следующие результаты: количество аминокислот в пептиде — 16, молекулярная масса составляет 1670,91 Да, теоретическая изоэлектрическая точка (pI) находится на уровне 4,75, общее количество отрицательно заряженных остатков (Asp + Glu) равно 3, общее количество положительно заряженных остатков (Arg + Lys) равно 1, молекулярная формула: $C_{67}H_{103}N_{19}O_{23}S_4$, общее количество атомов — 216, предполагаемый период полувыведения — более 3,2 ч, пептид стабильный.

В таблице 1 представлены результаты прогнозирования его физико-химических свойств на платформе ADMET1 ab 3.

Таблица 1

Результаты прогнозирования физико-химических свойств пептида на платформе ADMET1 ab 3

Наименование показателя	Значение	Характеристика / результат
Молекулярная масса, Да	1669,64	До 2000 Да оптимально / оптимальное значение
Объем	1572,149	Нет данных оптимального значения
Плотность (Молекулярная масса / объем)	1,062	Нет данных оптимального значения
Количество акцепторов водородных связей (nHA), ед.	42,0	Оптимально: 0–42, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / оптимальное значение
Количество доноров водородных связей (nHD), ед.	24,0	Оптимально: 0–7, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / не является оптимальным
Количество колец (NRing), ед.	2,0	Оптимально: 0–6, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / оптимальное значение
Количество атомов, вовлеченных в самое большое системное кольцо, ед.	6,0	Оптимально: 0–18, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / оптимальное значение
Общий заряд	-1,75	Оптимальный: -4 до 4, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / оптимальное значение
Количество негибких связей, в отличие от вращающихся связей (nRig), ед.	30,0	Оптимально: 0–30, исходя из мягкого правила, подобного лекарственному средству / оптимальное значение
Гибкость (nRot / nRig), ед.	2,3	Оптимально: 1–5 / оптимальное значение
Топологическая площадь полярной поверхности; сумма табличных значений площади полярных фрагментов (TPSA), ед.	666,42	Оптимально: 0–740, согласно правилу Вебера / оптимальное значение

Наименование показателя	Значение	Характеристика / результат
Прогнозируемая растворимость соединения, выражаемая в виде логарифма ($\log P$), моль/л	1,47	Подходящими считаются соединения в диапазоне 0–3 логарифмических моль/л / оптимальное значение
$\log D7.4$, моль/л	0,067	Подходящими считаются соединения в диапазоне 1–3 логарифмических молей/л / оптимальное значение
Количество кислотных участков, меньшие значения указывают на более высокую кислотность (рKa (кислота)), ед.	1,382	Оптимально при значении ниже базового / оптимальное значение
рKa (базовый)	5,199	Оптимально при выше значения кислотных остатков / оптимальное значение
Температура плавления, °C	227,724	Нет данных
Температура кипения, °C	351,332	Нет данных

Результаты прогнозирования основных физико-химических свойств пептида CG-16 по показателям молекулярной массы, количества акцепторов водородных связей, количества доноров водородных связей, количества колец, количества атомов в самом большом кольце, общего заряда, количества жестких связей, гибкости, топологической площади полярной поверхности, прогнозируемой растворимости, количества кислотных участков позволяют свидетельствовать, что исследуемый пептид может быть эффективно использован в качестве биологически активного вещества.

Проведен трехфазный синтез пептида CG-16. На рисунке 3 представлена хроматограмма, а на рисунке 4 — масс-спектр исследуемого пептида.

Chromatogram

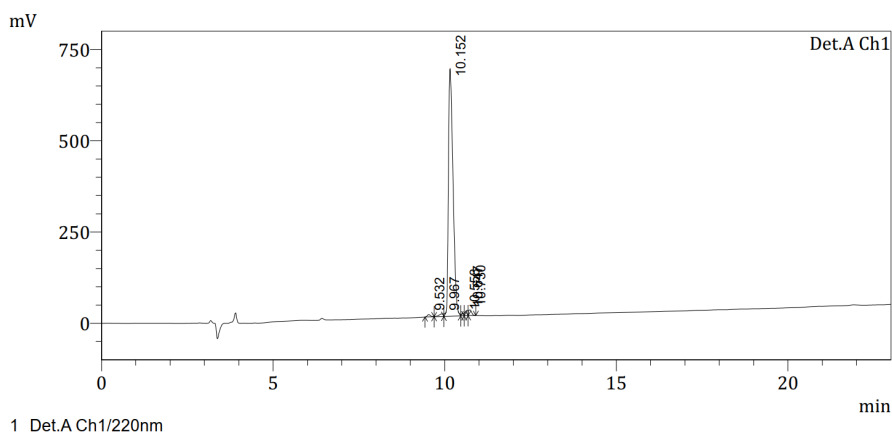


Рис. 3. Хроматограмма пептида CG-16

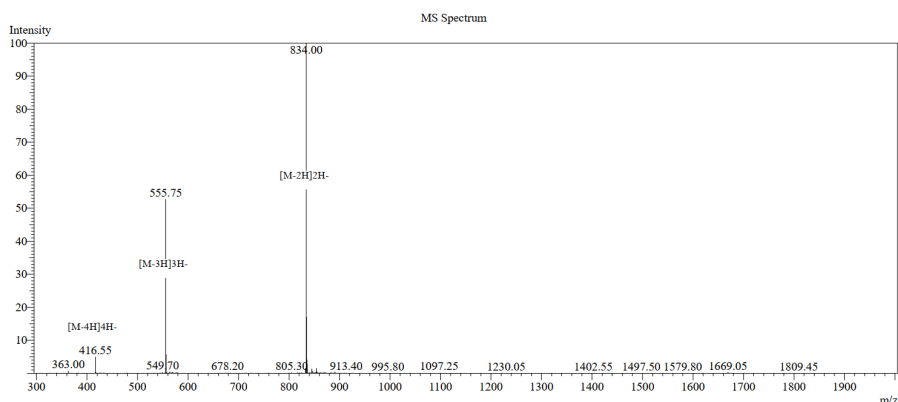


Рис. 4. Масс-спектр пептида CG-16

Хроматограмма и масс-спектр свидетельствуют о том, что синтезированный пептид по количеству и последовательности аминокислот, молекулярной массы соответствует прогнозируемым значениям.

Результаты исследований антиоксидантной активности (АОА) пептида представлены в таблице 2.

Таблица 2

Антиоксидантная активность (АОА) пептида CG-16, ммоль экв. тролокса/л

Метод определения	DPPH	ABTS	FRAP
Значение	6,71±0,03	7,94±0,01	5,82±0,04

Пептид CG-16 обладает антиоксидантной активностью. При определении методом ABTS она оказывается более высокой и составляет $7,94 \pm 0,01$ ммоль экв. тролокса/л. По сравнению с методами DPPH и FRAP это выше на 18,3 и 36,4 % соответственно.

Проведено исследование по влиянию пептида на отложение липидов в клетках HepG2. Установлено, что в них под воздействием олеиновой и пальмитиновой кислот в присутствии исследуемого пептида уровень внутриклеточных триглицеридов и общего холестерина ниже в 2,4 и 3,7 раза соответственно ($P < 0,05$) по сравнению с клетками без пептида. Наличие пептида значительно снизило внутриклеточный уровень триглицеридов и холестерина по сравнению с клетками, получавшими свободные жирные кислоты и не получавшими пептид, что указывает на способность пептида CG-16 уменьшать накопление липидов.

Заключение

В результате исследований разработан и синтезирован пептид CG-16. Предварительно спрогнозированы его физико-химические характеристики и антигенность, позволяющие установить, что пептид пригоден для синтеза, не аллергенен, обладает необходимыми свойствами для обеспечения его заданной биологической активности. Подтверждены



антиоксидантные и предупреждающие отложения липидов свойства пептида в эксперименте *in vitro*. Но вместе с тем для внедрения в производство пептида и использования его в качестве функционального ингредиента в составе пищевой продукции специализированного и профилактического назначения необходимо подтверждение полученных результатов в доклинических и клинических исследованиях.

Список литературы

1. Liochev S.I. Reactive oxygen species and the free radical theory of aging // Free Radic. Biol. Med. 2013. Vol. 60. P. 1–4. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.02.011.
2. Giorgi C., Marchi S., Simoes I.C.M. et al. Mitochondria and reactive oxygen species in aging and age-related diseases // Int. Rev. Cell. Mol. Biol. 2018. Vol. 340. P. 209–344. doi: 10.1016/bs.ircmb.2018.05.006.
3. Dobrovolny J., Smrcka M., Bienertova-Vasku J. Therapeutic potential of vitamin E and its derivatives in traumatic brain injury-associated dementia. Neurol. Sci. 2018. Vol. 39. P. 989–998. doi: 10.1007/s10072-018-3398-y.
4. Olagunju A.I., Omoba O.S., Enujiughu V.N. et al. Antioxidant properties, ACE/renin inhibitory activities of pigeon pea hydrolysates and effects on systolic blood pressure of spontaneously hypertensive rats // Food Sci. Nutr. 2018. Vol. 6. P. 1879–1889. doi: 10.1002/fsn3.740.
5. Hu X.M., Wang Y.M., Zhao Y.Q. et al. Antioxidant peptides from the protein hydrolysate of monkfish (*Lophius litulon*) muscle: Purification, identification, and cytoprotective function on hepG2 cells damage by H₂O₂ // Mar. Drugs. 2020. Vol. 18. P. 153. doi: 10.3390/md18030153.
6. Davis D.W., Tallent R., Navalta J.W. et al. Effects of acute cocoa supplementation on postprandial apolipoproteins, lipoprotein subclasses, and inflammatory biomarkers in adults with type 2 diabetes after a high-fat meal // Nutrients. 2020. Vol. 12. P. 1902. doi: 10.3390/nu12071902.
7. Cullen A.E., Centner A.M., Deitado R. et al. The impact of dietary supplementation of whole foods and polyphenols on atherosclerosis // Nutrients. 2020. Vol. 12. P. 2069. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12072069>.
8. Zheng Y., Wang X., Zhuang Y. et al. Isolation of novel ACE-inhibitory and antioxidant peptides from quinoa bran albumin assisted with an *in silico* approach: Characterization, *in vivo* antihypertension, and molecular docking // Molecules. 2019. Vol. 24. P. 4562. doi: 10.3390/molecules24244562.
9. Gong P.X., Wang B.K., Wu Y.C. et al. Release of antidiabetic peptides from *Stichopus japonicus* by simulated gastrointestinal digestion // Food Chem. 2020. Vol. 315. P. 126273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126273>.
10. Awad A.S. M., Haleem E.N., El-Bakly W.M., Sherief M.A. Thymoquinone alleviates nonalcoholic fatty liver disease in rats via suppression of oxidative stress, inflammation, apoptosis // Naunyn Schmiedebergs Arch. Pharmacol. 2016. Vol. 389. P. 381–391. <https://doi.org/10.1007/s00210-015-1207-1>.
11. Zhao W.J., Bian Y.P., Wang Q.H. et al. Blueberry-derived exosomes-like nanoparticles ameliorate nonalcoholic fatty liver disease by attenuating mitochondrial oxidative stress // Acta Pharmacol. 2021. Sin. Vol. 43. P. 645–658. <https://doi.org/10.1038/s41401-021-00681-w>.



12. Zhang Z., Zong C., Jiang M.H. et al. Hepatic HuR modulates lipid homeostasis in response to high-fat diet // *Nature Communications*. 2020. Vol. 11. P. 3067. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16918-x>.

13. Xu D.X., Guo X.X., Zeng Z. et al. Puerarin improves hepatic glucose and lipid homeostasis in vitro and in vivo by regulating the AMPK pathway // *Food Funct*. 2021. Vol. 12. P. 2726–2740. <https://doi.org/10.1039/D0FO02761H>.

14. Manikkam V., Vasiljevic T., Donkor O.N., Mathai M.L. A review of potential marine-derived hypotensive and anti-obesity peptides // *Crit. Rev Food Sci. Nutr*. 2016. Vol. 56. P. 92–112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.753866>.

15. Willebrords J., Pereira I.V. A., Maes M. et al. Strategies, models and biomarkers in experimental non-alcoholic fatty liver disease research // *Prog. Lipid Res*. 2015. Vol. 59. P. 106–125. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2015.05.002>.

80

Об авторах

Сергей Леонидович Тихонов — д-р техн. наук, проф., Уральский государственный аграрный университет, Россия; Уральский государственный лесотехнический университет, Россия.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4863-9834

SPIN-код: 4649-8616

Наталья Валерьевна Тихонова — д-р техн. наук, проф., Уральский государственный аграрный университет, Россия.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0001-5841-1791

SPIN-код: 1303-8180

S. L. Tikhonov^{1,2}, N. V. Tikhonova¹

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS, ANTIOXIDANT PROPERTIES AND THE EFFECT OF THE NEWLY SYNTHESIZED PEPTIDE ON LIPID DEPOSITION IN CELLS

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Received 02 September 2024

Accepted 21 October 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2025-1-5

To cite this article: Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., 2025, Physicochemical characteristics, antioxidant properties and the effect of the newly synthesized peptide on lipid deposition in cells, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №1. P. 71–81. doi: 10.5922/vestniknat-2025-1-5.

A novel peptide, CG-16, with the sequence CHAECGAACKFCLEG, was designed and synthesized. Studies were conducted to assess its physicochemical properties, antioxidant activity, and effects on lipid deposition in cells in an in vitro experiment. It was established that



the CG-16 peptide does not contain antigenic determinants. A search across the PeptideAtlas, UniProt, and the National Center for Biotechnology Information (NCBI) databases confirmed the uniqueness of the synthesized peptide. The prediction of key physicochemical properties of CG-16, including molecular weight, the number of hydrogen bond acceptors and donors, the number of rings, the number of atoms in the largest ring, overall charge, rigidity, flexibility, topological polar surface area, predicted solubility, and the number of acidic sites, suggests that this peptide could be effectively used as a biologically active compound. Furthermore, CG-16 demonstrated antioxidant activity and the ability to reduce lipid accumulation in cells.

Keywords: peptides, physico-chemical characteristics, antigenicity, antioxidant properties, cellular lipids

The authors

Prof. Sergey L. Tikhonov, Ural State Agrarian University, Russia; Ural State Forest Engineering University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4863-9834

SPIN-код: 4649-8616

Prof. Natalya V. Tikhonova, Ural State Agrarian University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0001-5841-1791

SPIN-код: 1303-8180