

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-355-362>

Поступила 18.04.2024

Поступила после рецензирования 19.07.2024

Принята в печать 24.07.2024

© Ушкалова А. А., Чжан Т., Баочэнь Л., 2024



<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ушкалова А. А.*, Чжан Т., Баочэнь Л.

Институт пищевых наук и инженерии, Цзилиньский университет, Чанчунь, Цзилинь, Китай

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

дигидрокверцетин,
таксифолин,
биофлавоноид,
антиоксидант,
пищевая
промышленность,
молочные продукты

Данный обзор представляет собой подробный анализ результатов экспериментальных исследований, проведенных учеными из разных стран, по практическому применению дигидрокверцетина в пищевых продуктах. Основное внимание уделяется антиоксидантным и функциональным свойствам биофлавоноида в составе молока и молочной продукции. На современном этапе дигидрокверцетин признан наиболее сильным природным антиоксидантом, использование которого продлевает срок хранения продуктов и оказывает благоприятное воздействие на организм человека. Несмотря на то, что с момента обнаружения дигидрокверцетина российскими учеными прошло достаточно времени, на сегодняшний день значительная часть исследований биофлавоноида сосредоточена в фармацевтической сфере, в то время как в пищевой отрасли его применение находится на начальной стадии развития. В статье систематизированы работы российских, китайских, японских, европейских, американских и других зарубежных авторов, что позволило достаточно полно описать тенденции использования дигидрокверцетина в мировой промышленности. Остановившись более подробно на влиянии антиоксиданта на свойства молочных продуктов, ученые обнаружили, что он повышает устойчивость кислотности и pH, сдерживает развитие патогенной микрофлоры, благоприятно влияет на вкус и аромат. Выявлены перспективные направления его использования, а также определены направления дальнейших исследований применения этого антиоксиданта в молочной отрасли. Сделан вывод о том, что добавление дигидрокверцетина в рецептуру позволит получить новые функциональные (парафармацевтические) продукты питания с антиоксидантной устойчивостью для профилактики социально значимых болезней и с целью улучшения состояния здоровья населения.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья выполнена при поддержке плана научно-технического развития провинции Цзилинь (№ 20210401127YY; № 20230202046NC).

Received 18.04.2024

Accepted in revised 19.07.2024

Accepted for publication 24.07.2024

© Ushkalova A. A., Zhang T., Baochen L., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DIHYDROQUERCETIN APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY

Anastasiia A. Ushkalova*, Tiehua Zhang, Ligen Baochen

College of Food Science and Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin, China

KEY WORDS:

dihydroquercetin,
taxifolin, bioflavonoid,
antioxidant, food
industry, dairy
products

ABSTRACT

This review is a detailed analysis of the results of the experimental studies carried out by scientists from different countries and devoted to the practical application of dihydroquercetin in food products. The main attention is paid to the antioxidant and functional properties of the bioflavonoid in the composition of milk and dairy products. Currently, dihydroquercetin is considered the most powerful natural antioxidant, which use prolongs the shelf-life of products and has a beneficial effect on the human body. Although much time has passed since dihydroquercetin discovery by Russian scientists, today a significant part of research of the bioflavonoid is focused on the pharmaceutical sphere, while its use in the food industry is at the initial stage of the development. In the article, studies carried out by Russian, Chinese, Japanese, European, American and other foreign authors are systemized, which allowed describing quite thoroughly trends in the use of dihydroquercetin in the global industry. Having focused on the influence of the antioxidant on the characteristics of dairy products, scientists found that it increases the stability of acidity and pH, inhibits the development of the pathogenic microflora, favorably affects taste and aroma. Prospect directions for its use have been revealed, and directions for further research of the use of this antioxidant in the dairy industry have been identified. It is concluded that the addition of dihydroquercetin into a recipe will allow obtaining new functional (parapharmaceutical) food products with the antioxidant stability to prevent socially significant diseases and improve the health of the population.

FUNDING: This work was supported by the Jilin Province Science and Technology Development Plan (No. 20210401127YY; No. 20230202046NC).

1. Введение

В настоящее время проблема продления срока хранения продуктов питания продолжает оставаться актуальной. Учитывая, что антиокислители синтетической природы (пропилгаллат, гидроксианизол и другие) оказывают негативное влияние на здоровье человека, проводится поиск новых природных антиоксидантов. Одновременно к ним предъявляется ряд повышенных требований, в том числе

отсутствие мутагенности, низкая степень или отсутствие их влияния на цвет, вкус и консистенцию продукта, устойчивость к термической или механической обработке, безвредность, наличие биологической активности [1]. Способность снижать содержание кислорода и натуральность дигидрокверцетина, в сравнении с другими природными антиоксидантами, свидетельствуют о его высокой антиоксидантной активности, о ценных биологических свойствах, а также о приемле-

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ушкалова, А. А., Чжан, Т., Баочэнь, Л. (2024) Состояние и перспективы применения дигидрокверцетина в пищевой промышленности. *Пищевые системы*, 7(3), 355–362. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-355-362>

FOR CITATION: Ushkalova, A. A., Zhang, T., Baochen, L. (2024). Current state and prospects of dihydroquercetin application in food industry. *Food Systems*, 7(3), 355–362. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-355-362>

мой для пищевой промышленности устойчивости к процессам технологической обработки.

Дигидрокверцетин (далее ДГК) — флавоноидное соединение, получаемое преимущественно из древесины лиственницы и обладающее антиоксидантными свойствами. По молекулярному строению и функциям ДГК ($C_{15}H_{12}O_7$) близок рутину и кверцетину, однако его фармакобиологическая активность выше. Дигидрокверцетин является мощнейшим антиоксидантом с отсутствием мутагенных эффектов, эмбриотоксичности, тератогенности, аллергенности и изменчивости, что делает его абсолютно пригодным для использования в пищевой промышленности, в производстве растительных масел, животных жиров, сухого молока, жиросодержащих кондитерских изделий и других продуктов.

На протяжении более 20 лет ДГК разрешен для применения в качестве пищевой добавки в России (с 2001 г. он введен в Перечень разрешенных добавок в пищевой промышленности) [2] и во многих европейских странах, где более известен как таксифолин (с 2017 г. Евросоюз добавил этот антиоксидант в перечень разрешенных) [3]. Несмотря на известность антиоксидантных свойств данного вещества в фармацевтической промышленности, изучение применения ДГК в Китае началось лишь в последние несколько лет (ДГК введен в Перечень разрешенных пищевых добавок лишь в 2021 г.). В целом, ученые из разных стран указывают на широкие перспективы ДГК в пищевой промышленности. В связи с этим была поставлена проблема: несмотря на признанные антиоксидантные и функциональные свойства дигидрокверцетина и на наличие отдельных результатов эмпирических исследований применения в пищевых продуктах, отсутствие системного обзора привело к невозможности теоретического осмысления текущего состояния и перспектив использования дигидрокверцетина в пищевой промышленности.

Для решения проблемы ставится цель изучить текущее состояние и выявить перспективы ДГК в пищевой промышленности, особенно для улучшения свойств молочных продуктов. В связи с этим был проведен анализ научных работ, посвященных использованию ДГК в пищевой промышленности, выявлено влияние ДГК на формирование различных свойств молочных продуктов, а также определены перспективы применения и дальнейшие направления изучения ДГК в качестве антиоксиданта в пищевом производстве.

2. Объекты и методы

Объектом проведенного исследования выступают научные статьи российских, китайских и иных зарубежных авторов, посвященные изучению дигидрокверцетина и его свойств применительно к пищевой промышленности. В том числе были рассмотрены результаты экспериментов, направленных на выявление влияния ДГК как антиоксиданта на срок хранения продуктов и на их функциональные свойства.

Поиск работ проводился в российских и международных базах данных, в том числе в Elibrary, Google Scholar, Web of Science, PubMed, Scopus, CNKI. Были использованы научные работы в полнотекстовых версиях на нескольких языках, включая английский, русский, китайский.

Поиск литературы проводился на сайтах баз данных с использованием запросов «дигидрокверцетин», «таксифолин» и их английских и китайских семантических аналогов. В дальнейшем отбирались исследования в сферах пищевых технологий и химии пищи, а также в смежных научных областях. Хронологические рамки поиска изначально были ограничены периодом с 2019 по 2023 гг., однако в дальнейшем ввиду малого количества работ были расширены до более широкого периода с 1996 г. (выбор нижней границы обусловлен наличием в 1996–1997 гг. нескольких фундаментальных работ российских ученых по теме применения ДГК в составе пищевых продуктов). Для дальнейшего их анализа использовались инструменты ПО Endnote (версия 20, производитель Clarivate), что позволило систематизировать более 700 научных работ по критерию вида продукта, в котором применяется ДГК. Отдельно были изучены труды российских, китайских, европейских и японских исследователей, посвященные экспериментальному анализу функциональных свойств ДГК, что позволило достаточно полно описать возможности использования ДГК в парафармацевтических пищевых продуктах.

3. Дигидрокверцетин и его свойства

Дигидрокверцетин (таксифолин) — биофлавоноид, который с точки зрения структуры относится к классу полифенолов, имея в своем составе пять активных гидроксильных групп. ДГК содержится в комлевой части древесины лиственницы даурской, где концентрируется в пятисантиметровой зоне под корой. Также ДГК был об-

наружен в коре ели Дугласа, в репчатом красном луке, в цитрусовых, в томатах и в некоторых других растениях. Однако его содержание в них значительно меньше, чем в лиственнице. Дигидрокверцетин — это порошок с горьким привкусом, цвет от белого до бело-кремового, почти нерастворим в водных растворах, имеет температуру плавления 240 °C [4].

ДГК — эталонный антиоксидант, проявляющий свою антирадикальную активность при концентрации 0,0001–0,00001%, при этом не имеющий мутагенной активности для человека. По мнению Нобелевского лауреата Л. Полинга, введение дигидрокверцетина в пищевые продукты в пределах минимальных концентраций продлит жизнь человека на 20–25 лет [5]. ДГК обладает Р-витаминной активностью, в связи с чем в организме человека катализирует многие биохимические процессы [6]. Он способен непосредственно поглощать свободные радикалы кислорода, что связано с количеством гидроксильных групп в структуре молекулы ДГК [7].

4. Применение дигидрокверцетина в пищевой промышленности

4.1. Применение дигидрокверцетина при производстве рыбы, мяса и мясных продуктов

К настоящему времени исследователями изучены возможности применения ДГК в мясной и мясоперерабатывающей промышленности при производстве разных видов мяса и рыбы, мясного фарша, мясных консервов и колбасных изделий. Взаимодействуя с животным жиром, ДГК ингибирует окисление липидов, приводя к увеличению срока годности продукта. Сравнительное эмпирическое исследование натуральных антиоксидантов показало, что ДГК наиболее эффективно предотвращает окисление жира-сырца при хранении. В образцах с ДГК в течение 12 суток наблюдалось минимальное накопление перекисей и сокращение образования продуктов вторичного окисления [8]. Обработка продукта ДГК (концентрация 1 г/л) имеет антиоксидантный эффект и позволяет увеличить сроки хранения говядины [9] и мяса птицы [10], улучшая вкусовые свойства последнего [11]. В настоящее время рассматривается возможность применения ДГК как добавки для корма свиней, что позволяет получать обогащенное ДГК мясо с лучшими функциональными и потребительскими свойствами, которое в последующем может быть использовано для получения функциональных свиных сосисок и колбас [12].

ДГК, добавленный в мясной фарш вместе с салом, продлевает срок его хранения. Для этого антиоксидант необходимо предварительно растворить в сале [13]. Ингибируя окисление липидной фракции, ДГК снижает перекисное число фарша на 58,60% [14]. В настоящее время изучена возможность применения ДГК в производстве нового функционального конского фарша с добавлением L-аскорбиновой кислоты (оптимальная концентрация ДГК 0,035%, оптимальная концентрация L-аскорбиновой кислоты 0,02%) [15].

Кроме этого, при взаимодействии с другими антиоксидантами ДГК может проявлять более высокую антиоксидантную активность. Так, смеси растворов ДГК с молочной кислотой показали синергетический антибактериальный эффект в говяжьем фарше и получили наивысшую оценку вкуса и общей приемлемости, что делает их пригодными для использования в пищевой промышленности в качестве естественного барьера для контроля роста патогенных генов и естественной микрофлоры порчи [16].

ДГК ингибирует биохимические процессы, происходящие при хранении колбасных изделий. Внесение ДГК в колбасную смесь позволяет ингибировать увеличение тирамина, который образуется в процессе брожения, при поступлении в организм вызывая мигрень и повышая уровень артериального давления [17]. ДГК успешно стабилизирует окислительные процессы в свиных колбасах холодного копчения [18], в функциональных вареных колбасах [19], не оказывает влияния на вкусовые качества колбасных изделий, на стабильность цвета и на приблизительный состав [20].

Мясные и колбасные изделия являются благоприятной средой для развития микробиологических процессов и обсеменения опасными для организма человека бактериями. С этой точки зрения, ДГК может быть использован для снижения рисков распространения опасных бактерий. Эмпирически доказано, что добавление ДГК к колбасам с молотыми специями позволяет существенно снизить риски развития опасных микроорганизмов [21].

ДГК может использоваться для продления сроков хранения рыбы и рыбных консервов. Обнаружено, что ДГК проявляет высокую ингибирующую активность по отношению к липоксигеназе, сохраняя свежесть и цвет лосося (обработка 1 г 5%-ным водным раствором этанола в 1 мкг/л) [22]. Обработка раствором ДГК (1,0 г/л(–1))

примерно в 2 раза снижает содержание свободных жирных кислот в охлажденном хранящемся лососе, что позволяет сохранить его свежесть до 11 дней хранения (при температуре хранения 1 °C) [23]. ДГК может использоваться для продления сроков хранения рыбных консервов, поскольку в сравнении с другими антиоксидантами, например, аскорбиновой кислотой и ресвератролом, он позволяет повысить устойчивость кислотного числа рыбных консервов в процессе хранения, снижая интенсивность гидролитических процессов [24].

ДГК может быть использован при разработке комбинированных мясных продуктов как антиоксидант и биологически активный компонент пищи. В настоящее время разработана технология производства мясного паштета с профилактической направленностью, состоящего из 60% конины и 40% куриной печени, с заменой 10% мясного сырья тыквой и с добавлением 25 мг ДГК на 100 г паштета. Такой паштет обогащен биофлавоноидами, Р-каротином и пищевыми волокнами [25].

4.2. Применение дигидрокверцетина при производстве хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий

В настоящее время рассматривается возможность использования ДГК в производстве хлеба и мучных кондитерских изделий, устойчивых к процессам окисления и к развитию плесени.

Добавление ДГК к тесту при производстве хлеба вызывает незначительное замедление ферментативных процессов, а поэтому ДГК может использоваться с целью повышения антиоксидантных свойств хлеба [26]. Однако при производстве хлебобулочных изделий возможны потери ДГК (24–40%), преодолеть которые и повысить стабильность ДГК возможно за счет инкапсуляции в β -циклодекстрин и наноэмульсии [27]. При этом взаимодействие ДГК с другими компонентами хлеба (например, с солодовой закваской) ведет к повышению устойчивости антиоксиданта [27].

Пирожные с ДГК имеют пролонгированный срок хранения, что связано со снижением скорости окисления в 1,6 раза и гидролиза жиров в 1,2 раза [28]. Обнаружено, что оптимальная доза внесения ДГК в мучное кондитерское изделие составляет 0,3% от массы жира [29].

При добавлении ДГК в мучной полуфабрикат торта «Медовик» (0,050% и 0,075% от массы сырья) происходит существенное торможение окисления (на 30-й день перекисное число на 17,6% ниже, чем в образце без ДГК). Более того, ДГК также позволяет сохранить ценные свойства экстракта из ягод черноплодной рябины, используемого для обогащения данного торта [30].

4.3. Применение дигидрокверцетина в производстве напитков

В настоящее время учеными рассматривается возможность использования ДГК в производстве алкогольных и безалкогольных напитков. При этом с учетом хорошей растворимости ДГК в водно-спиртовых растворах наиболее широко изучены возможности его использования при производстве алкогольных напитков.

При производстве ликеро-водочных изделий — настоек, в том числе на женьшене, калине и клюкве, ДГК вносится в мезгу с водно-спиртовой жидкостью, позволяя увеличивать показатели антиоксидантной активности и общего содержания фенольных соединений, улучшать органолептические показатели конечного продукта, придавая мягкость вкусу [31]. Более того, добавление ДГК позволяет получать алкогольные напитки с гепатопротекторными свойствами [32].

При внесении ДГК в напиток брожения с виноградным растительным компонентом может быть получен функциональный продукт, используемый для профилактического питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями [33]. В течение 130 суток в квасе с ДГК не происходит изменений в содержании сухих веществ, титруемой кислоты и вкуса, лишь после 140 суток проявляется посторонний не свойственный привкус [34].

Изучено взаимодействие ДГК с другими компонентами обогащенных напитков. В безалкогольных напитках ДГК позволяет повысить устойчивость к хранению витамина С [35]. Обнаружено, что взаимодействие ДГК с аскорбиновой кислотой положительно влияет на длительность срока годности напитка [36]. Наличие ДГК в напитке ведет к повышению устойчивости аминокислот и общих фенольных соединений [37].

4.4. Применение дигидрокверцетина в производстве молочных продуктов

Молочные продукты представляют собой водно-жировую эмульсию (молоко, сливки, йогурт и другие жидкие продукты), а также эмульсию типа масла в воде (сыр высокой жирности, сливочное масло), в которой жировой компонент имеет животное происхождение. Учитывая благоприятное влияние ДГК на липиды животных жиров,

перспективы использования антиоксиданта в молочной промышленности не вызывают сомнений. При добавлении ДГК в молочные продукты в количестве 0,02% от массы жира скорость процесса окисления и соответствующее накопление токсичных веществ в организме человека снижаются. Таким образом, повышается стабильность молочных продуктов при хранении, что позволяет продлить срок годности молока (сухого молока, питьевого молока, сырого молока), сливок, сыра, йогурта, плавленого сыра, мороженого и сметаны в 2–4 раза [38].

Применение ДГК позволяет продлить срок хранения сливочного масла и сыра, ингибируя окислительные процессы в жировом компоненте продукта. Эмпирические исследования показали, что количество добавляемого ДГК (50, 100, 150 и 200 мг/100 г) к сливочному маслу положительно влияет на срок хранения, увеличивая его в 1,5–3 раза [39]. В сравнении с другими природными биофлавоноидами, ДГК демонстрирует наиболее сильную антиоксидантную способность [40].

Учитывая, что среди молочных продуктов сыры характеризуются высоким содержанием жира, применение ДГК для продления сроков их хранения обладает определенными перспективами. Было экспериментально установлено, что ДГК обладает более эффективной антиоксидантной активностью, увеличивая срок хранения сыра с 30–60 до 60–120 дней [41]. ДГК может ингибировать процесс окисления жира плавленого сыра и обладает устойчивостью к температуре, растворимостью, отсутствием цвета [42]. Добавление ДГК к ингредиентам плавленого сыра способствовало снижению массовой доли и числа окисляющих веществ в 2,8 раза [43].

При производстве сыра с добавлением ДГК важно учитывать технологические особенности и момент внесения вещества в сырную смесь. В процессе производства свежего сыра использование метода разделения для добавления ДГК к ингредиентам топленого масла может продлить срок хранения свежего сыра с 5 до 10 дней, независимо от массовой доли жира (5 или 18%). В то же время ДГК не вызывает увеличения количества молочнокислых микроорганизмов в свежем сыре, но подавляет повышение титруемой кислотности [44].

Добавление ДГК в сухое молоко может продлить срок хранения до 24 месяцев [45]. Кроме этого, ДГК может быть использован в производстве молочных консервов, оказывая ингибирующее действие на процесс свободнорадикального окисления липидов [46].

ДГК ведет к продлению срока хранения йогурта до 60 дней [45]. При производстве сметаны 10% или 20% жирности ДГК увеличивает срок ее хранения в 1,9–2,3 раза [44]. После ферментации ДГК не влияет на количество молочнокислых микроорганизмов, но может продлить срок хранения сметаны с 14 до 26 дней [44], сохраняя ее органолептические показатели [38]. При этом изменение вносимой в продукт дозы ДГК не оказывает существенного влияния на увеличение его стойкости к процессам, происходящим при хранении [47].

ДГК может использоваться для продления срока годности напитков на основе молочной сыворотки. Внесение ДГК не оказывает влияния на органолептические и структурные свойства конечного продукта, на консистенцию и на цвет [48].

В настоящее время количество ДГК, которое может быть внесено в молочные продукты, нормативно установлено. Однако ученые все же рассматривают возможность его увеличения, преследуя цель повышения биологической ценности продукта и еще большего увеличения срока его хранения. Добавление ДГК в молочные продукты в количестве 0,02% от массы жира эффективно ингибирует перекисное окисление липидов [49]. В то же время наращивать его объем до объема, превышающего установленную норму, неэффективно и экономически нецелесообразно. Экспериментально подтверждено, что изменение массовой доли ДГК с 200 мг/кг жира до 400 мг/кг жира не привело к существенной разнице в сроках хранения молочных продуктов [50].

4.5. Применение дигидрокверцетина в производстве иных продуктов питания

ДГК также может быть использован для улучшения потребительских свойств овощей и орехов. Так, при обработке ДГК капустного овоща пак-чой происходит снижение скорости деградации хлорофилла и окисления липидов, что в целом ведет к улучшению питательных веществ [51]. Поверхностная обработка ядер грецкого ореха раствором ДГК ведет к торможению окисления, увеличивая сроки хранения в 1,5 раза [52]. Это указывает на то, что ДГК вполне способен ингибировать окисление в жире как животного происхождения, так и растительного, однако в отношении первого ДГК демонстрирует более высокую антиоксидантную активность [53].

В результате была составлена таблица о возможностях применения дигидрокверцетина в пищевой промышленности (Таблица 1).

Таблица 1. Использование дигидрокверцетина в пищевой промышленности
Table 1. Application of dihydroquercetin in the food industry

Наименование продукта	Количество вносимого дигидрокверцетина	Влияние на свойства конечного продукта	Ссылка
Говядина, мясо птицы	1 г/л (обработка поверхности)	Увеличение сроков хранения, улучшение вкусовых свойств	[8–10]
Жир-сырец	200 мг / кг	Сокращение образования продуктов вторичного окисления	[7]
Мясной фарш	массовая доля 0,001%	Препятствует росту патогенной микрофлоры, в сочетании с другими антиоксидантами демонстрирует более высокий антиоксидантный эффект	[12–15]
Колбасные изделия	250 мг/кг	Ингибирует биохимические процессы, продлевает срок хранения, стабилизируя окислительные процессы, снижает риски развития опасных бактерий	[16–20]
Свежая рыба	1 г/л (обработка поверхности)	Снижение содержания жирных кислот, продление срока хранения	[22]
Рыбные консервы	н/а	Повышение устойчивости кислотного числа, снижение интенсивности гидролитических процессов	[23]
Хлеб	н/а	Повышение антиоксидантных свойств	[25]
Пирожные	0,3% от массы жира	Снижение скорости окисления и гидролиза жиров	[27–28]
Торт	0,025%	Снижение перекисного числа	[29]
Ликеро-водочные изделия	0,01%–0,02%	Повышение антиоксидантной активности, придание мягкого вкуса	[30–31]
Напиток брожения	2,0 мг/дм ³	Устойчивость кислотности и вкуса при хранении	[32–33]
Безалкогольные напитки	1,0 мг/дм ³	Повышение устойчивости аминокислот и общих фенольных соединений, увеличение срока годности напитка	[34–36]
Сливочное масло	50, 100, 150 и 200 мг/100 г	Увеличение срока хранения	[38–39]
Сыр	0,02% от массы жира	Снижение перекисного и кислотного числа, повышение антиоксидантной активности	[40–43]
Сухое молоко	0,005%	Продление срока хранения	[44]
Молочные консервы	н/а	Ингибирует процесс свободно-радикального окисления липидов	[45]
Йогурт	0,025%	Продление срока хранения	[39], [44]
Сметана	0,02%	Повышает устойчивость органолептических показателей, увеличивает срок годности	[37], [43], [46]
Напитки на основе сыворотки	0,02%	Продление срока годности	[47]
Овощи (пак-чой)	н/а	Задерживает деградацию хлорофилла, приводит к снижению окисления липидов мембран	[50]
Грецкий орех	1 г/л (обработка поверхности)	Снижение скорости окислительных процессов	[51]

5. Особенности использования дигидрокверцетина в производстве молока и молочных продуктов

Одно из первых исследований, посвященных влиянию ДГК на некоторые молочные продукты, было проведено еще в 1962 г. на базе Университета штата Орегон (США). В нем отмечено, что хорошая растворимость ДГК в теплой воде (5 мг%) делает его особенно пригодным для включения в жидкое молоко и молочные продукты, позволяя снизить самоокисление и повысить их устойчивость к хранению. В настоящее время обнаружено, что внесение ДГК в молоко и молочные продукты оказывает влияние на химические, микробиологические и органолептические свойства.

5.1. Влияние дигидрокверцетина на физико-химические свойства молочных продуктов

В настоящее время доказано, что ДГК не оказывает существенно-го влияния на физические свойства молочных продуктов, поскольку добавляемая к молочным продуктам доза ДГК крайне мала. В связи с этим конечный продукт с добавлением ДГК не существенно отличается от продукта по показателям плотности. В то же время отмечено, что низкое содержание полисахаридов (4,1%–4,3%) в ДГК обусловило отсутствие у него структурообразующих свойств [40].

С точки зрения влияния ДГК на химические свойства, стоит отметить, что добавление антиоксиданта оказывает ингибирующее влияние на происходящие в молочных продуктах окислительные процессы. Учитывая, что в процессе окисления происходит кислотообразование, сопровождаемое повышением pH и общей кислотности, добавление ДГК ведет к сдерживанию колебаний этих показателей в пределах срока годности продукта [54].

Внесение ДГК оказывает влияние на жирнокислотный состав молочного продукта. При этом растворимость ДГК может зависеть от состава и от содержания жирных кислот. Сравнение жирнокислотного состава молочных продуктов с добавлением ДГК позволило обнаружить, что в начале и в конце срока годности наблюдается незначительное его изменение [40]. Также доказано, что эффективность антиоксидантной способности ДГК в значительной степени зависит от состава и от содержания жирных кислот продукта [55]. Следовательно, эффективность растворения и антиоксидантные

свойства ДГК в молочных продуктах зависят от особенностей жировой фазы в них.

5.2. Влияние дигидрокверцетина на микробиологические свойства молочных продуктов

Молочные продукты — благоприятная среда для развития микроорганизмов, полезных для человека (например, молочнокислые микроорганизмы с пробиотическими функциями) или опасных (*B. cereus*, *S. Aureus* и *L. monocytogenes* и другие). Добавление ДГК в молочные продукты ведет к улучшению процессов развития полезных бактерий и к одновременному противодействию развития опасных микроорганизмов.

Эмпирически установлена связь между добавлением ДГК в молочные продукты и активностью молочнокислых бактерий. Влияние ДГК на активность молочных продуктов с *B. bulgaricus*, *S. thermophilus* и смесью бактерий выражается в снижении скорости кислотообразования и в повышении стабильности числа живых микроорганизмов [56]. Добавление ДГК в процессе ферментации может увеличить количество молочнокислых микроорганизмов со 10⁸ до 10⁹ и обеспечить продление срока годности (с 14 до 32 дней) без изменения органолептических показателей [44]. В отношении других продуктов, таких как сыр, в которых используются иные закваски, ДГК не оказывает негативного влияния на динамику развития микроорганизмов [41]. Экспериментально доказано, что добавление ДГК значительно подавляет пролиферацию микробов в молоке, снижая тем самым общее количество колоний в молоке и сокращая потребление лактозы, в результате чего в нем наблюдается более низкая кислотность и высокое содержание лактозы [57].

ДГК оказывает благоприятное влияние на микроорганизмы кисломолочных продуктов и подавляет развитие опасной микрофлоры. Взаимодействуя с молочной кислотой, ДГК демонстрирует наилучший антибактериальный эффект в отношении кишечной палочки [58]. При этом ДГК обладает антибактериальной активностью в отношении как грамположительных (*B. cereus*, *S. Aureus* и *L. monocytogenes*), так и грамотрицательных (*E. coli* O157: H7 и *Y. enterocolitica*) бактерий, проникая через их эффективный клеточный барьер [59]. Путем повреждения стенки и целостности мембраны ДГК предотвращает

развитие *E. coli* и *S. Aureus* [57,60]. Средняя гибель клеток патогенной микрофлоры составляет от 11,8% (*E. coli*) до 91% (*S. Aureus*) [61]. ДГК проявляет высокую антимикробную активность при минимальных ингибирующих концентрациях 625 мкг/мл (*P. acnes*), 2500 мкг/мл (*S. aureus*), при этом обнаружено, что ацетилированные формы ДГК имеют более мощную антиоксидантную активность [62].

5.3. Влияние дигидрокверцетина на органолептические свойства молочных продуктов

Количество добавляемого в молочный продукт ДГК должно быть оптимальным, чтобы избежать рисков изменения органолептических показателей. Добавление ДГК в количестве 0,02% к массовой доле жира позволяет получить продукты с наиболее близкими сенсорными свойствами, сохраняя антиоксидантные свойства ДГК и увеличивая срок годности молочного продукта в 2–2,5 раза [42]. В то же время некоторые исследования показывают, что добавление ДГК приводит к улучшению органолептических свойств продуктов. Так, молочные продукты, содержащие ДГК, обладают выраженным сливочным вкусом, без горечи, постороннего запаха, изменения цвета [54].

Достаточно спорным остается вопрос о влиянии ДГК на консистенцию молочного продукта. Проведенное исследование органолептических свойств молочных продуктов с добавлением ДГК позволило обнаружить наличие порошкообразной консистенции [54]. Вполне вероятно, что ощущение отсутствия однородности консистенции обусловлено плохой растворимостью используемого порошка ДГК.

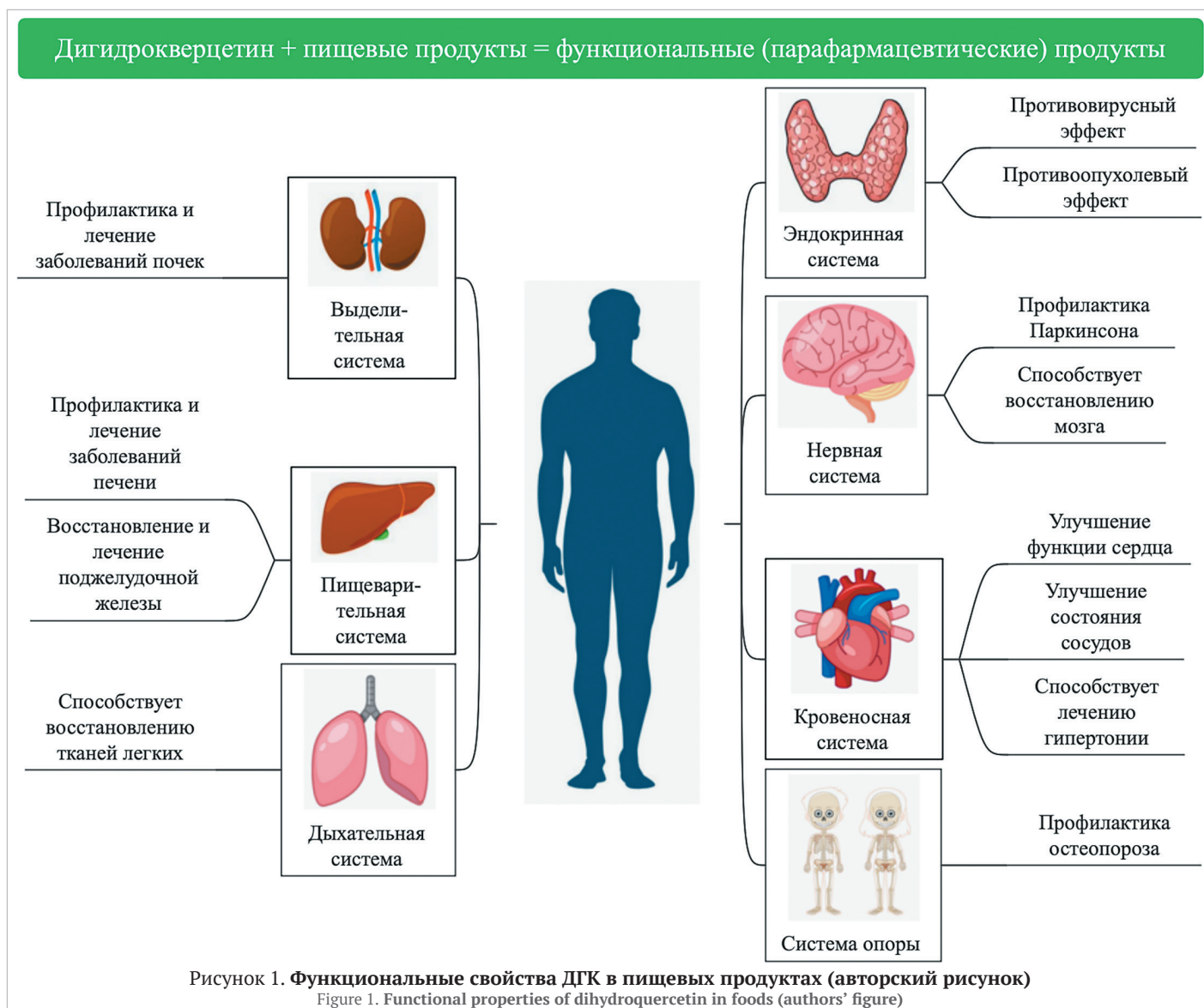
Органические свойства молочных продуктов с добавлением ДГК лишь являются внешним выражением физико-химических и микробиологических процессов, происходящих в продукте. Учитывая высокую активность ДГК в отношении химических и микробиологических

свойств продукта, следует полагать, что сдерживание кислотообразования способно благоприятно влиять на вкус продуктов, в которых кислый вкус выступает показателем порчи продукта. Однако для кисломолочных продуктов, где образование молочной кислоты играет важную роль в формировании органолептических свойств продукта, способность сдерживания процесса кислотообразования ДГК будет препятствовать формированию нужного вкуса продукта.

6. Перспективы применения дигидрокверцетина в производстве молочных продуктов питания

Учитывая антиоксидантные, антимикробные, антиплесневые, а также биологические свойства ДГК, можно полагать, что его использование открывает новые перспективы для пищевой промышленности.

Прежде всего, внесение ДГК в продукты позволит продлить срок их хранения и улучшить функциональные свойства. В настоящее время известно, что ДГК оказывает широкий спектр действия на человеческий организм, фактически способствуя профилактике и лечению от многих заболеваний (Рисунок 1). ДГК оказывает положительное влияние на нервную систему человека. Лабораторные исследования показали, что дигидрокверцетин ведет к улучшению симптомов паркинсонизма у крыс и обладает определенным нейротерапевтическим потенциалом [63]. Он также может вызывать обезболивающий эффект [64]. ДГК оказывает благоприятное влияние на кардиосистему и сосуды [65], улучшает работу сердца [66]. ДГК способствует лечению артериальной гипертензии, а также обладает противовирусными свойствами [67], может использоваться при лечении повреждений легких, вызванных сепсисом [68]. ДГК также может применяться при лечении заболеваний почек [69]. Применение ДГК ослабляло многочисленные маркеры окислительного стресса,



воспаления и апоптоза в печени мышей, которым вводили гепатотоксичный циклофосфамид, поэтому ДГК в перспективе может быть использован для профилактики заболеваний печени [70]. Также он восстанавливает функцию поджелудочной железы и может применяться для лечения панкреатита [71]. Было обнаружено положительное влияние ДГК на кости, что делает возможным его использование в лечении и профилактике остеопороза [72]. ДГК также обладает противоопухолевым эффектом, что делает его перспективным компонентом диеты в борьбе против рака [59]. В результате клинических исследований, проведенных японскими учеными, было обнаружено, что потребление ДГК положительно влияет на мозговую активность здоровых молодых людей, снижает их усталость [73]. Все перечисленное выше определяет перспективы использования ДГК в производстве парфюмерно-косметических продуктов питания.

В то же время остаются нерешенными технологические вопросы применения ДГК, а также возможное его взаимодействие с другими компонентами пищи с образованием новых веществ.

Термическая обработка продуктов способна оказывать влияние на биологические свойства ДГК. Кроме этого, важно учитывать, что при высокой температурной обработке снижается антиоксидантная функция ДГК [29]. Поэтому дальнейшие исследования должны быть посвящены изучению технологических особенностей внесения ДГК в молочные продукты.

Недостаточно изучен вопрос о взаимодействии ДГК с другими компонентами пищевых систем. Известно, что ДГК может быть объединен с лецитином или циклодекстрином с лучшими физическими и химическими свойствами, что позволило бы повысить эффективность применения в пищевой промышленности [74].

ДГК также рассматривается как кормовая добавка для животных, внесение которой позволит получить мясо, предварительно обогащенное ДГК [12]. Учитывая данный аспект, для исследователей молочной промышленности рекомендовано более подробно изучить вопрос о добавлении ДГК в пищевой рацион коров и исследовать возможность получения коровьего молока с антиоксидантными и антимикробными свойствами.

Внесение ДГК в пищевые продукты имеет и негативные последствия. Так, внесение излишнего количества ДГК придает напиткам терпко-сладкий, несвойственный вкус [34]. ДГК способен оказывать негативное влияние на консистенцию продукта. Известно, что в чистом виде ДГК трудно растворим в воде. Однако интенсивное перемешивание и предварительная механоактивация порошка ДГК позволяет увеличить растворимость [75]. Наблюдаются различия между растворением ДГК в дистиллированной и дегазированной воде: так, в случае первой получается раствор повышенной кислотности, а при растворении во второй — слабокислый раствор [76]. При этом сейчас создаются более растворимые формы дигидрокверцетина, как например, «Лавитол», полученный за счет смеси дигидрокверцетина с арабиногалактаном, что позволяет улучшить технологические свойства ДГК как пищевой добавки.

7. Выводы

ДГК имеет высокий потенциал развития в производстве продуктов питания, в том числе молочных. Благодаря своей уникальной антиоксидантной активности и биологической активности, ДГК может повысить качество продуктов. Он воздействует на разные системы организма человека и может быть использован для профилактики ряда заболеваний, поэтому добавление ДГК позволит получить парфюмерно-косметические молочные продукты. Кроме этого, положительное влияние ДГК на микробиологические показатели и на безопасность молочных продуктов определяет широкие перспективы его использования в производстве йогурта, сыров и других продуктов. Проведенный обзор текущих результатов исследования применения ДГК в пищевой промышленности, полученных европейскими, российскими и китайскими авторами, показал, что дальнейшие перспективы изучения ДГК связаны с несколькими направлениями. Во-первых, необходимо изучить взаимодействие ДГК с другими компонентами пищи. Во-вторых, важно исследовать влияние температуры и других технологических факторов на ДГК. В-третьих, нужно изучить влияние этого антиоксиданта на физико-химические и органолептические свойства различных продуктов при различных его концентрациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. 马丽霞, 莫卓华, 何少峰. (2023). 天然抗氧化剂在饮料食品中的应用分析. *现代食品*, 29(18), 115–117. [Ma, L., Mo, Z., He, S. (2023). Analysis of the application of natural antioxidants in beverages and foods. *Modern Food*, 29(18), 115–117. (In Chinese)] <https://doi.org/10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2023.18.035>
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 N36 (ред. от 06.07.2011) «О введении в действие Санитарных правил» (вместе с «СанПиН 2.3.2.1078–01. 2.3.2. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001) Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5214/51423b5b59f78cc74fb83a4d12ebfa2c89476959/?ysclid=lymjxjkb3146952508. Дата доступа: 14.07.2024. [Resolution of the Chief State Sanitary Inspector of the RF No 36 of 14.11.2001 (edition of 06.07.2011) "On the enforcement of the sanitary rules" (together with "SanPiN 2.3.2.1078–01. 2.3.2. Food raw materials and food products. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. Sanitary-and-epidemiologic rules and norms", approved by the Chief State Sanitary Inspector of the RF 06.11.2001). Retrieved from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5214/51423b5b59f78cc74fb83a4d12ebfa2c89476959/?ysclid=lymjxjkb3146952508. Accessed July 14, 2024. (In Russian)]
3. EUR-Lex (2017). Commission Implementing Decision (EU) 2017/2079 of 10 November 2017 authorising the placing on the market of taxifolin-rich extract as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council (notified under document C (2017) 7418). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32017D2079> Accessed July 14, 2024.
4. 董璐娜, 曹浩, 张欣宇, & 王海胜. (2020). 二氢槲皮素的研究进展. *生物技术进展*, 10(03), 226–233. [Dong, L., Cao, H., Zhang, X., Wang, H. (2020). Research progress on dihydroquercetin. *Progress in Biotechnology*, 10(03), 226–233. (In Chinese)] <https://doi.org/10.19586/j.2095-2341.2020.0008>
5. Решетник, Е. И., Максимюк, В. А., Уточкина, Е. А. (2013). Научное обоснование технологии ферментированных молочных продуктов на основе биотехнологических систем. Благовещенск: ДальГАУ, 2013. [Reshetnik, E. I., Maksimuk, V. A., Utochkina, E. A. (2013). Scientific substantiation of the technology of fermented dairy products on the basis of biotechnological systems. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2013. (In Russian)]
6. 张宏伟, 李鹏. (2016). 二氢槲皮素的研究进展及展望. *化工管理*, 17, 43–45. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=S8jPpDFxNHipf85pQ4fNmstPNTVKKvbfFiwKZBii7O3gg46hn-24SKKFPnQVUpEqrZgKPzKBbQVWFWhP-UlWtFnVxqOo9-5Zedxf-qfBqt_JvIP5L_g6YUfXQc4YjZvhUpms2ntj7eCa_PnKQ=&uniplatform=NZKPT&language=CHS [Zhang, H., Li, P. (2016). Research progress and prospects of dihydroquercetin. *Chemical Management*, 17, 43–45. (In Chinese)]
7. 王梦雨, 万凡, 伊宝, & 张宏福. (2021). 二氢槲皮素的生物学功能及其在畜禽生产中的应用进展. *动物营养学报*, 33(11), 6057–6068. [Wang, M., Wan, F., Yi, B., Zhang, H. (2021). Biological functions of dihydroquercetin and its application progress in livestock and poultry production. *Journal of Animal Nutrition*, 33(11), 6057–6068. (In Chinese)]
8. Насонова, В. В., Туниева, Е. К. (2019). Сравнительные исследования эффективности антиоксидантов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 9(3), 563–569. [Nasonova, V. V., Tunieva, E. K. (2019). Comparative studies in the effectiveness of antioxidants. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 9(3), 563–569. (In Russian)] <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-563-569>
9. Ivanov, G. Y., Staykov, A. S., Balev, D. K., Dragoev, S. G., Filizov, E. H., Vassilev, K. P. et al. (2010). Effect of treatment with natural antioxidant on the chilled beef lipid oxidation. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(4), 213–218.
10. Bakalivanova, T., Kaloyanov, N. (2012). Effect of taxifolin, rosemary and synthetic antioxidants treatment on the poultry meat lipid peroxidation. *Comptes Rendus de l'Acad'emie Bulgare des Sciences*, 65(2), 161–168.
11. Kuzmina, N. N., Petrov, O. Y., Savinkova, E. A. (13–14 November, 2019). Influence of natural antioxidants on quality indicators of semi-finished products from meat of broilers. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2nd International Scientific Conference «AGRITECH-II-2019: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies», Krasnoyarsk, Russia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022074>
12. Vlahova-Vangelova, D. B., Balev, D. K., Dragoev, S. G., Dinkova, R. H. (2020). Reduction of nitrites addition in cooked sausages from phytonutrient supplemented pork. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 12(4), 60–68. <https://doi.org/10.34302/crpfjst/2020.12.4.7>
13. 李杨, 唐志国, 刘丽美, 马丽媛, 刘东琦. (2021). 二氢槲皮素对添加甘油解猪肉饼抗氧化. *食品工业*, 6, 264–268. [Li, Y., Tang, Z., Liu, L., Ma, L., Liu, D. (2021). Antioxidant effect of dihydroquercetin on lard meat patties added with glycerol. *Food Industry*, 6, 264–268. (In Chinese)]
14. Semenova, A. A., Nasonova, V. V., Kuznetsova, T. G., Tunieva, E. K., Bogolyubova, N. V., Nekrasov, R. V. (2020). Program chair poster pick: A study on the effect of dihydroquercetin added into a diet of growing pigs on meat quality. *Journal of Animal Science*, 98 (Suppl 4), 364–364. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.639>
15. Abilmazhinova, N., Vlahova-Vangelova, D., Dragoev, S., Abzhanova, S., Balev, D. (2020). Optimization of the oxidative stability of horse minced meat enriched with dihydroquercetin and vitamin c as a new functional food. *Comptes Rendus de l'Acad'emie Bulgare des Sciences*, 73(7), 1033–1040. <https://doi.org/10.7546/crabs.2020.73.7>
16. Rokaityte, A., Zaborskiene, G., Macioniene, I., Rokaitis, I., Sekmokiene, D. (2016). Combined effect of lactic acid, bioactive components and modified atmosphere packaging on the quality of minced meat. *Czech Journal of Food Sciences*, 34(1), 52–60. <https://doi.org/10.17221/291/2015-cjfs>

17. Rokaityte, A., Zaborskiene, G., Gustiene, S., Raudonis, R., Janulis, V., Garmiene, G. et al. (2019). Effect of taxifolin on physicochemical and microbiological parameters of dry-cured pork sausage. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(5), 366–373. <https://doi.org/10.17221/57/2018-cjfs>
18. Gustiene, S., Zaborskiene, G., Rokaityte, A., Riešute, R. (2019). Effect of biofermentation with taxifolin on physicochemical and microbiological properties of cold-smoked pork sausages. *Food Technology and Biotechnology*, 57(4), 481–489. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6250>
19. Kolev, N., Vlahova-Vangelova, D., Balev, D., Dragoev, S. (2022). Effect of three-component antioxidant blend on oxidative stability and nitrite reduction of cooked sausages. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(2), 205–212. <https://doi.org/10.17306/j.Afs.2022.1052>
20. Balev, D. K., Nenov, N. S., Dragoev, S. G., Vassilev, K. P., Vlahova-Vangelova, D. B., Baytukanova, S. B. et al. (2017). Comparison of the effect of new spice from extracts towards ground spices and antioxidants for improving the quality of bulgarian-type dry-cured sausage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(1), 59–66. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0021>
21. Dragoev, S. G., Balev, D. K., Nenov, N. S., Vassilev, K. P., Vlahova-Vangelova, D. B. (2016). Antioxidant capacity of essential oil spice extracts versus ground spices and addition of antioxidants in Bulgarian type dry-fermented sausages. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(10), 1450–1462. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500445>
22. Balev, D., Ivanov, G., Nikolov, H., Dragoev, S. (2009). Effect of pretreatment with natural antioxidants on the colour surface properties of chilled-stored salmon discs. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15(5), 379–385.
23. Dragoev, S. G., Balev, D. K., Ivanov, G. Y., Nikolova-Damyanova, B. M., Grozdeva, T. G., Filizov, E. H. et al. (2014). Effect of superficial treatment with new natural antioxidant on salmon (*Salmo salar*) lipid oxidation. *Acta Alimentaria*, 43(1), 1–8. <https://doi.org/10.1556/AAlim.43.2014.1.1>
24. Семенова, Е. А., Сидоренко, Ю. И., Громова, В. А., Гурьева, К. Б., Антропова, Л. Е. (2014). Применение антиоксидантов для увеличения сроков годности рыбных консервов. *Пищевая промышленность*, 8, 36–39. [Semeno-va, E. A., Sidorenko, Yu. I., Gromova, V. A., Guryeva, K. B., Antropova, L. E. (2014). Use of antioxidants to increase the shelf life of canned fish. *Food Industry*, 8, 36–39. (In Russian)]
25. Вершинина, А. Г., Каленик, Т. К., Самченко, О. Н. (2012). Разработка мясорастительных паштетов для здорового питания. *Техника и технология пищевых производств*, 1(24), 120–124. [Vershinina, A. G., Kalenik, T. K., Samchenko, O. N. (2012). The development of meat and plant based pate (paste) technology for healthy diet. *Food Processing: Techniques and Technology*, 1(24), 120–124. (In Russian)]
26. Kalinina, I., Fatkullin, R., Naumenko, N., Popova, N., Stepanova, D. (2023). The influence of flavonoid dihydroquercetin on the enzymatic processes of dough ripening and the antioxidant properties of bread. *Fermentation*, 9(3), Article 263. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030263>
27. Калинина, И. В., Фаткуллин, Р. И., Иванова, Д., Кондратьева, Л. В. (2019). Определение стабильности пищевых ингредиентов на основе дигидрокверцетина в процессе производства хлебобулочных изделий. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 7(2), 35–43. [Kalinina, I. V., Fatkullin, R. I., Ivanova, D., Kondratyeva, L. V., (2019). Evaluating stability of food ingredients with dihydroquercetin in bakery production. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, 7(2), 35–43. (In Russian)] <https://doi.org/10.14529/food190204>
28. Наумова, Н. Л., Чаплинский, В. В., Ромашкевич, О. А. (2014). К вопросу о разработке крошковых пирожных с антиоксидантными свойствами. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 7(117), 160–164. [Naumova, N. L., Chaplinsky, V. V., Romashkevich, O. A. (2014). Development of crumble cakes with antioxidant properties. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 7(117), 160–164. (In Russian)]
29. Татарникова, Е. А., Куприна, О. В., Остроухова, Л. А. (2013). Функциональные мучные кондитерские изделия с дигидрокверцетином. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 1(4), 46–50. [Tatarnikova, E. A., Kuprina, O. V., Ostroukhova, L. A. (2013). Functional confectionery and pastry with dihydroquercetin. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 1(4), 46–50. (In Russian)]
30. Osipenko, E. Y., Denisovich, Y. Y., Gavrilo, G. A., Vodolagina, E. Y. (2019). The use of bioactive components of plant raw materials from the far eastern region for flour confectionery production. *AIMS Agriculture and Food*, 4(1), 73–87. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.1.73>
31. Поляков, В. А., Абрамова, И. М., Воробьева, Е. В., Галлямова, Л. П., Головачева, Н. Е. (2017). Антиоксиданты и их применение в ликероводочной промышленности. *Пищевая промышленность*, 12, 12–16. [Polyakov, V. A., Abramova, I. M., Vorobyova, E. V., Gallyamova, L. P., Golovacheva, N. E. (2017). Antioxidants and their application in the alcoholic beverage industry. *Food Industry*, 12, 12–16. (In Russian)]
32. Абрамова, И. М., Калинина, А. Г., Головачева, Н. Е., Морозова, С. С., Галлямова, Л. П., Гнеушева, С. Л. и др. (2019). Исследование влияния дигидрокверцетина на алкогольную интоксикацию спиртных напитков. *Пищевая промышленность*, 6, 58–61. [Abramova, I. M., Kalinina, A. G., Golovacheva, N. E., Morozova, S. S., Gallyamova, L. P., Gneusheva, S. L. et al. (2019). The study of the effect of dihydroquercetin on alcoholic intoxication of alcoholic beverages. *Food Industry*, 6, 58–61. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10090>
33. Бибик, И. В., Бабий, Н. В., Пеков, Д. Б., Помозова, В. А., Киселева, Т. Ф. (2009). Специальные продукты питания с использованием растительных антиоксидантов. *Пищевая промышленность*, 10, 32–33. [Bibik, I. V., Babij, N. V., Pekov, D. B., Pomozova, V. A., Kiseleva, T. F. (2009). Special food stuffs with use of vegetable antioxidants. *Food Industry*, 10, 32–33. (In Russian)]
34. Бибик, И. В., Лоскутова, Е. В. (2014). Научное обоснование количества внесения дигидрокверцетина при разработке технологии кваса «Виноградный». *Техника и технология пищевых производств*, 1(32), 5–10. [Bibik, I. V., Loskutova, E. V. (2014). Scientific basis for the quantity of dihydroquercetin used in the development of "Grape" kvass technology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 1(32), 5–10. (In Russian)]
35. Бабий, Н. В., Соловьева, Е. Н., Помозова, В. А., Киселева, Т. Ф. (2013). Тонизирующие напитки с функциональными свойствами. *Техника и технология пищевых производств*, 3(30), 101–105. [Babij, N. V., Solovyo, E. N., Pomozova, V. A., Kiseleva, T. F. (2013). Tonics with functional properties. *Food Processing: Techniques and Technology*, 3(30), 101–105. (In Russian)]
36. Гernet, М. В., Грибкова, И. Н., Кобелев, К. В. (2019). Биотехнологические аспекты получения напитков брожения на растительном сырье с повышенным сроком хранения. *Пищевая промышленность*, 4, 33–34. [Gernet, M. V., Gribkova, I. N., Koblelev, K. V. (2019). Biotechnological aspects of obtaining fermentation beverages on vegetable raw materials with increased shelf life. *Food Industry*, 4, 33–34. (In Russian)] <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10015>
37. Ковалева, И. Л., Соболева, О. А. (2019). Напитки биокорректирующего действия в рационе профилактического оздоровительного питания. *Пищевая промышленность*, 2, 23–25. [Kovaleva, I. L., Soboleva, O. A. (2019). Beverages biocorrective action in the diet of preventive health food. *Food Industry*, 2, 23–25. (In Russian)]
38. Погосян, Д. Г. (2014). Молочные продукты с пролонгированным сроком годности. *Молочная промышленность*, 3, 60–61. [Poghosyan, D. G. (2014). Milk products with extended shelf life. *Dairy Industry*, 3, 60–61. (In Russian)]
39. El-Hadad, S. S., Tikhomirova, N. A. (2018). Physicochemical properties and oxidative stability of butter oil supplemented with corn oil and dihydroquercetin. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10), Article e13765. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13765>
40. Коренкова, А. А. (2006). Изменение жирнокислотного состава молочных продуктов с фито добавками при хранении. *Известия вузов. Пищевая технология*, 6(295), 98–99. [Korenkova, A. A. (2006). Change fatty-acid composition of dairy products with fitoaditives at storage. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 6(295), 98–99. (In Russian)]
41. Роздова, В. Ф., Кулаков, Т. А., Ожгихина, Н. Н. (2009). Пищевые добавки с антиокислительным действием для увеличения сроков годности плавящихся сыров. *Сыроделие и маслоделие*, 4, 20–22. [Rozdova, V. F., Kulakov, T. A., Ojgihina, N. N. (2009). Food supplements with antioxidative action for extending shelf life of processed cheese. *Cheese- and Buttermaking*, 4, 20–22. (In Russian)]
42. Дунаев, А. В. (2013). Дигидрокверцетин в молочной промышленности. *Переработка молока*, 10(168), 16–17. [Dunaev, A. V. (2013). Dihydroquercetin in the dairy industry. *Milk Processing*, 10(168), 16–17. (In Russian)]
43. Дунаев, А. В., Иванова, Н. В., Смирнова, О. И. (2019). *Дигидрокверцетин и арабиногалактан — натуральные пищевые добавки в продуктах сыроделия и маслоделия*. Научные подходы к решению актуальных вопросов в области переработки молока. Сборник научных трудов к 75-летию со дня основания ВНИИМС. — Углич, ВНИИМС — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 2019. [Dunaev, A. V., Ivanova, N. V., Smirnova, O. I. (2019). *Dihydroquercetin and arabinogalactan — natural food additives in products of cheese making and butter making*. Scientific approaches to solving topical problems in the field of milk processing. Proceedings of the scientific works to the 75th anniversary of the foundation of VNIIMS. Uglich, VNIIMS — Branch of Gorbato Research Center for Food Systems, 2019 (In Russian)]
44. Погосян, Д. Г. (2019). Влияние дигидрокверцетина на сроки годности кисломолочных продуктов. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*, 4, 8(448), 188–192. [Poghosyan, D. G. (2019). The influence of dihydroquercetin on the expiration date whole milk products. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*, 8(448), 188–192. (In Russian)]
45. Радаева, И. А. (2008). Биофлавоноиды в молочной промышленности. *Молочная промышленность*, 3, 68–71. [Radaeva, I. A. (2008). Bioflavonoids in the dairy industry. *Dairy Industry*, 3, 68–71. (In Russian)]
46. Гусева, Т. Б., Караньян, О. М., Куликовская, Т. С., Рассоха, С. Н., Радаева, И. А. (2017). Применение природного антиокислителя дигидрокверцетина для увеличения срока годности молочных консервов. *Пищевая промышленность*, 8, 54–56. [Guseva, T. B., Karanyan, O. M., Kulikovskaya, T. S., Rassokha, S. N., Radaeva, I. A. (2017). The use of a natural antioxidant dihydroquercetin to increase the shelf life of dairy products. *Food Industry*, 8, 54–56. (In Russian)]
47. Ивкова, И. А., Пиляева, А. С., Копылов, Г. М. (2014). Разработка технологии сухого кисломолочного (сметанного) продукта. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 35–39. [Ivkova, I. A., Pilyaeva, A. S., Kopylov, G. M. (2014). Development of dry fermented milk (sour cream) product technology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 1, 35–39. (In Russian)]
48. Решетник, Е. И., Водолагина, Е. Ю., Максимюк, В. А. (2014). Исследование влияния растительных компонентов на функциональные свойства сывороточно-растительного продукта. *Техника и технология пищевых производств*, 5, 50–56. [Reshetnik, E. I., Vodolagina, E. Yu., Maksimuk, V. A. (2014). Influence of plant components on functional properties of whey- plant product. *Food Processing: Techniques and Technology*, 5, 50–56. (In Russian)]
49. Илларионова, Е. Е., Радаева, И. А., Туровская, С. Н., Караньян, О. М. (2018). Влияние дигидрокверцетина на устойчивость молочного жира к окислению. *Молочная промышленность*, 2, 67–68. [Illarionova, E. E., Radaeva, I. A., Turovskaya, S. N., Karanyan, O. M. (2018). Effects of dehydroquercetine on milk fat stability against oxidation. *Dairy Industry*, 2, 67–68. (In Russian)] <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-2-67-68>
50. Илларионова, Е. Е., Туровская, С. Н., Радаева, И. А. (2020). К вопросу увеличения срока годности молочных консервов. *Актуальные вопросы молочной промышленности, междотраслевые технологии и системы управления качеством*, 1, 225–230. [Illarionova, E. E., Turovskaya, S. N., Radaeva, I. A. (2020). To the question of increasing of canned milk storage life. *Actual Issues of the Dairy Industry, Intersectoral Technologies and Quality Management Systems*, 1, 225–230. (In Russian)] <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-225-230>
51. Gama, M. I., Adam, S., Adams, S., Allen, H., Ashmore, C., Bailey, S. et al. (2022). Suitability and allocation of protein-containing foods according to protein tolerance in PKU: A 2022 UK National Consensus. *Nutrients*, 14(23), Article 4987. <https://doi.org/10.3390/nu14234987>

52. Елисеева, Л. Г., Юрина, О. В., Луценко, Л. М. (2015). Эффективность использования природных антиоксидантов для увеличения срока хранения ореховых снеков. *Пищевая промышленность*, 12, 30–34. [Eliseeva, L. G., Yurina, O. V., Lutsenko, L. M. (2015). The efficiency of use natural antioxidants to increase the shelf life of nut snacks. *Food Industry*, 12, 30–34. (In Russian)]
53. 刘妍, 王遂. (2011). 二氢槲皮素的提取及抗氧化性研究. *化学研究与应用*, 23(1), 107–111. [Liu, Y., Wang, S. (2011). Extraction and antioxidant properties of dihydroquercetin. *Chemistry Research and Applications*, 23(01), 107–111. (In Chinese)]
54. Коренкова, А. А., Сенькина, Е. А., Мун, А. Л. (2006). Органолептическая оценка молочных продуктов с фито добавками при хранении. *Пищевая промышленность*, 11, 66–67. [Korenkova, A. A., Senkina, E. A., Moon, A. L. (2006). Organoleptic estimation of dairy products with fitoaditives at storage. *Food Industry*, 11, 66–67. (In Russian)]
55. Радаева, И. А., Галстян, А. Г., Туровская, С. Н., Илларионова, Е. Е. (2017). Изучение технологических свойств дигидрокверцетина. *Молочная промышленность*, 3, 67–68. [Radaeva, I. A., Galstyan, A. G., Turovskaya, S. N., Illarionova, E. E. (2017). Study of the technological properties of dihydroquercetin. *Dairy Industry*, 3, 67–68. (In Russian)]
56. Блинова, Т. Е., Радаева, И. А., Здоровцова, А. Н. (2008). Влияние дигидрокверцетина на молочнокислые бактерии. *Молочная промышленность*, 5, 57–59. [Blinova, T. E., Radaeva, I. A., Zdorovtsova, A. N. (2008). Effect of dihydroquercetin on the lactic acid bacteria. *Dairy Industry*, 5, 57–59. (In Russian)]
57. Yang, D., Zhu, R., Xu, H.-X., Zhang, Q.-F. (2023). Antibacterial mechanism of taxifolin and its application in milk preservation. *Food Bioscience*, 53, Article 102811. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102811>
58. Rokaityte, A., Zaborskienė, G., Baliukonienė, V., Macioniene, I., Stimbirys, A. (2017). Effect of lactic acid and bioactive component mixtures on the quality of minced pork meat. *Italian Journal of Food Science*, 29(2), 253–265.
59. El-Hadad, S. S., Tikhomirova, N. A., Abd El-Aziz, M. (2020). Biological activities of dihydroquercetin and its effect on the oxidative stability of butter oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), Article e14519. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14519>
60. 蔡瑾, 闫然, 王梦亮, 王琪. (2023). 二氢槲皮素对大肠杆菌的抑菌作用机理. *食品科学*, 44(19), 18–26. [Cai, J., Yan, R., Wang, M., Wang, Q. (2023). The antibacterial effect mechanism of dihydroquercetin on Escherichia coli. *Food Science*, 44(19), 18–26. (In Chinese)]
61. Костыря, О. В., Корнеева, О. С. (2015). О перспективах применения дигидрокверцетина при производстве продуктов с пролонгированным сроком годности. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 4, 165–170. [Kostyrya, O. V., Korneeva, O. S. (2015). Application of dihydroquercetin in the production of products with prolonged shelf life. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 4, 165–170. (In Russian)]
62. An, H.-J., Yoon, Y.-K., Lee, J.-D., Jeong, N.-H. (2022). Antioxidant and antimicrobial properties of dihydroquercetin esters. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58, Article e190800. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e190800>
63. Akinmoladun, A. C., Famusiwa, C. D., Josiah, S. S., Lawal, A. O., Olaleye, M. T., Akindahunsi, A. A. (2022). Dihydroquercetin improves rotenone-induced Parkinsonism by regulating NF- κ B-mediated inflammation pathway in rats. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 36(5), Article e23022. <https://doi.org/10.1002/jbt.23022>
64. Delporte, C., Backhouse, N., Eraso, S., Negrete, R., Vidal, P., Silva, X. et al. (2005). Analgesic–antiinflammatory properties of Proustia pyrifolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(1), 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.02.012>
65. Guo, H., Zhang, X., Cui, Y., Zhou, H., Xu, D., Shan, T. et al. (2015). Taxifolin protects against cardiac hypertrophy and fibrosis during biomechanical stress of pressure overload. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 287(2), 168–177. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.taap.2015.06.002>
66. 孙春梅, 唐玲, 唐玉平. (2023). 二氢槲皮素对心力衰竭大鼠心功能的保护作用及其作用机制. *中西医结合心脑血管病杂志*, 21(21), 3941–3947. [Sun, C., Tang, L., Tuo, Y. (2023). Protective effect of dihydroquercetin on cardiac function in rats with heart failure and its mechanism. *Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases*, 21(21), 3941–3947. (In Chinese)]
67. Bernatova, I., Liskova, S. (2021). Mechanisms modified by (–)-epicatechin and taxifolin relevant for the treatment of hypertension and viral infection: Knowledge from preclinical studies. *Antioxidants*, 10(3), Article 467. <https://doi.org/10.3390/antiox10030467>
68. Chen, W., Deng, W., Chen, S. (2020). Inactivation of NF- κ B pathway by taxifolin attenuates sepsis-induced acute lung injury. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 18(2), 176–182. <https://doi.org/10.37290/ctnr2641-452X.18:176-182>
69. Ding, T., Wang, S., Zhang, X., Zai, W., Fan, J., Chen, W. et al. (2018). Kidney protection effects of dihydroquercetin on diabetic nephropathy through suppressing ROS and NLRP3 inflammasome. *Phytomedicine*, 41, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.01.026>
70. Althunibat, O. Y., Abukhalil, M. H., Ighef, M. M., Alfwuaires, M. A., Algefare, A. I., Alsawayt, B. et al. (2023). Hepatoprotective effect of taxifolin on cyclophosphamide-induced oxidative stress, inflammation, and apoptosis in mice: Involvement of Nrf2/HO-1 signaling. *Biomolecules and Biomedicine*, 23(4), 649–660. <https://doi.org/10.17305/bb.2022.8743>
71. Galochkina, A. V., Anikin, V. B., Babkin, V. A., Ostrouhova, L. A., Zarubaev, V. V. (2016). Virus-inhibiting activity of dihydroquercetin, a flavonoid from Larix sibirica, against coxsackievirus B4 in a model of viral pancreatitis. *Archives of Virology*, 161(4), 929–938. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2749-3>
72. Cai, C., Liu, C., Zhao, L., Liu, H., Li, W., Guan, H. et al. (2018). Effects of Taxifolin on Osteoclastogenesis in vitro and in vivo. *Frontiers in Pharmacology*, 9, Article 1286. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01286>
73. Shinozaki, F., Kamei, A., Shimada, K., Matsuura, H., Shibata, T., Ikeuchi, M. et al. (2023). Ingestion of taxifolin-rich foods affects brain activity, mental fatigue, and the whole blood transcriptome in healthy young adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Food and Function*, 14(8), 3600–3612. <https://doi.org/10.1039/d2fo03151e>
74. Zhang, Y., Yu, J., Dong, X.-D., Ji, H.-Y. (2018). Research on characteristics, antioxidant and antitumor activities of dihydroquercetin and its complexes. *Molecules*, 23(1), Article 20. <https://doi.org/10.3390/molecules23010020>
75. Дрюцкая, С. М., Толстенков, И. В. (20 апреля, 2016). *Применение экстракта лиственницы даурской в пищевой промышленности*. Теоретические и практические вопросы интеграции химической науки, технологии и образования: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: материалы конференции. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2016. [Dryutskaya, S. M., Tolstenok, I. V. (2016). Applications extract Dahurian in the food industry. Theoretical and practical questions of integration of chemical science, technology and education: All-Russian scientific-practical conference with international participation: Proceedings of the conference. Ulan-Ude: Publishing House ESSUTM, 2016. (In Russian)]
76. Бутуханов, В. Л., Ломанов, Р. С., Чеченина, С. В., Флюг, С. Е. (2016). Оценка растворимости дигидрокверцетина в нейтральных и слабых кислотных растворах. *Символ науки: международный научный журнал*, 8–2 (20), 41–44. [Butukhanov, V. L., Lomanov, R. S., Chechenina, S. V., Flug, S. E. (2016). Assessment of solubility of dihydroquercetin in neutral and weakly acidic solutions. *Symbol of Science: International Scientific Journal*, 8–2 (20), 41–44. (In Russian)]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Ушкалова Анастасия Андреевна — аспирант, Институт пищевых наук и инженерии, Цзилиньский университет Китай, Цзилинь, Чанчунь, ул. Цинлун, 818 Тел.: +861–672–201–99–99 E-mail: ushkalova23@mails.jlu.edu.cn ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8460-378X * автор для контактов Чжан Техуа — доктор технических наук, профессор, декан, Институт пищевых наук и инженерии, Цзилиньский университет Китай, Цзилинь, Чанчунь, ул. Цинлун, 818 Тел.: +861–375–607–30–39 E-mail: zhangth@jlu.edu.cn ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4299-6160 Баочэнь Лигэнь — аспирант, Институт пищевых наук и инженерии, Цзилиньский университет Китай, Цзилинь, Чанчунь, ул. Цинлун, 818 Тел.: +861–894–313–91–86 E-mail: bao98294@163.com ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7563-7856	Anastasiia A. Ushkalova, Postgraduate (Doctoral) Student, College of Food Science and Engineering, Jilin University 18, Qinglong, Changchun, Jilin, China Tel.: + 861–672–201–99–99 E-mail: ushkalova23@mails.jlu.edu.cn ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8460-378X * corresponding author Tiehua Zhang, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean, College of Food Science and Engineering, Jilin University 18, Qinglong, Changchun, Jilin, China Tel.: +861–375–607–30–39 E-mail: zhangth@jlu.edu.cn ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4299-6160 Ligen Baochen, Postgraduate (Doctoral) Student, College of Food Science and Engineering, Jilin University 18, Qinglong, Changchun, Jilin, China Tel.: +861–894–313–91–86 E-mail: bao98294@163.com ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7563-7856
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.