

## Физико-химические показатели гомогената трутневого расплода, адсорбированного на безлактозных адсорбентах в процессе хранения

Д. В. Митрофанов<sup>✉</sup>, Н. В. Будникова

Федеральный научный центр пчеловодства, Рязанская обл., Рыбное, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [dima-mitrofanoff2012@yandex.ru](mailto:dima-mitrofanoff2012@yandex.ru)

**Аннотация.** Трутневый расплод является продуктом, проявляющим высокую биологическую активность, благодаря чему его употребление можно рекомендовать широкому кругу людей в качестве адаптогенного, актопротекторного и антиоксидантного средства. Высокая концентрация биологически активных веществ, таких как деценовые кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, сульфгидрильные группы, сахара, гормоны и гормоноподобные соединения, делает трутневый расплод продуктом, весьма чувствительным к воздействию факторов внешней среды, что обуславливает необходимость его стабилизации. В качестве стабилизации гомогената трутневого расплода, в ряде стран, как правило, используют лактозно-глюкозный адсорбент. Актуальность работы обусловлена широким распространением среди населения лактазной недостаточности, распространенность которой у восточных славян достигает 16–18 %, а у некоторых народов Азии, Австралии и Америки превышает 80 %, что обуславливает ограничение к применению адсорбированного трутневого расплода с применением классического адсорбента, содержащего лактозу. **Цель работы** – разработать инновационный продукт на основе трутневого расплода, не содержащий лактозу в качестве адсорбента, и проследить динамику сохранения его биологически активных компонентов в процессе хранения. В качестве заменителя лактозы в адсорбенте использован картофельный крахмал. Данный продукт может быть рекомендован более широкому кругу потребителей. В работе использовались **методы** определения физико-химических показателей продуктов, такие как влажность, показатель окисляемости, водородный показатель, массовая доля деценовых кислот, массовая доля сырого протеина, свободная кислотность, кислотное число, йодное число. **Научная новизна** заключается в разработке рецептуры новых продуктов на основе трутневого расплода, не содержащих лактозы и определения среди них оптимального по технологическим и физико-химическим показателям продукта. В **результате** проведенных исследований установлено, что адсорбент, состоящий из 80 частей крахмала и 20 частей глюкозы, обеспечивает оптимальные показатели продукта при соотношении адсорбента с гомогенатом трутневого расплода 3 : 1.

**Ключевые слова:** лактазная недостаточность, трутневый расплод, безлактозный адсорбент, адсорбция

**Для цитирования:** Митрофанов Д. В., Будникова Н. В. Физико-химические показатели гомогената трутневого расплода, адсорбированного на безлактозных адсорбентах в процессе хранения // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 03. С. 358–367. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-358-367>.

**Дата поступления статьи:** 01.09.23, **дата рецензирования:** 07.11.2023, **дата принятия:** 23.11.2023.

## Physico-chemical parameters of drone brood homogenate adsorbed on lactose-free adsorbents during storage

D. V. Mitrofanov<sup>✉</sup>, N. V. Budnikova

Federal Beekeeping Research Centre, Ryazan region, Rybnoe, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: dima-mitrofanoff2012@yandex.ru

**Abstract.** Drone brood is a product that exhibits high biological activity, so its use can be recommended to a wide range of people as an adaptogenic, actoprotective and antioxidant agent. The high concentration of biologically active substances, such as decenoic acids, unsaturated fatty acids, sulfhydryl groups, sugars, hormones and hormone-like compounds makes drone brood a product very sensitive to environmental factors, which necessitates its stabilization. To stabilize drone brood homogenate, in a number of countries, a lactose-glucose adsorbent is usually used. The relevance of the work is due to the widespread prevalence of lactase deficiency among the population, the prevalence of which among the Eastern Slavs reaches 16–18 %, and among some peoples of Asia, Australia and America exceeds 80 %, which limits the use of adsorbed drone brood using a classical adsorbent containing lactose. **The purpose** of the work is to develop an innovative product based on drone brood that does not contain lactose as an adsorbent, and to trace the dynamics of the preservation of its biologically active components during storage. Potato starch was used as a lactose substitute in the adsorbent. This product can be recommended to a wider range of consumers. The work used **methods** for determining the physicochemical parameters of products, such as humidity, oxidation index, hydrogen index, mass fraction of decenoic acids, mass fraction of crude protein, free acidity, acid number, iodine number. **The scientific novelty** lies in the development of formulations for new products based on drone brood that do not contain lactose and the determination of the optimal product among them in terms of technological and physicochemical parameters. As a **result** of the studies, it was found that an adsorbent consisting of 80 parts of starch and 20 parts of glucose provides optimal product performance at a ratio of adsorbent to drone brood homogenate of 3 : 1.

**Keywords:** lactase deficiency, drone brood, lactose-free adsorbent, adsorption

**For citation:** Mitrofanov D. V., Budnikova N. V. Physico-chemical parameters of drone brood homogenate adsorbed on lactose-free adsorbents during storage. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (03): 358–367. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-358-367>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 01.09.23, **date of review:** 07.11.2023, **date of acceptance:** 23.11.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Более чем в 113 странах Африки, Азии и Южной Америки насекомые традиционно входят в рацион питания человека [1, с. 146]. Проблема дефицита продовольственных товаров, особенно в развивающихся странах, может быть решена при помощи разведения и переработки съедобных насекомых [2, с. 8].

Все виды личинок пчелы медоносной пчелиных личинок (трутневые, пчелиные, маточные) представляют собой биологически активное сырье, которое может быть использовано для определенных целей. Трутневый расплод (ТР) как доступный продукт пчеловодства можно использовать в качестве продукта функционального питания благодаря большому содержанию белка, аминокислот, стероидов и полифенолов по сравнению с маточным молочком [3, с. 2].

Гомогенат трутневого расплода (ГТР) обладает высокой биологической активностью, но является весьма термолабильным продуктом пчеловодства.

Для улучшения сохранности биологически активных веществ его подвергают стабилизации. Широким распространением лактазной недостаточности обусловлена необходимость разработки безлактозного продукта на основе трутневого расплода [4, с. 134]. На стадии личинки трутневый расплод лучше всего подходит к его использованию и может быть рекомендован к использованию в апитерпии и питании. По данным Е. Sidor, М. Džugan, 11-дневная личинка трутня весит 350 мг. Это больше, чем вес маточной личинки или личинки рабочей пчелы. ТР в этом возрасте наиболее удобен в использовании [5, с. 2], так как его ткани легко поддаются переработке и его можно получать в значительных количествах без ущерба для пчелиной семьи. В то же время личинка трутня наиболее богата биологически активными веществами (БАВ) [6, с. 15]. Учеными Копенгагенского университета опубликован обзор, освещающий вопросы анализа важнейших компонентов, среди которых аминокислотный состав, включая триптофан, общий протеин по Кьельда-

лю общий азот, общее количество липидов, спектр жирных кислот, общее содержание углеводов и пищевых волокон, энергетическая ценность, минеральные вещества, антиоксидантная активность, витамины, ферментная активность [7]. В трутневом расплоде содержится 28 % моно- и 10 % полиненасыщенных жирных кислот [8, с. 6]. ТР содержит значительное количество фенольных соединений – 834,05 (мг GAE / 100 г) [9, с. 18]. Наконец, можно сделать вывод, что ТР является отличным субстратом при производстве функциональных продуктов питания или нутрицевтиков, особенно тех, которые предназначены для помощи людям, страдающим от нарушений метаболического или гормонального баланса [10, с. 9]. ТР содержит большое количество антиоксидантов [11, с. 275; 12, с. 3]. Было проведено исследование для оценки антибактериальной и антиоксидантной активности, содержания общего фенола и белка, а также количества 10-гидрокси-2-деценной кислоты (10-ГДК) в маточном молочке (ММ), ТР и маточных личинках (МЛ). При определении содержания фенольных соединений по методу Фолина – Чокальтеу максимальное содержание их отмечено в маточных личинках. Результаты определения белка по методу Бредфорда показали, что общее количество белка в ТР было выше, чем в маточном молочке, и меньше, чем в МЛ. Согласно анализу ВЭЖХ, ММ показало самые высокие количества 10-ГДК, а ТР – самые низкие. Антиоксидантная активность ТР и МЛ значительно выше, чем у ММ. ТР и МЛ – многообещающие кандидаты для разработки продуктов, которые можно использовать в качестве пищевых добавок [13, с. 1391], однако МЛ более ценны для пчелиной семьи, вот ТР можно получать без ущерба для пчелиной семьи.

В использовании ТР в лечебной практике при оксидативном стрессе, повреждениях ДНК и гистопатологических изменениях, вызванных липополисахаридными токсинами в отношении печени [14, с. 3], а также повреждение легких этими токсинами, ТР демонстрирует защитное действие. [15, с. 13]. Sidor E. et al. исследовано стимулирующее воздействие личинок трутней (ТР) на андрогенные эффекты и показатели роста козлят мужского пола (КМП). В опыте были использованы 26 козлят мужского пола (13 голов контрольной группы, 13 голов экспериментальной группы) для определения эффектов ТР через 60 дней после периода отъема. Уровни гормонов, тесты на рост, характеристики семенников и измерения тела определялись каждые 14 дней в 75-й, 90-й, 105-й, 120-й и 135-й дни исследования. Увеличение уровня тестостерона в опытной группе в течение 135 дней укрепило гипотезу о том, что ТР может иметь больший эффект в случае более длительного применения и с учетом времени созревания КМП. Липидный состав ТР определен методом ГХ/МС, где олеиновая кис-

лота (64,75 %) и пальмитиновая кислота (26,08 %) были доминирующими липидными соединениями ГТР. Кроме того, профиль фенольных/органических кислот, исследованный с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором (ВЭЖХ-ДМД), показал, что транс-аконитовая кислота ( $11,20 \pm 0,32$  мкг/г) и фумаровая кислота ( $5,03 \pm 0,41$  мкг/г) были основными соединениями в составе ТР [16, с. 7].

Известно, что мед обладает антимикробными и стабилизирующими эффектами на ГТР. Добавление трутневого расплода в мед повышало антиоксидантную активность в конечном продукте значительно (на 33–110 %), при этом незначительно влияя на физико-химические показатели (электропроводность и диастазное число) по сравнению с контрольным медом. Профиль полифенолов меда, полученный методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ) с добавлением трутневого расплода, был обогащен преимущественно эллаговой и феруловой кислотами по сравнению с контрольным медом. Установлено, что стабилизация трутневого расплода медом позволяет сохранить антиоксидантные свойства в течение 6 месяцев, при этом происходит значительное снижение восстановительной способности FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) и содержания полифенолов при длительном хранении данного продукта (от 8 до 26 %). При производстве меда с ТР меньшие потери расплода наблюдались при добавлении замороженного, чем лиофилизированного гомогената ТР через 9 месяцев хранения, консервирование замороженного расплода в меде (до 5 % по массе) можно рекомендовать в качестве эффективного и недорогого метода стабилизации трутневого расплода, доступного в условиях пасеки [17, с. 45].

Насекомые, которых можно употреблять в пищу, коммерчески доступны на европейском рынке, однако в настоящее время не существует подтвержденных методов определения их состава. Чтобы проверить, применимы ли к съедобным насекомым существующие официальные аналитические процедуры, утвержденные для других пищевых матриц, было выполнено сравнение значений в четырех лабораториях. Исследования проведены на домашних сверчках (*Acheta Domesticus*), расплоде трутней медоносных пчел (*Apis mellifera*), личинках черной львинки (*Hermetia illucens*) и мучных червях (*Tenebrio molitor*). В рамках этого эксперимента данные о точности и оценку производительности по влажности, зольности, количеству сырого протеина, количеству общего жира рассчитывали методами официального сборника методов анализа и отбора проб в соответствии с Законом Германии о пищевых продуктах и кормах. Чтобы сравнить результаты с соответствующими спецификациями, z-показатели были рассчитаны с использованием

независимого целевого стандарта отклонения. После проверки они могут использоваться лабораториями в качестве стандартизированных методов и, следовательно, обеспечить основу для последовательной оценки аналитических данных относительно состава насекомых употребляемых в пищу [18, с. 8].

Лактазная недостаточность широко распространена во всем мире. Она приводит к ферментации лактозы микрофлорой кишечника, что вызывает продукцию короткоцепочечных кислот и газа. По этой причине развиваются такие симптомы, как боль в животе, метеоризм, диарея и другие [19, с. 37]. Установлено различие в распространенности лактазной недостаточности в разных регионах России, что связано с населением различных этносов, которые традиционно употребляют в пищу молоко разных видов животных и подвергают его различной кулинарной обработке [20, с. 807–808].

Так, при приготовлении кисломолочных продуктов содержание лактозы в них значительно снижается по отношению к данному показателю исходного молока. Существуют методы ферментативного освобождения молока от лактозы и методы ультрафильтрации с целью удаления моносахаридов, об-

разующихся при ферментной обработке и негативно влияющих на вкус продукта [21, с. 273]

#### Методология и методы исследования (Methods)

В процессе работы были проведены исследования как по собственно разработанным аналитическим методикам, так и по методикам, утвержденным нормативными документами с применением современного аналитического оборудования.

Цель работы – определить перспективные соотношения компонентов в адсорбированном продукте на основе ГТР, установить показатели качества полученного продукта и их динамику в процессе хранения.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Получить ГТР и выполнить его входной контроль.
2. Приготовить адсорбированные продукты на основе ГТР.
3. Определить показатели качества полученных продуктов.
4. Изучить динамику показателей качества в процессе хранения.
5. Установить оптимальный срок хранения новых продуктов.

Таблица 1  
Изменение показателей содержания биологически активных компонентов трутневого расплода с адсорбентом, состоящим из крахмала и глюкозы (96 : 4), при хранении в течение 6 месяцев

Показатель	Свежий	6 месяцев	% от исходного
Влажность, %	17,150 ± 0,391	15,407 ± 0,527	-1,743 ± 0,137*
Показатель окисляемости, с	4,400 ± 1,501	15,533 ± 1,245	11,133 ± 2,494*
pH	6,341 ± 0,194	5,891 ± 0,253	-0,449 ± 0,065*
Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую, %	0,135 ± 0,006	0,113 ± 0,004	83,984 ± 3,810
Количественное содержание сырого протеина, %	2,167 ± 0,149	2,213 ± 0,153	102,402 ± 4,737
Свободная кислотность, мЭкв/кг	16,105 ± 2,050	18,907 ± 1,117	124,019 ± 26,004
Кислотное число, мг/г	29,808 ± 0,707	26,857 ± 2,420	90,526 ± 10,099
Йодное число, г / 100 г	3,777 ± 0,875	4,319 ± 0,267	131,912 ± 38,478

\* Здесь и далее в таблицах указано изменение в абсолютных величинах, знак «-» обозначает уменьшение величины.

Table 1  
Changes in the content of biologically active components of drone brood with an adsorbent consisting of starch and glucose (96 : 4) during storage for 6 months

Indicator	Fresh	6 months	% from the initial one
Humidity, %	17.150 ± 0.391	15.407 ± 0.527	-1.743 ± 0.137*
Oxidation index, s	4.400 ± 1.501	15.533 ± 1.245	11.133 ± 2.494*
pH	6.341 ± 0.194	5.891 ± 0.253	-0.449 ± 0.065*
Content of decenoic acids in terms of 10-hydroxydecenoic acid, %	0.135 ± 0.006	0.113 ± 0.004	83.984 ± 3.810
Quantitative content of crude protein, %	2.167 ± 0.149	2.213 ± 0.153	102.402 ± 4.737
Free acidity, mEq/kg	16.105 ± 2.050	18.907 ± 1.117	124.019 ± 26.004
Acid number, mg/g	29.808 ± 0.707	26.857 ± 2.420	90.526 ± 10.099
Iodine number, g / 100 g	3.777 ± 0.875	4.319 ± 0.267	131.912 ± 38.478

\* Here and below in the tables the change is indicated in absolute values, the “-” sign indicates a decrease in value.

Предметом исследований выступают физико-химические и технологические показатели продуктов на основе трутневого расплода и их сохранность при хранении в условиях бытового холодильника при температуре  $4 \pm 2$  °С.

Объектом исследования являлся ГТР адсорбированный с применением безлактозного крахмально-глюкозного адсорбента с содержанием глюкозы 10, 20, 30 %.

Гомогенат трутневого расплода получали пресованием сот с расплодом и фильтрования через полиамидную ткань. Для адсорбции отвешенное количество адсорбента смешивали с гомогенатом и растирали в ступке до однородности. Полученный сырой адсорбированный полупродукт гранулировали при помощи сита и высушивали в холодильнике, затем в вакуумном шкафу при температуре не более 34 °С, после чего герметично укупоривали и хранили при температуре  $4 \pm 2$  °С.

Физико-химические показатели трутневого расплода, стабилизированного путем смешивания с безлактозным адсорбентом, перечислены ниже:

- влажность – высушиванием навески продукта, взвешенной в бюксе известной массы на аналитических весах, с последующим вакуумным высушиванием до постоянной массы при температуре 60 °С;

- показатель окисляемости – путем определения времени (в секундах), которое требуется, чтобы раствор испытуемого продукта обесцветил каплю раствора марганцовокислого калия в сернокислой среде;

- водородный показатель (рН) – с использованием рН-метра (потенциометрически) с хлорсеребряным электродом в 2-процентном растворе испытуемого продукта с чувствительностью 0,01;

- массовая доля деценовых кислот – алкалометрическим титрованием выделенной и очищенной жидкость-жидкостной экстракцией суммы деценовых кислот;

- массовая доля сырого протеина – окислением испытуемого образца перекисью водорода в сернокислом растворе с дальнейшим определением выделившегося аммиака титриметрическим методом, для чего аммиак из аликвоты раствора после минерализации отгоняется с водяным паром в раствор борной кислоты;

- свободная кислотность – титриметрически в 2-процентном растворе испытуемого продукта до рН = 8,3 с индикацией потенциометрическим методом с использованием хлорсеребряного электрода;

- кислотное число – титрованием в спиртоэфирной среде раствором едкого калия, индикатор – фенолфталеин;

- йодное число – по способности непредельных веществ испытуемого продукта связывать йод с последующим титрованием избытка йода, индикатор – крахмал.

## Результаты (Results)

По результатам исследования влажность трутневого расплода с безлактозным адсорбентом, содержащим крахмал и глюкозу (96 : 4) при хранении в течение полугода упала на 1,74 %, показатель окисляемости возрос на 11,3 с, рН уменьшился на 0,449 единицы. Вещества, обладающие антиокислительным потенциалом, в том числе ненасыщенные жирные кислоты, определяются по йодному числу. Метод определения йодного числа основан на способности йода реагировать с непредельными соединениями, после чего избыток йода оттитровывается раствором тиосульфата натрия. Йодное число продемонстрировало динамику к росту и составило 131,9 % от исходного. Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую уменьшилось до 84 % от исходного, а количественное содержание сырого протеина возросло до 102,4 % от исходного, кислотное число упало до 90,5 %. Показатель свободной кислотности снизился до 89,4 % от изначального (таблица 1).

В результате хранения адсорбированного ТР на смеси крахмала и глюкозы (96 : 4) в течение года влажность продукта снизилась на 0,08 %, показатель окисляемости увеличился на 12,4 с, водородный показатель снизился на 1,18 единицы. Свободная кислотность повысилась до 162,1 %, кислотное число снизилось до 97,6 %. Йодное число увеличилось и составило 132,7 % от исходного. Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую снизилось до 83,6 % от исходного, а количественное содержание сырого протеина снизилось до 87,3 % (таблица 2).

Влажность трутневого расплода с безлактозным адсорбентом (80 : 20) в при хранении в течение 6 месяцев снизилась на 0,47 %, показатель окисляемости несколько возрос (на 1,6 с), рН понизился на 0,011 единицы. Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую изменилось незначительно, в то время как количественное содержание сырого протеина снизилась до 95,38 % от исходного. Свободная кислотность повысилась до 132,5 %, кислотное число уменьшилось до 70,01 %, йодное число достигло 127,9 % от исходного (таблица 3).

Влажность трутневого расплода с безлактозным адсорбентом (80 : 20) при хранении в течение года снизилась на 1,03 %, показатель окисляемости увеличился на 2,47 с, водородный показатель снизился на 0,136 единицы. Свободная кислотность повысилась до 133,5 % от исходного, кислотное число снизилось до 90,9 %. Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую увеличилось до 133,2 % от исходного, а количественное содержание сырого протеина снизилось до 82,9 %. Йодное число снизилось и составило 95,1 % от исходного (таблица 4).

Таблица 2

Изменение показателей содержания биологически активных компонентов  
трутневого расплода с адсорбентом, состоящим из крахмала и глюкозы (96 : 4)  
при хранении в течение 1 года

Показатель	Свежий	1 год	% от исходного
Влажность, %	17,150 ± 0,391	17,067 ± 0,417	-0,083 ± 0,032*
Показатель окисляемости, с	4,400 ± 1,501	16,800 ± 1,311	12,400 ± 2,548*
pH	6,341 ± 0,194	5,159 ± 0,275	-1,181 ± 0,082*
Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую, %	0,135 ± 0,006	0,113 ± 0,006	83,560 ± 3,665
Количественное содержание сырого протеина, %	2,167 ± 0,149	1,897 ± 0,168	87,288 ± 2,142
Свободная кислотность, мЭкв/кг	16,105 ± 2,050	25,353 ± 3,323	162,074 ± 25,637
Кислотное число, мг/г	29,808 ± 0,707	28,979 ± 1,902	97,625 ± 8,580
Йодное число, г / 100 г	3,777 ± 0,875	5,490 ± 0,319	159,895 ± 33,434

Table 2

Changes in the content of biologically active components of drone brood with an adsorbent consisting of starch and glucose (96 : 4) during storage for 1 year

Indicator	Fresh	6 months	% from the initial one
Humidity, %	17.150 ± 0.391	15.407 ± 0.527	-1.743 ± 0.137*
Oxidation index, s	4.400 ± 1.501	15.533 ± 1.245	11.133 ± 2.494*
pH	6.341 ± 0.194	5.891 ± 0.253	-0.449 ± 0.065*
Content of decenoic acids in terms of 10-hydroxydecenoic acid, %	0.135 ± 0.006	0.113 ± 0.004	83.984 ± 3.810
Quantitative content of crude protein, %	2.167 ± 0.149	2.213 ± 0.153	102.402 ± 4.737
Free acidity, mEq/kg	16.105 ± 2.050	18.907 ± 1.117	124.019 ± 26.004
Acid number, mg/g	29.808 ± 0.707	26.857 ± 2.420	90.526 ± 10.099
Iodine number, g / 100 g	3.777 ± 0.875	4.319 ± 0.267	131.912 ± 38.478

Таблица 3

Изменение показателей содержания биологически активных компонентов  
трутневого расплода с адсорбентом, состоящим из крахмала и глюкозы (80 : 20),  
при хранении в течение 6 месяцев

Показатель	Свежий	6 месяцев	% от исходного
Влажность, %	9,286 ± 0,832	8,813 ± 0,478	-0,472 ± 0,355*
Показатель окисляемости, с	6,733 ± 1,683	8,333 ± 0,240	1,600 ± 1,922*
pH	5,620 ± 0,091	5,631 ± 0,020	0,011 ± 0,072*
Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую, %	0,103 ± 0,003	0,103 ± 0,004	100,384 ± 6,566
Количественное содержание сырого протеина, %	2,280 ± 0,158	2,173 ± 0,199	95,381 ± 5,632
Свободная кислотность, мЭкв/кг	19,847 ± 0,674	26,356 ± 3,504	132,540 ± 15,981
Кислотное число, мг/г	26,161 ± 1,060	18,480 ± 6,858	70,011 ± 25,803
Йодное число, г / 100 г	3,736 ± 0,397	4,811 ± 0,687	127,934 ± 5,949

Table 3

Changes in the content of biologically active components of drone brood with an adsorbent consisting of starch and glucose (80 : 20) during storage for 6 months

Indicator	Fresh	6 months	% from the initial one
Humidity, %	9.286 ± 0.832	8.813 ± 0.478	-0.472 ± 0.355*
Oxidation index, s	6.733 ± 1.683	8.333 ± 0.240	1.600 ± 1.922*
pH	5.620 ± 0.091	5.631 ± 0.020	0.011 ± 0.072*
Content of decenoic acids in terms of 10-hydroxydecenoic acid, %	0.103 ± 0.003	0.103 ± 0.004	100.384 ± 6.566
Quantitative content of crude protein, %	2.280 ± 0.158	2.173 ± 0.199	95.381 ± 5.632
Free acidity, mEq/kg	19.847 ± 0.674	26.356 ± 3.504	132.540 ± 15.981
Acid number, mg/g	26.161 ± 1.060	18.480 ± 6.858	70.011 ± 25.803
Iodine number, g / 100 g	3.736 ± 0.397	4.811 ± 0.687	127.934 ± 5.949

Таблица 4

Изменение показателей содержания биологически активных компонентов трутневого расплода с адсорбентом, состоящим из крахмала и глюкозы (80 : 20) при хранении в течение 1 года

Показатель	Свежий	1 год	% от исходного
Влажность, %	9,286 ± 0,832	8,257 ± 0,443	-1,029 ± 0,439*
Показатель окисляемости, с	6,733 ± 1,683	9,200 ± 0,115	2,467 ± 1,775*
pH	5,620 ± 0,091	5,484 ± 0,029	-0,136 ± 0,066*
Содержание деценовых кислот в пересчете на 10-гидроксидеценовую, %	0,103 ± 0,003	0,138 ± 0,004	133,208 ± 2,406
Количественное содержание сырого протеина, %	2,280 ± 0,158	1,845 ± 0,184	82,895 ± 14,642
Свободная кислотность, мЭкв/кг	19,847 ± 0,674	26,533 ± 1,391	133,515 ± 2,601
Кислотное число, мг/г	26,161 ± 1,060	23,855 ± 2,188	90,902 ± 5,541
Йодное число, г / 100 г	3,736 ± 0,397	3,493 ± 0,245	95,098 ± 10,279

Table 4

Changes in the content of biologically active components of drone brood with an adsorbent consisting of starch and glucose (80 : 20) during storage for 1 year

Indicator	Fresh	1 year	% from the initial one
Humidity, %	9.286 ± 0.832	8.257 ± 0.443	-1.029 ± 0.439*
Oxidation index, s	6.733 ± 1.683	9.200 ± 0.115	2.467 ± 1.775*
pH	5.620 ± 0.091	5.484 ± 0.029	-0.136 ± 0.066*
Content of decenoic acids in terms of 10-hydroxydecenoic acid, %	0.103 ± 0.003	0.138 ± 0.004	133.208 ± 2.406
Quantitative content of crude protein, %	2.280 ± 0.158	1.845 ± 0.184	82.895 ± 14.642
Free acidity, mEq/kg	19.847 ± 0.674	26.533 ± 1.391	133.515 ± 2.601
Acid number, mg/g	26.161 ± 1.060	23.855 ± 2.188	90.902 ± 5.541
Iodine number, g / 100 g	3.736 ± 0.397	3.493 ± 0.245	95.098 ± 10.279

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Продукт с применением адсорбента, состоящего из 96 частей крахмала и 4 частей глюкозы, при соотношении адсорбента и ГТР 5 : 1 при адсорбции образует рыхлую массу, которая плохо гранулируется. Это приводит к неравномерному гранулометрическому составу продукта и, как следствие, к неравномерному высушиванию, в результате чего конечный продукт имеет высокую влажность (более 17 %). По-видимому, именно с влажностью связан интенсивный рост показателя окисляемости, который уже в первые 6 месяцев хранения достигает 15,4 с, а спустя год – 16,8 с. Такой рост показателя окисляемости характеризует снижение содержания антиоксидантов. Вместе с этим уменьшается pH продукта: за первые 6 месяцев хранения – на 0,45 единицы, а спустя 1 год – на 1,18 ед. pH. Это указывает на процессы, приводящие к накоплению кислотных продуктов. Таким образом, необходимо дальнейшее изучение как состава адсорбента, так и режима сушки.

Изучены технологические характеристики адсорбентов, содержащих 10, 20 и 30 % глюкозы (остальное – крахмал). Наиболее перспективным по технологическим качествам определен адсорбент с 20 % глюкозы. Изучено разное соотношение адсорбента и трутневого расплода. Как наиболее перспективное определено соотношение 3 : 1. При таком соотношении компонентов полупродукт образует пластичную массу, которая легко формуется в брикеты и хорошо поддается влажной грануляции с образованием однородных по размеру гранул. В последующем эти гранулы равномерно, быстро высушиваются, с чем связана практически вдвое меньшая влажность, чем у предыдущего продукта. В процессе хранения все физико-химические показатели: показатель окисляемости, водородный показатель, свободная кислотность и йодное число – изменяются незначительно, что говорит о сохранении качества продукта при его хранении в течение года.

## Библиографический список

1. Mishyna M., Chen J., Benjamin O. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal [Электронный ресурс] // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 95. Pp. 141–148. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419302523> (дата обращения: 21.08.2023).
2. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects // NFS Journal. 2020. Vol. 18. DOI: 10.1016/j.nfs.2019.11.002.
3. Sidor E. et al. Searching for differences in chemical composition and biological activity of crude drone brood and royal jelly useful for their authentication // Foods. 2021. Vol. 10, No. 9. Article number 2233. DOI: 10.3390/foods10092233.
4. Митрофанов Д. В., Будникова Н. В. Физико-химические показатели безлактозной композиции маточного молочка с трутневым расплодом в процессе хранения // Сборник научных трудов X Юбилейной международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании» (Конференция «ИТНО 2022»). Дивноморское, 2022. С. 134–136. DOI: 10.23947/itse.2022.134-136.
5. Sidor E., Džugan M. Drone Brood Homogenate as Natural Remedy for Treating Health Care Problem: A Scientific and Practical Approach // Molecules. 2020. Vol. 25, No 23. Article number 5699. DOI: 10.3390/molecules25235699.
6. Nedashkivskiy V. M. The influence of partial substitutes of protein feed of bees on the production of drone larvae homogenate // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences. 2020. Vol. 22, No. 92. Pp. 15–18. DOI: 10.32718/nvlvet-a9203.
7. Jensen A. B., Evans J., Jonas-Levi A. et al. Standard methods for Apis mellifera brood as human food // Journal of Apicultural Research. 2019. Vol. 58. No. 2. DOI: 10.1080/00218839.2016.1226606.
8. Prokhoda I. A., Eliseeva E. V., Katunina N. P. et al. Quality management of the apiproduct from the drone larvae // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. No. 1. Article number 012132. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012132.
9. Silici S. Chemical Content and Bioactive Properties of Drone Larvae (Apilarnil) [Электронный ресурс] // Mellifera. 2019. Vol. 19. No. 2. Pp. 14–22. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/905641> (дата обращения: 21.08.2023).
10. Sawczuk R. et al. Evaluation of total phenols content, anti-DPPH activity and the content of selected antioxidants in the honeybee drone brood homogenate // Food Chemistry. 2022. Vol. 368. Article number. 130745. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130745.
11. Митрофанов Д. В., Будникова Н. В., Есенкина С. Н. [и др.]. Антиоксидантные соединения в гомогенате трутневого расплода разного возраста // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. Т. 10. № 1. С. 273–276. DOI: 10.48612/7z9a-kgmt-dex6.
12. Mitrofanov D. V., Vakhonina E. A., Budnikova N. V. Reducing agents of drone brood products supplemented by royal jelly, propolis and chitosan derivatives // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. No. 1. Article number 012146. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012146.
13. Sonmez E. et al. An evaluation of the chemical composition and biological properties of Anatolian Royal Jelly, drone brood and queen bee larvae // European Food Research and Technology. 2023. Vol. 249. No. 5. Pp. 1391–1401. DOI: 10.1007/s00217-023-04221-0.
14. Schiel L. et al. Applicability of analytical methods for determining the composition of edible insects in German Food Control // Journal of Food Composition and Analysis. 2022. Vol. 112. Article number 104676. DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104676.
15. Doğanıyıt Z., Okan A., Kaymak E. et al. Investigation of protective effects of apilarnil against lipopolysaccharide induced liver injury in rats via TLR 4/HMGB-1/NF-κB pathway // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2020. Vol. 125. Article number 109967. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.109967.
16. Sidor E. et al. The effect of storage time on the antioxidant activity and polyphenolic profile of frozen and lyophilized drone brood fixed in honey // Zywnosc. 2022. Vol. 29. No. 2. DOI: 10.15193/zntj/2022/131/415.
17. Doğanıyıt Z., Kaymak E., Asli O. et al. Investigation of Protective Effects of Apilarnil Against Lipopolysaccharide Induced Lung Injury in Rats [Электронный ресурс] // Mellifera. 2020. Vol. 20. No. 1. URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/mellifera/issue/55500/758355> (дата обращения: 21.08.2023).
18. Koşum N. et al. Chemical Composition and Androgenic Effect of Bee Drone Larvae (Apilarnil) for Goat Male Kids // Chemistry & Biodiversity. 2022. Vol. 19. No. 8. Article number e202200548. DOI: 10.1002/cbdv.202200548.
19. Езерская П. А., Бирюкова Н. В. Лактазная недостаточность (обзор литературы) // Тенденции развития науки и образования. 2021. №. 74-1. С. 37–42. DOI: 10.18411/lj-06-2021-08.



20. Kovalenko E. et al. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2023. Pp. 803–810. DOI: 10.1038/s41430-023-01294-8.

21. Макарова Л. В. Лактазная недостаточность. Способы удаления лактозы из молочного сырья [Электронный ресурс] // Наука и молодежь: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул, 2022. С. 272–274. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_49943323\\_89697244.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49943323_89697244.pdf) (дата обращения: 21.08.2023).

#### Об авторах:

**Дмитрий Викторович Митрофанов**, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр пчеловодства, Рязанская обл., Рыбное, Россия; ORCID 0000-0002-9162-0584, AuthorID 871369. E-mail: [dima-mitrofanoff2012@yandex.ru](mailto:dima-mitrofanoff2012@yandex.ru)

**Наталья Валентиновна Будникова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр пчеловодства, Рязанская обл., Рыбное, Россия; ORCID 0000-0001-9550-3070, AuthorID 621838. E-mail: [beenataliya7@mail.ru](mailto:beenataliya7@mail.ru)

#### References

1. Mishyna M., Chen J., Benjamin O. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology* [Internet]. 2020 [cited 2023 Aug 21]; 95: 141–148. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419302523>.

2. Imathiu S. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*. 2020; 18. DOI: 10.1016/j.nfs.2019.11.002.

3. Sidor E. et al. Searching for differences in chemical composition and biological activity of crude drone brood and royal jelly useful for their authentication. *Foods*. 2021; 10. DOI: 10.3390/foods10092233.

4. Mitrofanov D. V., Budnikova N. V. Physicochemical parameters of the lactose-free composition of royal jelly with drone brood during storage. *Collection of scientific papers of the anniversary X international scientific and practical conference “Innovative Technologies in Science and Education” (“ITSE 2022” Conference)*. Divnomorskoe, 2022. DOI: 10.23947/itse.2022.134-136. (In Russ.)

5. Sidor E., Džugan M. Drone Brood Homogenate as Natural Remedy for Treating Health Care Problem: A Scientific and Practical Approach. *Molecules*. 2020; 25. DOI: 10.3390/molecules25235699.

6. Nedashkivskiy V. M. The influence of partial substitutes of protein feed of bees on the production of drone larvae homogenate. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences*. 2020; 22. DOI: 10.32718/nvlvet-a9203.

7. Jensen A. B., Evans J., Jonas-Levi A. et al. Standard methods for Apis mellifera brood as human food. *Journal of Apicultural Research*. 2019; 58. DOI: 10.1080/00218839.2016.1226606.

8. Prokhoda I. A., Eliseeva E. V., Katunina N. P. et al. Quality management of the apiproduct from the drone larvae. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 274. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012132.

9. Silici S. Chemical Content and Bioactive Properties of Drone Larvae (Apilarnil). *Mellifera* [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 21]; 14–22. Available from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/mellifera/issue/51162/665760>.

10. Sawczuk R. et al. Evaluation of total phenols content, anti-DPPH activity and the content of selected antioxidants in the honeybee drone brood homogenate. *Food Chemistry*. 2022; 368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130745.

11. Mitrofanov D. V., Budnikova N. V., Yesenkina S. N. et al. Antioxidant compounds in the homogenate of drone brood of different ages. *Collection of Scientific Papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 2021; 10. DOI: 10.48612/7z9a-kgmt-dex6. (In Russ.)

12. Mitrofanov D. V., Vakhonina E. A., Budnikova N. V. Reducing agents of drone brood products supplemented by royal jelly, propolis and chitosan derivatives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012146.

13. Sonmez E. et al. An evaluation of the chemical composition and biological properties of Anatolian Royal Jelly, drone brood and queen bee larvae *European Food Research and Technology*. [Internet] 2023 [cited 2023 Aug 21]; 249. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-023-04221-0>.

14. Schiel L. et al. Applicability of analytical methods for determining the composition of edible insects in German Food Control. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022; 112. DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104676.

15. Doğanyığıt Z., Okan A., Kaymak E. et al. Investigation of protective effects of apilarnil against lipopoly-saccharide induced liver injury in rats via TLR 4/HMGB-1/NF-κB pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2020; 125 DOI: 10.1016/j.biopha.2020.109967.

16. Sidor E. et al. The effect of storage time on the antioxidant activity and polyphenolic profile of frozen and lyophilized drone brood fixed in honey. *Zywnosc*. 2022; 29. DOI: 10.15193/zntj/2022/131/415.

17. Doğanyığıt Z., Kaymak E., Asli O. et al. Investigation of Protective Effects of Apilarnil Against Lipopolysaccharide Induced Lung Injury in Rats. *Mellifera* [Internet]. 2020 [cited 2023 Aug 21]; 20: 3–15. Available from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/mellifera/issue/55500/758355>.
18. Koşum N. et al. Chemical Composition and Androgenic Effect of Bee Drone Larvae (Apilarnil) for Goat Male Kids. *Chemistry & Biodiversity*. 2022; 19. DOI: 10.1002/cbdv.202200548.
19. Ezerskaya P. A., Biryukova N. V. Lactase deficiency (literature review). Trends in the Development of Science and Education. 2021; DOI: 10.18411/lj-06-2021-08. (In Russ.)
20. Kovalenko E. et al. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2023. DOI: 10.1038/s41430-023-01294-8.
21. Makarova L. V. Lactase deficiency. Methods for removing lactose from raw milk. *Science and youth: materials of the XIX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists*. Barnaul, 2022. Vol. 1. Pp. 272–274. (In Russian.)

**Authors' information:**

**Dmitriy V. Mitrofanov**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, Federal Beekeeping Research Centre, Ryazan region, Rybnoe, Russia; ORCID 0000-0002-9162-0584, AuthorID 871369.

*E-mail: dima-mitrofanoff2012@yandex.ru*

**Natalya V. Budnikova**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Federal Beekeeping Research Centre, Ryazan region, Rybnoe, Russia; ORCID 0000-0001-9550-3070, AuthorID 621838.

*E-mail: beenataliya7@mail.ru*