

УДК 665.2

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
ВЫСУШЕННОЙ ЛИЧИНКИ МУХИ
HERMETIA ILLUCENS И ЖИРА
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССУ ОТЖИМА**

Мальцева Татьяна Александровна
младший научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код: 7418-8531
vif.tatyana@yandex.ru

*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматривается использование насекомых как альтернативных источников белка и жира в комбикормовом производстве. На основании обзора литературных данных представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава нескольких видов насекомых: личинки большого мучного хрущака *Tenebrio molitor*, личинки малого мучного хрущака *Alphitobius diaperinus* и личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens*. Представлены полезные свойства жира личинки. Проведены исследования по изучению реологических свойств жира личинки при разной температуре. При варьировании температуры от 20 до 95 °С вязкость жира личинки изменяется от 1500 мПа/с до 5,7 мПа/с. Рассмотрено влияние массовой доли влаги личинки на давление, при котором происходит фильтрация жира. Массовую долю влаги варьировали от 6 до 15%. Анализ влияния гранулометрического состава исследуемого материала на процесс уплотнения и фильтрации жира показал, что фильтрация жира из неизмельченного материала происходит при давлении 15 МПа, при измельчении материала фильтрация жира происходит при давлении 11 МПа. По результатам проведенных исследований выявлены оптимальные технологические параметры высушенной личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens* при отжиге из них жира. Оптимальная температура отжима жира не должна превышать 60 °С. Оптимальная массовая доля влаги, при которой наблюдается наименьшее давление, при котором происходит фильтрация жира, составляет 12%

Ключевые слова: HERMETIA ILLUCENS; ВЯЗКОСТЬ; БИОМАССА НАСЕКОМЫХ; КОРМОВОЙ БЕЛОК; КОРМОВОЙ ЖИР; ПОЛУЧЕНИЕ ЖИРА; МУХА ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-173-021>

UDC 665.2

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**RESEARCH OF THE PROPERTIES OF DRIED
HERMETIA ILLUCENS FLY LARVAE AND
FAT IN RELATION TO THE EXTRACTION
PROCESS**

Maltseva Tatyana Alexandrovna
Junior researcher
RSCI SPIN-code: 7418-8531
vif.tatyana@yandex.ru

*Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russia*

The article discusses the use of insects as alternative sources of protein and fat in feed production. Based on a review of the literature data, a comparative characteristic of the amino acid composition of several insect species is given: larvae of the large flour crunch *Tenebrio molitor*, larvae of the small flour crunch *Alphitobius diaperinus* and larvae of the Black soldier fly *Hermetia illucens*. The useful properties of larva fat. The rheological properties of larval fat at different temperatures have been studied. When the temperature varies from 20 to 95 °C, the viscosity of the larva fat varies from 1500 MPa/s to 5.7 MPa/s. The influence of the mass fraction of the larva moisture on the pressure at which fat filtration occurs is considered. The mass fraction of moisture varied from 6 to 15%. The analysis of the influence of the granulometric composition of the material under study on the process of fat compaction and filtration showed that fat filtration from non-crushed material occurs at a pressure of 15 MPa, when the material is crushed, fat filtration occurs at a pressure of 11 MPa. According to the results of the conducted studies, the optimal technological parameters of the dried larva of the Black soldier fly *Hermetia illucens* were revealed when fat was squeezed out of them. The optimum temperature of fat extraction should not exceed 60 °C. The optimal mass fraction of moisture, at which the lowest pressure is observed, at which fat filtration occurs, is 12%

Keywords: HERMETIA ILLUCENS; VISCOSITY; INSECT BIOMASS; FEED PROTEIN; FEED FAT; FAT PRODUCTION; BLACK SOLDIER FLY

Введение

Одной из целей устойчивого развития ООН является ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства. Достижение этой цели невозможно без устойчивого развития кормовой базы, повышения питательной ценности кормов без увеличения их себестоимости [7,10]. Основными источниками белка и жира в кормах являются мясокостная, рыбная мука и рыбий жир. По прогнозам FAO, к 2030 году потребление рыбы увеличится на 7%, что вызовет рост цен на рыбную муку и рыбий жир. Повышение цен на корма может привести и к изменению видовой структуры продукции аквакультуры с переходом на виды, выращивание которых возможно с использованием более дешевых кормов, со сниженным количеством кормов или без откорма [11]. Поэтому поиск альтернативных источников белка и жира, не уступающих по качеству рыбьему жиру и рыбной муке, является актуальной задачей.

В качестве альтернативных источников белка и жира всё больший интерес вызывают насекомые. Они обладают способностью быстро воспроизводиться на любом органическом субстрате, не образуя токсичных отходов. Одновременно решается проблема дефицита белка и жира в кормах и утилизация отходов. На рисунке 1 представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*), малого мучного хрущака (*Alphitobius diaperinus*), личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) и рыбной муки [1,3,5]. Из рисунка видно, что по аминокислотному составу насекомые превосходят рыбную муку и могут служить достойным альтернативным источником белка в кормах.

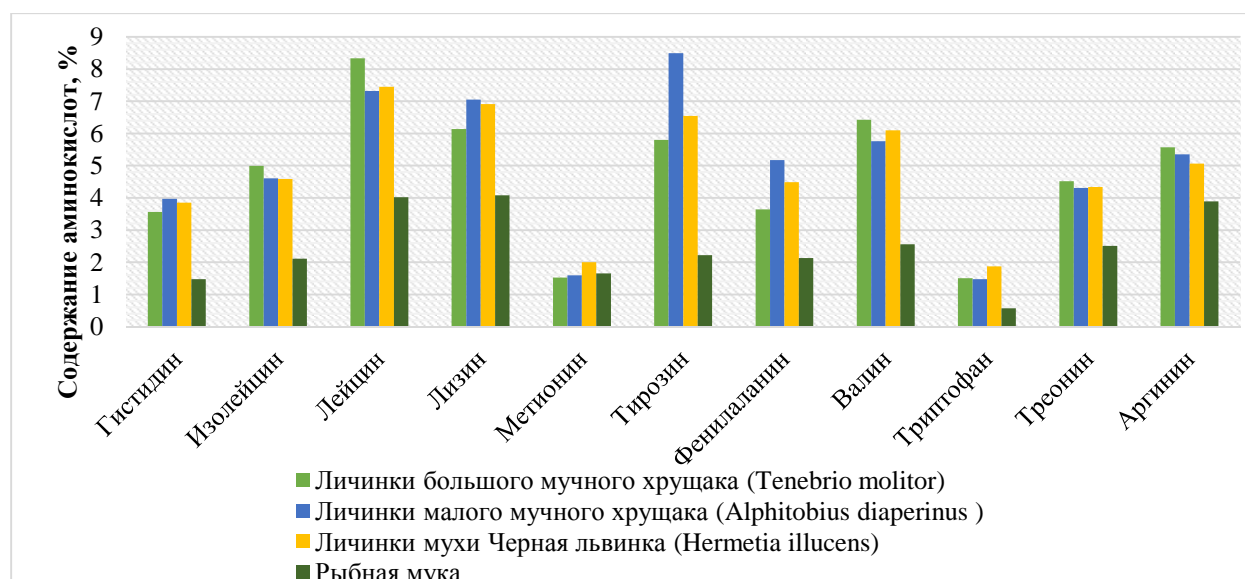


Рисунок 1 - Аминокислотный состав (г/100 г белка) личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor*), личинки малого мучного хрущака (*Alphitobius diaperinus*), личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) и рыбной муки

Личинки мухи Черная львинка обладают преимуществом перед малым и большим мучным хрущак: личинки мухи растут быстрее - мучной хрущак вырастает за 1,5 - 2 мес. (в зависимости от условий выращивания), муха Черная львинка – 1 мес; личинки мухи Черная львинка можно выращивать на любом органическом субстрате – пищевые отходы растительного и животного происхождения, в то время, как личинки большого и малого хрущака выращиваются преимущественно на сухих растительных продуктах – зерне, муке, комбикорме и сухофруктах. Содержание жира в личинке мухи *Hermetia illucens* варьируется от 23 до 35 % в зависимости от субстрата, на котором они были выращены. В составе жира личинки содержится лауриновая кислота и пептиды, обладающие антибактериальными свойствами, витамин Е (до 25 мг/100 гр.), регулирующий в организме животных воспроизводительную функцию и участвующий во многих процессах, протекающих в организме [2,3,4,6].

Таким образом, личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens* могут стать достойным альтернативным источником белка и жира в комбикормовом производстве.

Однако потребность в соотношении жиров и белков в кормовой смеси для разных животных различна. Для добавления определенного количества жира в корма необходимо его отделить от белковой части. Это упростит составление рецепта комбикормов для различных животных. К тому же, присутствие жира в высушенной биомассе насекомых является нежелательным, поскольку жир гидролизуется и окисляется, что вызывает ухудшение качества биомассы.

Материалы и методы

Для определения влияния гранулометрического состава биомассы насекомых на процесс уплотнения и отжима жира были взяты два образца: высушенная до массовой доли влаги 6% целая личинка мухи Черная львинка и измельченная на лабораторной мельнице личинка до размера частиц, проходящих через сито диаметром 1мм в количестве не менее 60% от всей массы. На рисунках 2а и 2б представлены образцы.

Гранулометрический состав размолотого на лабораторной мельнице образца определяли по стандартной методике, представленной в ГОСТ 13496.8. 200 грамм образца помещали в рассев-анализатор с набором штампованных сит, имеющие отверстия диаметром 1,2,3 и 5 мм.



а

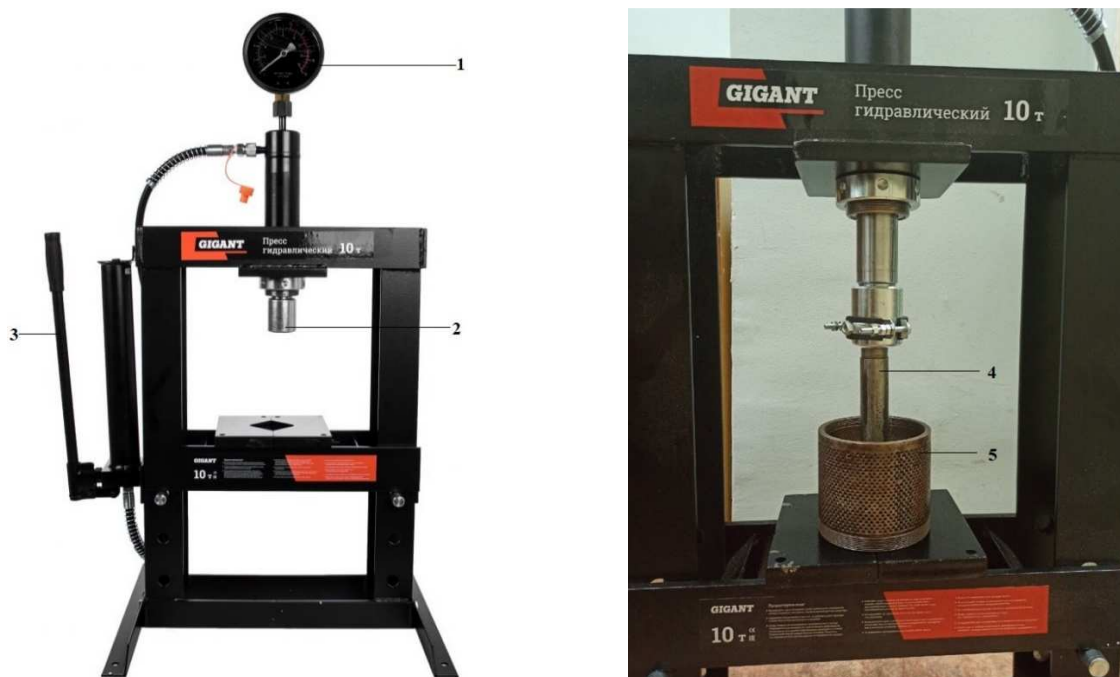


б

а – целая; б – размолотая

Рисунок 2 – Высушенная личинка мухи Черная львинка *Hermetia illucens*

Для определения влияния гранулометрического состава на процесс отжима жира, а именно на давление, при котором начинает истекать жир, использовали лабораторную установку, представленную на рисунке 3.



1- манометр; 2 – ходовая часть пресса гидравлического; 3 – рукоятка для нагнетания давления; 4 – поршень зерной камеры; 5 – зерная камера

Рисунок 3 – Лабораторная установка для определения влияния свойств материала на давление

Лабораторная установка состоит из гидравлического пресса с манометром 1, цилиндра гидравлического пресса зерного стакана 2 и поршня 1. Зерный стакан с отверстиями диаметром 0,8 мм имитирует зерную камеру маслопресса. Обзор литературных данных показал, что оптимальным размером отверстий в зерной камере является диаметр 0,8 мм, при котором происходит отделение жира от белковой части, и белковая часть не проходит через отверстия [8].

Лабораторные испытания по определению влияния гранулометрического состава материала на процесс отжима жира проводили следующим образом: высушенную неизмельченную личинку мухи Черная львинка *Hermetia illucens* помещали в зерный стакан без уплотнения, сверху устанавливали поршень и постепенно прикладывали

силу с помощью рукоятки гидравлического пресса. Одно нажатие соответствует движению ходовой части на 1 мм. Замеряли уплотнение материала в зерной камере, изменение давления в процессе его нагнетания и фиксировали значения давления, при котором начинает истекать жир. Анализ проводили в трех повторностях, за результат принимали среднее значение. Такие же испытания проводили с измельченной личинкой.

Для определения влияния массовой доли влаги биомассы насекомых на давление, при котором происходит фильтрация жира, измельченную личинку влажностью 6% увлажняли до массовой доли влаги 9, 12 и 15%. Необходимое количество воды для доведения до нужной влажности определяли по формуле:

$$M_B = M_L * \frac{B_2 - B_1}{100 - B_2} \quad (1)$$

где: M_L – масса увлажняемой измельченной личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens*;

B_1 – исходная влажность, %;

B_2 – конечная влажность, %.

Определение влияния массовой доли влаги личинки на процесс отжима определяли с помощью лабораторной установки, представленной на рисунке 3.

Исследование вязкости жира проводили на ротационном вискозиметре BROOKFIELD DV-II+ Pro. Диапазон варьирования скорости вискозиметра (число оборотов шпинделя) изменяли от 0,3 до 100 об/мин.

Исследуемый жир поместили в лабораторный термостойкий стакан, в него погрузили температурный датчик и измерительный шпиндель. Измерение вязкости проводили при различных скоростях сдвига. Также фиксировали показатели скорости и напряжение сдвига. Далее, на водяной бане

постепенно нагревали испытуемый образец, параллельно замеряя и фиксируя температуру и вязкость. Испытуемый материал подогревали от 20 до 100 °С.

Результаты и обсуждение

Результаты определения влияния гранулометрического состава биомассы насекомых на давление, при котором происходит фильтрация жира, показал, что при прессовании неизмельченной биомассы насекомых фильтрация жира происходит при давлении 15 МПа, при измельчении биомассы давление уменьшается до 11 МПа.

Результаты исследования влияния массовой доли влаги биомассы насекомых на давление представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния массовой доли влаги измельченной личинки на давление, при котором происходит фильтрация жира

Влажность, %	6,0	9,0	12,0	15,0
Давление, МПа	11,0	5,5	3,5	2,5

Массовая доля влаги оказывает существенное влияние на давление, при котором происходит отделение жира от белковой части. Как показал эксперимент, наименьшее давление наблюдается при массовой доле влаги 15%. Но стоит отметить, что при дальнейшем нагнетании давления, жир начинает выходить вместе с белковой частью в виде пасотообразной массы. Это объясняется тем, что при влажности 15% биомасса обладает высокой пластичностью, что не позволяет отделить от нее жир. Поэтому массовая доля влаги 12% является оптимальной.

Результаты влияния температуры на вязкость жира представлены на рисунке 4.

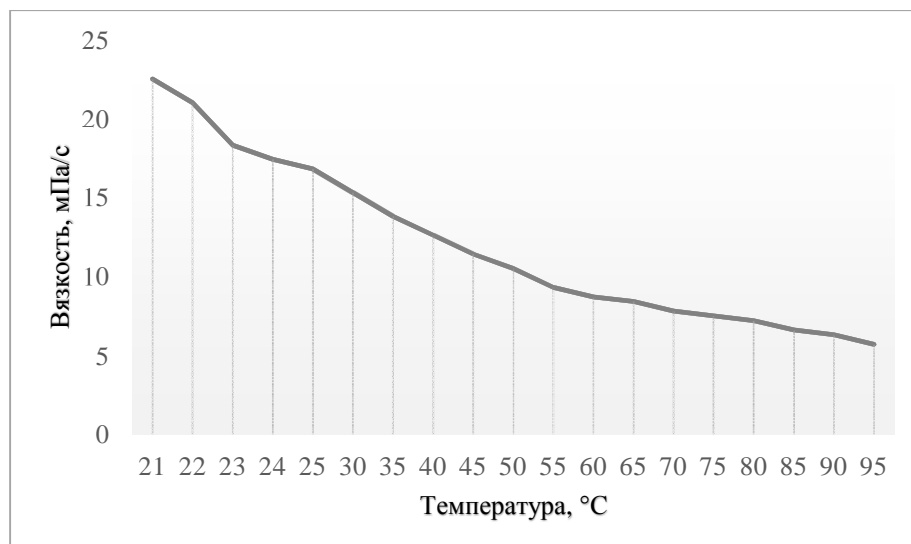


Рисунок 4 – Влияние изменения температуры жира личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens* на его вязкость

При температуре 20°C жир имеет твердую структуру и показатели вязкости 1500 мПа/с. При температуре 21°C и выше жир начинает плавиться, становится жидким и его вязкость стремительно уменьшается. При дальнейшем повышении температуры на каждые 5 °C происходит изменение вязкости жира на 1.5-2.7 мПа/с. После достижения температуры 60 °C вязкость жира начинает изменяться в меньшей мере и составляет 0.3-0.6 мПа/с и продолжает уменьшаться до 95 °C. Дальнейшее исследование изменения вязкости жира от температуры не представляет область интереса, поскольку из литературных данных [9,12,13] выявлено, что повышение температуры более 60-70 °C приводит к ухудшению качества жира и белка. Поэтому оптимальной температурой отжима жира из биомассы личинки мухи Черной львинки *Hermetia illucens* является 60 °C.

Выводы

По результатам проведенных исследований выявлены оптимальные технологические параметры высушенной личинки мухи Черная львинка применительно к процессу отжима жира. Перед процессом отжима жира личинка мухи Черная львинка должна быть измельчена до размера частиц,

проходящих через сито диаметром 1 мм в количестве не менее 60%. Массовая доля влаги должна составлять 12% - при такой влажности давление, при котором происходит фильтрация жира, составляет 3,5 МПа. Процесс отжима должен проходить при температуре 60 °С. При такой температуре жир имеет низкую вязкость, что будет способствовать максимальному извлечению жира.

Благодарности. Работа выполнена в рамках исполнения гранта президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-1700.2021.5, соглашение № 075-15-2021-179).

Литература

1. Caligiani A. Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin / A. Caligiani, A. Marseglia, G. Leni, S. Baldassarre et al. / - Food Research International. - March 2018. - P. 812.
2. Lee D.-H. Peptides in the hemolymph of *Hermetia illucens* larvae completely inhibit the growth of *Klebsiella pneumonia* in vitro and in vivo / Lee D.-H., K.-B. Chu, H.-J. Kang, S.-H. Lee, F.-S. Quan/ Journal of Asia-Pacific Entomology, Volume 23, Issue 1, 2020, Pages 36-43, <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.10.004>.
3. Liland, Nina S. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media / Nina S. Liland, Irene Biancarosa, Pedro Araujo, Daan Biemans, Christian G. Bruckner, Rune Waagbø, Bente E. Torstensen, Erik-Jan Lock / - Plos One, 2017 – P. 23.
4. Park, S.-I. Purification and characterization of a novel antibacterial peptide from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / S.-I. Park, J.-W. Kim, S. M. Yoe/ Developmental & Comparative Immunology, Volume 52, Issue 1, 2015, Pages 98-106, <https://doi.org/10.1016/j.dci.2015.04.018>.
5. Janssen, R.H. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens* / Renske H. Janssen, Jean-Paul Vincken, Lambertus A.M. van den Broek, Vincenzo Fogliano, Catriona M.M. Lakemond / - J. Agricultural and Food Chemistry. - March 2, 2017. - P. 2275.
6. Антонов А. М., Lutovinova E., Иванов Г. А., Пастухова Н. О. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4–19. DOI: [10.15393/j1.art.2017.6302](https://doi.org/10.15393/j1.art.2017.6302)
7. Богомолова, И. П. Научное исследование динамики и тенденций развития Отечественной комбикормовой промышленности / И. П. Богомолова, И. Н. Василенко, С. Д. П. Д. Силва // Вектор экономики. – 2016. – № 6(6). – С. 46.
8. Мальцева, Т. А. Анализ прессующего оборудования для отжима масел и жиров из сельскохозяйственного сырья / Т. А. Мальцева, В. А. Сердюк // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019) : сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ), с. Дивноморское, 04–14 сентября 2019 года. – с. Дивноморское: Общество с

ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2019. – С. 129-133. – DOI 10.23947/itno.2019.129-133.

9. Сергеев, А.Г. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. Том 1. Книга 1 [Текст] / Сергеев А.Г., Гавриленко И.В., Брик В.Н. и др. – ВНИИЖ, Ленинград. – 1975. – 726 с.

10. Соколов И.В. Альтернативные источники кормового белка // Сельская сибирь. 2019. № 2(10) - С. 44-46

11. Пономарева, Е. Н. Перспективы развития аквакультуры в южных регионах России / Е. Н. Пономарева, Д. В. Рудой, М. Н. Сорокина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 10(189). – С. 6-11. – DOI 10.33920/sel-09-2110-01.

12. Яковлев, Д. А. Экономический анализ технологии переработки личинки чёрной львинки (*Hermetia illucens* L), с получением протеинового концентрата / Д. А. Яковлев, Д. В. Рудой // Инновационные технологии в науке и образовании : Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, с. Дивноморское, 05–09 сентября 2018 года / Редколлегия Ю.Ф. Лачуга [и др.]. – с. Дивноморское: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2018. – С. 419-422. – DOI 10.23947/itno.2018.2.419-422.

13. Яковлев Д.А. Физико-механические и химические свойства высушенных фракций личинки черной львинки (*hermetia illucens*) / Д. А. Яковлев, Т. А. Вифлянцева, Д. В. Рудой [и др.] // Актуальные проблемы науки и техники. 2019 : Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 26–28 марта 2019 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 817.

References

1. Caligiani A. Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin / A. Caligiani, A. Marseglia, G. Leni, S. Baldassarre et al. / - Food Research International. - March 2018. - P. 812.

2. Lee D.-H. Peptides in the hemolymph of *Hermetia illucens* larvae completely inhibit the growth of *Klebsiella pneumoniae* in vitro and in vivo / Lee D.-H., K.-B. Chu, H.-J. Kang, S.-H. Lee, F.-S. Quan/ Journal of Asia-Pacific Entomology, Volume 23, Issue 1, 2020, Pages 36-43, <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.10.004>.

3. Liland, Nina S. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media / Nina S. Liland, Irene Biancarosa, Pedro Araujo, Daan Biemans, Christian G. Bruckner, Rune Waagbø, Bente E. Torstensen, Erik-Jan Lock / - Plos One, 2017 – P. 23.

4. Park, S.-I. Purification and characterization of a novel antibacterial peptide from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / S.-I. Park, J.-W. Kim, S. M. Yoe/ Developmental & Comparative Immunology, Volume 52, Issue 1, 2015, Pages 98-106, <https://doi.org/10.1016/j.dci.2015.04.018>.

5. Janssen, R.H. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens* / Renske H. Janssen, Jean-Paul Vincken, Lambertus A.M. van den Broek, Vincenzo Fogliano, Catriona M.M. Lakemond / - J. Agricultural and Food Chemistry. - March 2, 2017. - P. 2275.

6. Antonov A. M., Lutovinovas E., Ivanov G. A., Pastuhova N. O. Adaptacija i perspektivy razvedenija muhi Chernaja l'vinka (*Hermetia illucens*) v cirkumpoljarnom regione // Principy jekologii. 2017. № 3. S. 4–19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302

7. Bogomolova, I. P. Nauchnoe issledovanie dinamiki i tendencij razvitija Otechestvennoj kombikormovoj promyshlennosti / I. P. Bogomolova, I. N. Vasilenko, S. D. P. D. Silva // Vektor jekonomiki. – 2016. – № 6(6). – S. 46.

8. Mal'ceva, T. A. Analiz pressujushhego oborudovanija dlja otzhima masel i zhirov iz sel'skohozjajstvennogo syr'ja / T. A. Mal'ceva, V. A. Serdjuk // Innovacionnye tehnologii v nauke i obrazovanii (ITNO-2019) : sbornik trudov VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 90-letiju DGTU (RISHM), s. Divnomorskoe, 04–14 sentjabrja 2019 goda. – s. Divnomorskoe: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "DGTU-PRINT", 2019. – S. 129-133. – DOI 10.23947/itno.2019.129-133.

9. Sergeev, A.G. Rukovodstvo po tehnologii poluchenija i pererabotki rastitel'nyh masel i zhirov. Tom 1. Kniga 1 [Tekst] / Sergeev A.G., Gavrilenko I.V., Brik V.N. i dr. – VNIIZh, Leningrad. – 1975. – 726 s.

10. Sokolov I.V. Al'ternativnye istochniki kormovogo belka // Sel'skaja sibir'. 2019. № 2(10) - S. 44-46

11. Ponomareva, E. N. Perspektivy razvitija akvakul'tury v juznyh regionah Rossii / E. N. Ponomareva, D. V. Rudoj, M. N. Sorokina // Rybovodstvo i rybnoe hozjajstvo. – 2021. – № 10(189). – S. 6-11. – DOI 10.33920/sel-09-2110-01.

12. Jakovlev, D. A. Jekonomicheskij analiz tehnologii pererabotki lichinki chjornoj l'vinki (*Hermetia illucens* L), s polucheniem proteinovogo koncentrata / D. A. Jakovlev, D. V. Rudoj // Innovacionnye tehnologii v nauke i obrazovanii : Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, s. Divnomorskoe, 05–09 sentjabrja 2018 goda / Redkollegija Ju.F. Lachuga [i dr.]. – s. Divnomorskoe: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "DGTU-PRINT", 2018. – S. 419-422. – DOI 10.23947/itno.2018.2.419-422.

13. Jakovlev D.A. Fiziko-mehanicheskie i himicheskie svojstva vysushennyh frakcij lichinki chernoj l'vinki (*hermetia illucens*) / D. A. Jakovlev, T. A. Vifljanceva, D. V. Rudoj [i dr.] // Aktual'nye problemy nauki i tehniki. 2019 : Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rostov-na-Donu, 26–28 marta 2019 goda. – Rostov-na-Donu: Donskoj gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2019. – S. 817.