

УДК 66-9

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВЧ-ОБРАБОТКИ ВЫСУШЕННОЙ БИОМАССЫ НАСЕКОМЫХ HERMETIA ILLUCENS НА ПРОЦЕСС ОТЖИМА ЖИРА

Рудой Дмитрий Владимирович
канд. техн. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru

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

Пахомов Виктор Иванович
д-р техн. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 5815-4913
v.i.pakhomov@mail.ru

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия*

Мальцева Татьяна Александровна
младший научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код: 7418-8531
vif.tatyana@yandex.ru
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ольшевская Анастасия Владимировна
канд. техн. наук
РИНЦ SPIN-код: 8026-6860
oav.donstu@gmail.com
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

В статье рассматриваются насекомые как альтернативные источники белка и жира в комбикормовом производстве. Особое внимание уделяется личинке мухи Черная Лыбка *Hermetia Illucens* и ее разделению на белковую и жировую часть с помощью маслопресса с предварительным нагревом биомассы. Представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава личинки с составом рыбной, кровяной и мясокостной муки, наглядно демонстрирующая возможность замены дорогостоящих компонентов кормов без ухудшения их качества. Экспериментально доказано, что СВЧ-нагрев положительно влияет на процесс отжима жира и происходит при меньшем давлении, чем при традиционном конвективном нагреве. Так, при СВЧ-нагреве отжим жира происходит при давлении в зерновой камере 1,9 МПа, а при конвективном способе 6,0 МПа. Также рассмотрено влияние интенсивности СВЧ-нагрева на давление, при котором происходит отжим жира,

UDC 66-9

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MICROWAVE PROCESSING OF DRIED BIOMASS OF HERMETIA ILLUCENS INSECTS ON THE PROCESS OF FAT PRESSING

Rudoy Dmitry Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN-code: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru

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

Pakhomov Victor Ivanovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 5815-4913
v.i.pakhomov@mail.ru

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia*

Maltseva Tatyana Alexandrovna
Junior researcher
RSCI SPIN-code: 7418-8531
vif.tatyana@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Olshevskaya Anastasiya Vladimirovna
Cand.Tech.Sci.
RSCI SPIN-code: 8026-6860
oav.donstu@gmail.com
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

The article discusses insects as alternative sources of protein and fat in feed production. Particular attention is paid to the larva of the Black Soldier fly *Hermetia Illucens* and its separation into protein and fat parts using an oil press with preliminary heating of the biomass. The article presents a comparative characteristic of the amino acid composition of the larva with the composition of fish, blood and meat and bone meal, which clearly demonstrates the possibility of replacing expensive feed components without deteriorating their quality. It has been experimentally proven that microwave heating has a positive effect on the fat squeezing process and occurs at a lower pressure than with traditional convective heating. So, with microwave heating, fat is squeezed out at a pressure in the grain chamber of 1.9 MPa, and with a convective method of 6.0 MPa. The influence of the intensity of microwave heating on the pressure at which the fat is squeezed out and the acid number of the fat obtained are also considered. It was found that

и кислотное число полученного жира. Установлено, что интенсивность нагрева не оказывает существенного влияния на кислотное число и меняется в диапазоне от 8,1-8,5 мг КОН/г при норме не более 10 мг КОН/г, но влияет на давление, при котором происходит отжим жира и уменьшается с 4,5 до 1,9 МПа при увеличении мощности СВЧ-нагрева с 300 до 1000 Вт

Ключевые слова: КОМБИКОРМОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО, HERMETIA ILLUCENS, ОТЖИМ ЖИРА, СВЧ; НАСЕКОМЫЕ, КОРМОВОЙ БЕЛОК, КОРМОВОЙ ЖИР

the intensity of heating does not have a significant effect on the acid number and varies in the range from 8.1-8.5 mg KOH / g at a rate of no more than 10 mg KOH / g, but affects the pressure at which the fat is squeezed out and decreases from 4.5 to 1.9 MPa with an increase in the microwave heating power from 300 to 1000 W

Keywords: COMPOUND FEED PRODUCTION, HERMETIA ILLUCENS, EXTRACT FAT, MICROWAVE, INSECTS, FODDER PROTEIN, FEED FAT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-174-024>

Введение

С увеличением численности населения возрастает спрос на продукцию животного происхождения, что провоцирует рост на корма и, соответственно, на их ингредиенты. По данным FAO, к 2030 году потребление человеком рыбной продукции вырастет примерно на 89% по сравнению с 2018 годом. Кроме того, увеличивается потребление рыбной продукции, выращенной в секторе аквакультуры с 52% в 2018 году до 59% в 2030 году. Это вызовет рост цен на искусственно выращенную рыбу - по прогнозам, средняя цена на рыбу, к 2030 году вырастет на 22% по сравнению с 2018 годом – и, соответственно на корма и их ингредиенты: рыбий жир и рыбную муку.

По данным прогноза развития сельского хозяйства (OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030) [3] к 2030 году, помимо рыбной, на 14% увеличатся объемы мирового потребления мясной продукции – говядины, свинины, птицы и баранины. Ожидается, что к 2030 году доступность мяса говядины вырастет на 5,9%, свинины на 13,1%, птицы 17,8% и баранины на 15,7%. Наибольший рост потребления мясной продукции приходится на долю мяса из птицы. Для развивающихся стран с низкими доходами такой рост связан с более низкой стоимостью данного вида продукции по сравнению с другими видами мяса, в то время, как для стран с высоким уровнем доходов это указывает на повышенный спрос к белому мясу,

<http://ej.kubagro.ru/2021/10/pdf/24.pdf>

которое считается более здоровой пищей и которое удобно готовить. Увеличение цены на мясо будет умеренно расти по мере увеличения спроса и повышения стоимости кормов.

При таком росте потребления и увеличении цен на продукцию и корма возникает острая необходимость в поиске альтернативных источников белка и жира для комбикормового производства.

В последнее время уделяется большое внимание насекомым как альтернативным источникам белка и жира в комбикормовом производстве. В мире существует огромное количество насекомых, которые используются в кормовом и пищевом производстве. В комбикормовом производстве чаще других используют таких насекомых, как: личинка мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*), домашняя муха (*Muca Domestica*) шелкопряды (*Anaphe panda*), мучные черви (*Tenebrio molitor*), кузнечики (*Oxya fuscovittata*, *Acrida exaltata*, *Hieroglyphus banian*) и термиты (*Trinervitermes*).

Личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) имеют ряд преимуществ перед другими видами насекомых: по своим биологическим особенностям они не являются переносчиками болезней, быстро растут (особенно в сравнении с мучным хрущак), могут перерабатывать любые отходы, что дополнительно решает проблемы экологии и утилизации пищевых отходов [1,2,11]. Кроме того, сравнительный анализ личинки мухи Черной львинки с рыбной, мясокостной и кровяной мукой – основными источниками белка в кормах (рисунок 1), показал, что ее состав схож с составом белковой муки различного происхождения и может служить достойной заменой белка в кормовом производстве [1,5,10]

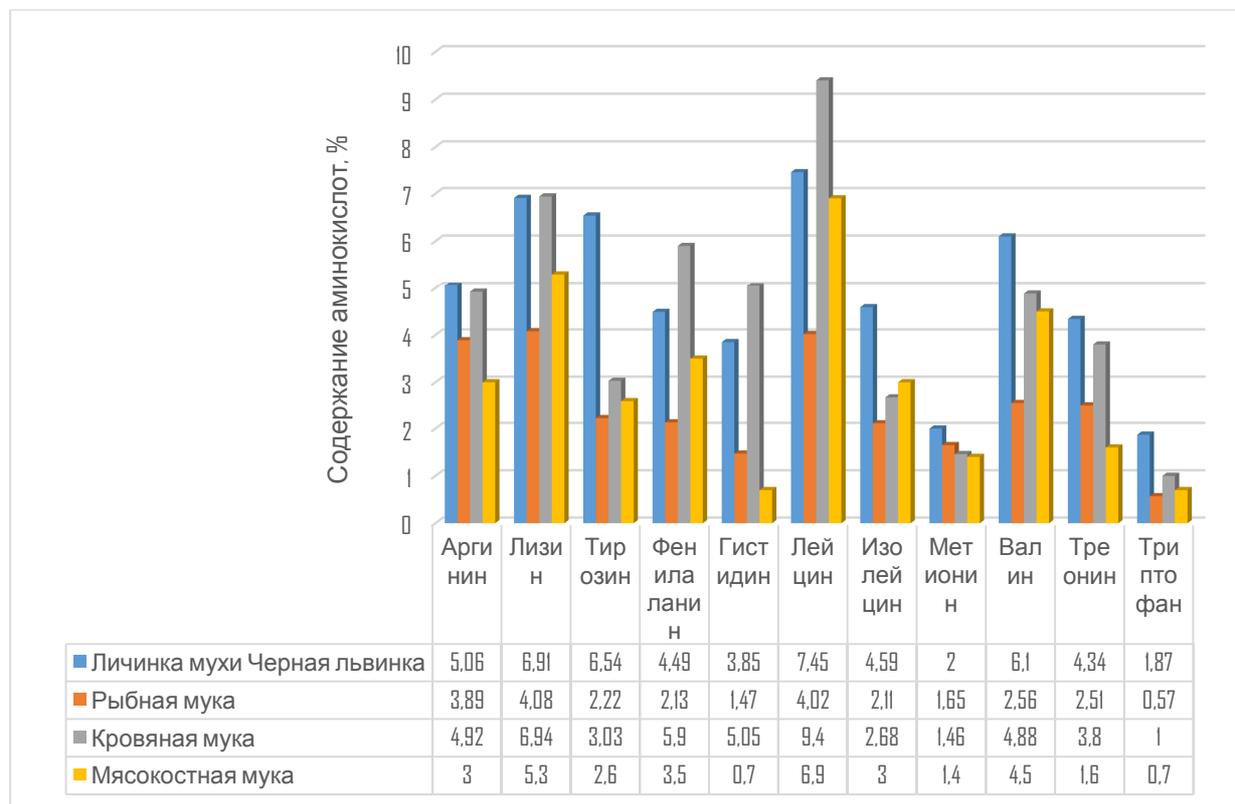


Рисунок 1 – Сравнительный анализ аминокислотного состава личинки мухи Черная львинка *Hermetia illucens* с рыбной, кровяной и мясокостной мукой

В соответствии с ГОСТ 2116-2000 на кормовую муку срок хранения при массовой доле жира меньше 14% составляет не более 12 мес., при массовой доле жира больше 14% - не более 6 мес. В личинке мухи *Hermetia illucens* содержится от 23 до 35 % в зависимости от субстрата, на которым они были выращены. Поэтому, для увеличения срока хранения кормового сырья, личинку необходимо разделить на фракции: белковую и жировую части с помощью маслопресса. Кроме того, потребность животных в соотношении жиров и белков в кормовой смеси на каждом этапе развития отличается. Для добавления определенного количества жира в корма необходимо отделить его от белковой части.

Технология производства масла или жира механическим отжимом предполагает подготовку, заключающуюся в увлажнении и нагреве до

определенных температур [4]. Для подогрева семян масличных культур с целью уменьшения вязкости масла, а также частичному разрушению клеток, содержащих масло, традиционно используют конвективных нагрев. Он имеет ряд недостатков: при конвективном способе материал нагревается неравномерно, в результате чего происходит перегрев верхних слоев (до 100 °С), в то время, как нижние слои имеют температуру на порядок ниже (75-80 °С). Кроме того, время нагрева материала при таком способе достаточно велико. Применение СВЧ-нагрева позволяет устранить эти недостатки. Кроме увеличения скорости нагрева без локального перегрева данный способ используют также для обеззараживания зерна, кормов и прочих продуктов растительного происхождения [6,7,8,9].

Материалы и методы

Исследования по определению влияния способа и мощности нагрева биомассы насекомых на давление, при котором происходит отжим жира, проводились в лаборатории Биохимического и спектрального анализа пищевых продуктов, Донской государственной технической университет на лабораторной установке – зерном стакане с гидравлическим прессом (рисунок 2).

Перед отжимом высушенную личинку (массовая доля влаги – 6%) измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц, проходящих через сито диаметром 1,0 мм не менее 60% от всей массы.

Лабораторная установка состоит из гидравлического прессы с манометром 1, цилиндра гидравлического прессы зернового 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.



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

Рисунок 2 – Лабораторная установка для определения влияния свойств материала на давление

Лабораторные испытания по определению влияния способа и мощности СВЧ-нагрева на процесс отжима жира проводили следующим образом: высушенную измельченную личинку мухи Черная львинка *Hermetia illucens* нагревали с помощью СВЧ-энергии в микроволновой печи с частотой 2450 МГц и диапазоном варьирования мощностей от 300 до 1000 Вт. После СВЧ-нагрева измеряли температуру нагретого материала электронным термометром. Далее 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. Измеряли 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.

Для проведения испытаний было взято 5 образцов:

- биомасса насекомых при комнатной температуре (25°C);
- биомасса насекомых, нагретая традиционным (конвективным) способом в сушильном шкафу до температуры 60°C;
- биомасса насекомых, нагретая с помощью СВЧ-энергии до температуры 60°C при мощности 300 Вт.;
- биомасса насекомых, нагретая с помощью СВЧ-энергии до температуры 60°C при мощности 750 Вт.;
- биомасса насекомых, нагретая с помощью СВЧ-энергии до температуры 60°C при мощности 1000 Вт.

Результаты и обсуждение

По результатам эксперимента были получены данные по изменению давления, при котором происходит отжим жира из биомассы насекомых в зависимости от способа и интенсивности нагрева. На рисунке 3 показаны значения давления, при котором происходит отжим жира.

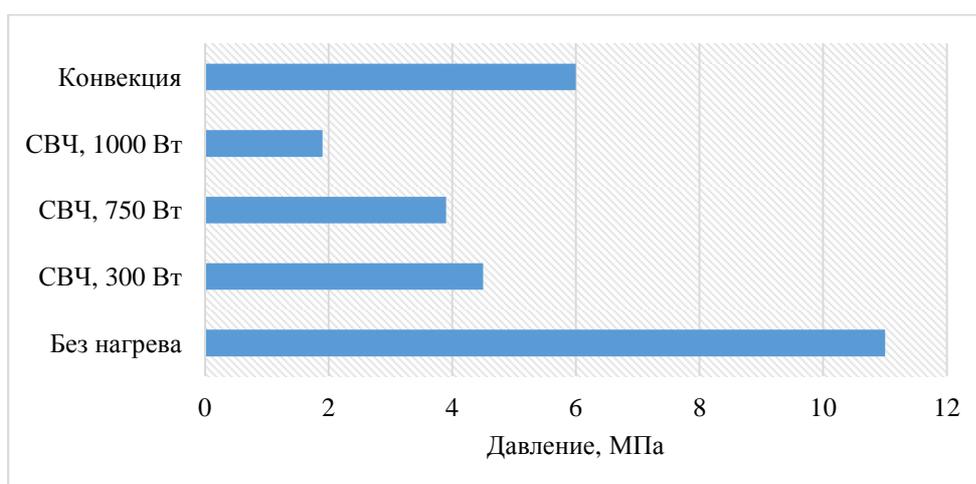


Рисунок 3 - Влияние способа и мощности нагрева на давление (МПа), при котором происходит фильтрация жира

Без предварительного нагрева отжим жира проходит при высоких значениях давления. Это связано с тем, что при комнатной температуре жир личинки достаточно вязкий и трудно отделяется от белковой части. При нагреве конвективным способом давление уменьшается до 6 МПа, но остается также велико, поскольку клетки, в которых содержится жир, остаются целыми и препятствуют отделению жира. При нагреве с помощью СВЧ-энергии наблюдается уменьшение давления, что свидетельствует о разрушении клеток, содержащих жир. Чем выше интенсивность нагрева, тем больше клеток разрушается и отжим жира идет при меньшем усилии.

На рисунке 4 представлены результаты времени нагрева 100 гр испытуемого материала до 60°C.

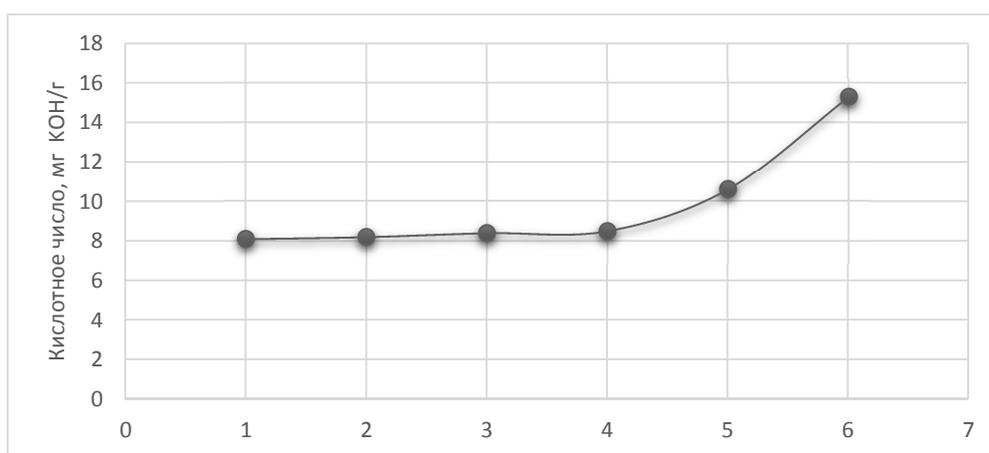


Рисунок 4 - Время (мин), необходимое для нагрева 100 гр материала до температуры 60 °С

При СВЧ-обработке материал нагревается равномерно по всему объёму материала в значительно короткие сроки, чем при конвективном способе. Так, при конвективном способе материал весом 100гр нагревается в сушильном шкафу до 60 °С за 15 мин., в то время как при мощности СВЧ 300 Вт. материал нагревается за 3,1 мин., при СВЧ 750 Вт. – 1,25 мин., при 1000 Вт. – 1 мин.

Одним из важных показателей качества жира является кислотное число. Способ получения жира отражается на его качестве. Самыми

распространёнными способами его получения являются экстракционный с помощью растворителей и механический с помощью маслопресса. Было получено 6 образцов жира при разных способах его извлечения: на гидравлическом прессе при разных режимах и способах нагрева, а также с помощью растворителя – гексана. Кислотное число определяли по стандартной методике, описанной в ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83). Результаты исследований представлены на рисунке 5.



1 - без предварительного нагрева; 2 - СВЧ-нагрев мощностью 300 Вт; 3 - СВЧ-нагрев мощностью 750 Вт; 4 - СВЧ-нагрев мощностью 1000 Вт; 5 – конвективный способ нагрева; 6 – экстракция жира гексаном
Рисунок 5 – Анализ кислотного числа (мг КОН/г) жира личинки, полученного при разных режимах нагрева и способах его получения

Из рисунка 5 видно, что при холодном отжиге кислотность жира личинки составляет 8,1 мг КОН/г. При СВЧ-нагреве кислотность меняется незначительно и составляет при мощности СВЧ-нагрева 300 Вт – 8,2 мг КОН/г, при мощности СВЧ-нагрева 750 Вт – 8,4 мг КОН/г, при мощности 1000 Вт – 8,5 мг КОН/г. При конвективном способе из-за продолжительного воздействия тепла на биомассу насекомых и местного перегрева, кислотное число возрастает до 10,6 мг КОН/г, что превышает требования, предъявляемые к рыбьему жиру – не более 10,0 мг КОН/г (ГОСТ 9393-82). При извлечении жира растворителем содержание жира в белковой части остается минимальным (до 0,5%), но такой способ

негативно сказывается на качестве жира, увеличивая кислотное число до 15,3 мг КОН/г.

Выводы

Экспериментальные данные подтвердили предыдущие исследования о положительном влиянии СВЧ-обработки на процесс отжима жира [6,9]. Нагрев с помощью СВЧ способствует снижению давления, при котором происходит отжим жира. Анализ показал, что при конвективном нагреве отжим жира происходит при давлении 6 МПа, а при СВЧ-обработке отжим жира происходит при 4,5 МПа (мощность нагрева 300 Вт), 3,9 МПа (мощность нагрева при 750 Вт) и 1,9 МПа (мощность нагрева 1000 Вт). При мощности нагрева 1000 Вт происходит наибольшее повреждение клеток, содержащих жир, поэтому отжим происходит при наименьшем давлении. Кроме того, высокая мощность нагрева не влияет на качественные характеристики жира, а именно на кислотное число. Максимальное допустимое кислотное число для рыбьего жира не должно превышать 10 мг КОН/г. При конвективном нагреве, а также при экстракции растворителем, кислотное число жира личинки превышает норму и не может быть использовано в технологии производства кормового жира и белка из насекомых. Еще одним преимуществом СВЧ-нагрева относительно конвективного является скорость нагрева. С помощью СВЧ нагрева материал нагревается как минимум в 5 раз быстрее, чем при обычном нагреве. Поэтому предварительный нагрев биомассы насекомых - личинки мухи Черная львинка – следует проводить с помощью СВЧ-энергии при мощности 1000 Вт.

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. 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.
3. OECD/FAO (2021), OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>.
4. Кошевой, Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел [Текст] / Е.П. Кошевой. – СПб: ГИОРД, 2001. – 368 с.
5. Либерман С.Г., Петровский В.П. Справочник по производству технических фабрикатов на мясокомбинатах, - М.: «Пищевая промышленность», 1969.-406 с.
6. Лисицын А.Н. Влияние СВЧ обработки на изменение природной структуры ядра семян подсолнечника в зависимости от мощности излучения, времени обработки, влажности ядра / А. Н. Лисицын, В. Н. Марков, В. Н. Григорьева [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. – 2018. – № 2. – С. 45-47. – DOI 10.25812/VNIIG.2018.2018.24025.
7. Патент № 2640288 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием СВЧ-энергии : № 2017101178 : заявл. 13.01.2017 : опубл. 27.12.2017 / В. И. Пахомов, А. И. Пахомов, К. Н. Буханцов, В. А. Максименко ; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР "ДОНСКОЙ".
8. Пахомов В.И. Анализ влияния СВЧ-обработки на содержание незаменимых аминокислот в комбикормах / В. И. Пахомов, Д. В. Рудой, Т. А. Мальцева [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании (конференция "ИТНО 2020") : сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, с применением дистанционных технологий, с. Дивноморское, 19–30 августа 2020 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2020. – С. 34-37. – DOI 10.23947/itno.2020.34-37.
9. Патент № 2576522 С1 Российская Федерация, МПК С11В 1/00, А23В 9/04. Способ подготовки масличных семян к холодному отжиму : № 2014149967/13 : заявл. 10.12.2014 : опубл. 10.03.2016 / С. К. Мустафаев, Е. А. Калиенко, А. С. Заруба ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный технологический университет" (ФГБОУ ВПО "КубГТУ"), Общество с ограниченной ответственностью научно-производственная фирма "Иннотех" (ООО НПФ "Иннотех").
10. Рудой Д.В. Получение белкового концентрата из энтосырья / Д. В. Рудой, П. К. Ганчурукова, Т. А. Вифлянцева, В. А. Сердюк // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : Сборник статей 11-й международной научно-практической конференции в рамках 21-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш - 2018", Ростов-на-Дону, 28 февраля – 02 2018 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2018. – С. 562-565.
11. Тупольских Т.И. Биотехнология переработки органических отходов с получением белковых продуктов / Т. И. Тупольских, Д. А. Яковлев, Д. В. Рудой, В. А. Сердюк // Современная наука и инновации. – 2019. – № 1(25). – С. 148-153. – DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-147-152.

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. 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.
3. OECD/FAO (2021), OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>.
4. Koshevoj, E.P. Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatij proizvodstva rastitel'nyh masel [Tekst] / E.P. Koshevoj. – sPb: GIORD, 2001. – 368 s.
5. Liberman S.G., Petrovskij V.P. Spravochnik po proizvodstvu tehniceskikh fabrikatov na mjasokombinatah,- M.: «Pishhevaja promyshlennost'», 1969.-406 s.
6. Lisicyн A.N. Vlijanie SVCh obrabotki na izmenenie prirodnoj struktury jadra semjan podsolnechnika v zavisimosti ot moshhnosti izluchenija, vremeni obrabotki, vlazhnosti jadra / A. N. Lisicyн, V. N. Markov, V. N. Grigor'eva [i dr.] // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov. – 2018. – № 2. – S. 45-47. – DOI 10.25812/VNIIG.2018.2018.24025.
7. Patent № 2640288 C1 Rossijskaja Federacija, MPK A01C 1/00. Sposob kombinirovannogo obezzarazhivaniya zerna i semjan s ispol'zovaniem SVCh-jenergii : № 2017101178 : zajavl. 13.01.2017 : opubl. 27.12.2017 / V. I. Pahomov, A. I. Pahomov, K. N. Buhancov, V. A. Maksimenko ; zajavitel' FEDERAL'NOE GOSUDARSTVENNOE BJuDZhetNOE NAUChNOE UChREZhDENIE "AGRARNYJ NAUChNYJ CENTR "DONSKOJ".
8. Pahomov V.I. Analiz vlijaniya SVCh-obrabotki na sodержanie nezamenimyh aminokislot v kombikormah / V. I. Pahomov, D. V. Rudoj, T. A. Mal'ceva [i dr.] // Innovacionnye tehnologii v nauke i obrazovanii (konferencija "ITNO 2020") : sbornik nauchnyh trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, s primeneniem distancionnyh tehnologij, s. Divnomorskoe, 19–30 avgusta 2020 goda. – Rostov-na-Donu: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "DGTU-PRINT", 2020. – S. 34-37. – DOI 10.23947/itno.2020.34-37.
9. Patent № 2576522 C1 Rossijskaja Federacija, MPK C11B 1/00, A23B 9/04. Sposob podgotovki maslichnyh semjan k holodnomu otzhimu : № 2014149967/13 : zajavl. 10.12.2014 : opubl. 10.03.2016 / S. K. Mustafaev, E. A. Kalienko, A. S. Zaruba ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Kubanskij gosudarstvennyj tehnologičeskij universitet" (FGBOU VPO "KubGTU"), Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju nauchno-proizvodstvennaja firma "Innoteh" (OOO NPF "Innoteh").
10. Rudoj D.V. Poluchenie belkovogo koncentrata iz jentosyr'ja / D. V. Rudoj, P. K. Ganchurukova, T. A. Vifljanceva, V. A. Serdjuk // Sostojanie i perspektivy razvitija sel'skohozjajstvennogo mashinostroeniya : Sbornik statej 11-j mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii v ramkah 21-j mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki "Interagromash - 2018", Rostov-na-Donu, 28 fevralja – 02 2018 goda. – Rostov-na-Donu: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "DGTU-PRINT", 2018. – S. 562-565.

11. Tupol'skih T.I. Biotehnologija pererabotki organicheskikh othodov s polucheniem belkovyh produktov / T. I. Tupol'skih, D. A. Jakovlev, D. V. Rudoj, V. A. Serdjuk // Sovremennaja nauka i innovacii. – 2019. – № 1(25). – S. 148-153. – DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-147-152.