

ВЛИЯНИЕ ИК-СУШКИ МЫШЕЧНОЙ ЧАСТИ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (HERMETIA ILLUCENS) НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА

¹Дорошенко В.А., ¹Хозяев И.А., ¹Меркер А.А., ¹Рева Е.Н., ¹Щербakov А.А.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального опыта определения оптимальных условий проведения сушки исследуемого сырья. Приведены результаты физико-химических исследований биомассы личинок черной львинки используемые при производстве комбикормов. Проведенные экспериментальные исследования при разной температуре, толщине слоя и скорости воздушного потока в инфракрасной сушилке показали, что оптимальные параметры сушки мышечной части личинок черной львинки с целью максимального сохранения аминокислотного состава и минимального времени сушки были получены при температуре 70 оС, толщине слоя 2 мм, скорости потока 3 м/с. Такие режимы сушки мышечной части личинок черной львинки следует считать рациональными.

Ключевые слова. Черная львинка, коэффициент температуропроводности, теплопроводность, ИК-сушка.

INFLUENCE OF IR DRYING OF THE MUSCLE PART OF THE BLACK SLEEP (HERMETIA ILLUCENS) LARVA ON THE CONTENT OF THE PROTEIN COMPLEX

¹Doroshenko V.A., ¹Khozyaev I.A., ¹Merker A.A., ¹Reva E.N., ¹Shcherbakov A.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of an experimental experience in determining the optimal conditions for drying the studied raw materials. The results of physical and chemical studies of the biomass of black soldier fly larvae used in the production of animal feed are presented. Experimental studies carried out at different temperatures, layer thicknesses and air flow rates in an infrared dryer showed that the optimal parameters for drying the muscle part of black soldier larvae in order to maximize the preservation of the amino acid composition and minimize the drying time were obtained at a temperature of 70 ° C, a layer thickness of 2 mm, speed flow 3 m/s. Such modes of drying the muscle part of black soldier larvae should be considered rational.

Keywords. Hermetia illucens, Thermal Diffusivity, Thermal Conductivity, infrared drying.

Введение. Комплексный анализ современных технологий и технических средств сушки как кормового, так и пищевого сырья, позволил прийти к тому, что в настоящее время не были затронуты вопросы сушки биологического сырья в виде мышечной массы насекомых как белковой кормовой добавки при производстве комбикормов для ценных пород рыб. А соответственно не были ранее выявлены теплофизические характеристики сырья как объекта сушки (теплоемкость, теплопроводность, критическая влажность и т.д.). В связи с этим наиболее перспективный способ сушки является инфракрасный с использованием плоских керамических нагревателей с диапазоном ИК-волн 1,0-10,0 мкм, мощностью 300 Вт [1].

На сегодняшний день существуют множество технологий и технических средств сушки. Технологический процесс сушки построен таким образом, чтобы максимально удалить излишнюю влажность до заданной. Для биологических объектов сушки рекомендовано применение невысоких температур и высокую скорость перемещения сушильного агента в начале процесса, такой метод связан прежде всего с преодолением сопротивления перемещению влаги за счет высокой термовлажностопроводности. Благодаря такой технологии происходит быстрое и равномерное нагревание материала без подгорания. Построение технологического процесса сушки также связан с методом подвода тепла к материалу. На сегодняшний день существует конвективная, контактная, радиационная, диэлектрическая, сублимационная, инфракрасная сушка. В статье [2] приведена классификация сушилок с указанием энергоемкости, объёмом снятия влаги и других показателей, из анализа видно, что инфракрасная сушилка имеет самую низкую энергоемкость, что и послужило выбрать именно такой способ сушки исследуемого объекта.

При ИК сушке глубина проникновения излучения в материале оказывает решающее значение на температуру сырья, скорость сушки и общую продолжительность процесса.

Следует отметить, что при переходе из одной формы связи в другую требуется определенное количество энергии – это энергия связи, т.е. работа изотермического отрыва одного моля воды. Для того чтобы определить форму связи необходимо знать гигроскопические свойства исследуемого материала. На скорость сушки, а также при подборе ИК-излучателя для сушки биоматериала влияют теплофизические характеристики самого материала. В связи с тем, что объект исследования – это мышечная часть личинок черной львинки, является биологическим объектом и при использовании высоких температур разрушается часть полезных аминокислот. Каждый отдельный объект сушки имеет свои параметры и свойства, которые существенно влияют на процесс сушки. Проведя комплексный анализ литературных источников было выявлено, что значительное влияние оказывают: температура ИК-нагревателя (Т), толщина слоя исследуемого сырья (D), скорость воздушного потока в камере обеспечивающая унос влажного воздуха (υв). Цель исследования определение термофизических характеристик сырья, влияющих на процесс сушки.

Для планирования эксперимента был выбран некомпозиционный трехуровневый план второго порядка Бокса-Бенкина для 3-х факторов. Некомпозиционный план второго порядка для трех факторов предусматривает проведение 15 опытов. Матрица планирования эксперимента с учетом закодированных факторов и уровней варьирования создана с помощью программы STATISTICA 10.

Исследование проводилось на разработанной экспериментальной установке, показанной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Экспериментально-лабораторная сушилка

Перед проведением лабораторных испытаний, исследуемый материал был подвергнут физико-механической и химической оценке в лаборатории «Биохимического и спектрального анализа пищевых продуктов» ФБГОУ ВО ДГТУ результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства исследуемого сырья до сушки

Наименование	Ед. измерения	Результат
Содержание сырого жира	%	18
Исходная влажность	%	81,1%
Коэффициент температуропроводности	м ² /с	0,00055
Коэффициент теплопроводности	Вт/(м*К)	0,144
Гигроскопичность	%	7,14
Удельная теплоемкость	ккал/кг ·°С	0,429
Критическая влажность	%	6-9

Нанесение продукта (мышечная часть личинок черной львинки) равномерным слоем толщиной h на рабочую поверхность платформы (рисунок 2) осуществляли вручную с последующей загрузкой в сушильную камеру.



а



б

Рисунок 2 – Исследуемое сырье до сушки. а- мышечная часть личинок черной львинки на подложке; б- мышечная часть личинок черной львинки на платформе.

Контроль массы исходного сырья осуществлялся путем фиксации массы каждые 6 секунд с тензодатчика в программе ПК с пересчётом на влагосодержание.

По результатам эксперимента были построены регрессионные модели, которые проверялись на значимость коэффициентов факторов и адекватность. С помощью программы STATISTICA 10 были получены графики зависимостей, а также температурные кривые.

Анализируя график кривой сушки на рисунке 3 можно прийти к выводу, что при содержании большого количества избыточной влаги в мышечной части личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) оказывает существенное влияние на скорость 2 периода, но на скорость сушки в первом периоде оказывает незначительное влияние и характеризуется средней скоростью 0,3 кгвл/кгс .вещества. Такое количество свободной влаги более 70 % в исследуемом сырье влияет на усадку, изменение капиллярной структуры (корка), в следствии чего скорость сушки в третьем периоде падает до 0,2 кгвл/кгс. вещества. При этом стоит отметить, что белковый комплекс характеризуется более медленной сушкой, чем углеводная часть (крахмал) или жиры.

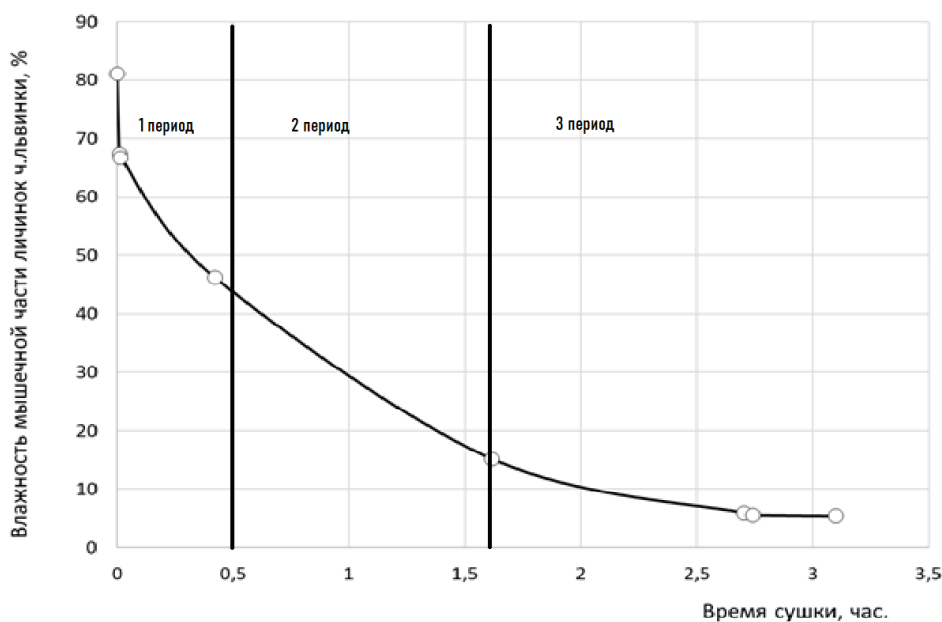


Рисунок 3 – Кривая сушки по периодам

Самыми оптимальными параметрами ИК- сушки для максимального сохранения аминокислотного состава в исследуемом образце (мышечная часть личинок черной львинки) Т от 40 до 70 оС, при толщине слоя 2 мм, скорость воздушного потока при этом оказывает минимальное влияние. При этом уравнение регрессии будет имеет вид (14) , при R2=0,98616.

$$y = 61,9542 - 24,5475 \cdot x_1 - 4,945 \cdot x_2 - 6,6125 \cdot x_3 + 4,1 \cdot x_{12} + 0,875 \cdot x_{13} + 5,55 \cdot x_{23} + 7,1504 \cdot x_1^2 + 2,6829 \cdot x_2^2 + 2,0154 \cdot x_3^2$$

Проведенные экспериментальные исследования при разной температуре, толщине слоя и скорости воздушного потока в инфракрасной сушилке показали, что оптимальные параметры сушки мышечной части личинок черной львинки с целью максимального сохранения аминокислотного состава и минимального времени сушки были получены при температуре 70 оС, толщине слоя 2 мм, скорости

потока 3 м/с. Такие режимы сушки мышечной части личинок черной львинки следует считать рациональными.

Список использованных источников

1. Щербаков А.А., Сердюк В.А., Меркер А.А., Рева Е.Н. Тенденция использования инфракрасного излучения для сушки продуктов пищевой промышленности// А.А. Щербаков, В.А. Сердюк, А.А. Меркер, Е.Н. Рева// Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Юбилейный сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции. - Ростов-на-Дону. 2022.- С. 211-215. DOI: 10.23947/interagro.2022.211-215
2. Хозяев И.А., Сердюк В.А. Анализ способов и методов сушки измельченной биомассы насекомых/ И.А. Хозяев, В.А. Сердюк, Т.А. Мальцева, С.А. Ломакина, Д.А. Яковлев// Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В рамках Агропромышленного форума юга России: выставок «Интерагромаш», «Агротехнологии». 2021.- С.509-515. DOI: 10.23947/interagro.2021.509-515.
3. Некрасов Р.В. Питательные свойства личинок *hermetia illucens* L. - нового кормового продукта для молодняка свиней (*sus scrofa domestica* erleben) /Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, А.А. Зеленченкова, А.И. Бастраков, Н.А. Ушакова //Сельскохозяйственная биология. - Т. 54. - № 2. – 2019. - С. 316-325.
4. Niu Y., Zheng D., Yao B., Cai Z., Zhao Z., Wu S., Cong P., Yang D. A novel bioconversion for value-added products from food waste using *Musca domestica*. *Waste Management*, 2017, 61: 455-460 (doi:10.1016/j.wasman.2016.10.054).
5. Ушакова Н.А. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *hermetia illucens* в рационе рыб /Н.А. Ушакова, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, А.И. Бастраков, Д.С. Павлов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. - 2020. № 3. С. 293-300.
6. Байков В.И. Теплофизика. В 2 т. Т. 1. Термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика / В. И. Байков, Н. В. Павлюкевич. – Минск: Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2013. – 400 с. – ISBN 978-985-6456-85-8.
7. Schiavone A., Dabbou S., De Marco M., Cullere, M., Biasato, I., Biasibetti, E., Gasco, L. (2018). Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal*, 12(10), 2032-2039. doi:10.1017/S1751731117003743
8. Oonincx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *PLoS One*. 2015;10: e0144601. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0144601> pmid:26699129
9. Fombong, F.T.; Van Der Borgh, M.; Vanden Broeck, J. Influence of Freeze-Drying and Oven-Drying Post Blanching on the Nutrient Composition of the Edible Insect *Ruspolia differens*. *Insects* 2017, 8, 102. <https://doi.org/10.3390/insects8030102>
10. E. Kamaua, C. Mutungib,c,, J. Kinyurua, S. Imathiua, C. Tangad, H. Affognone, S. Ekesid, D. Nakimbugwef , K.K.M. Fiaboed/ Moisture adsorption properties and shelf-life estimation of dried and pulverised edible house cricket *Acheta domestica* (L.) and black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.)/ *Food Research International* .- №106.- 2018.
11. Арнаутов М.В., Баскакова Ю.А., Усков Т.Н., Биндюков С.В. Питательная ценность отечественных кормовых компонентов и перспективность их использования при производстве комбикормов для аквакультуры.- DOI: 10.48612/mpkn-5vab-g5vn .- Сборник научных трудов КНЦЗВ. – 2021. – Т. 10. - № 1. – с.148-152.