

Елена Викторовна Ульрих<sup>1</sup>, Ольга Николаевна Бондарчук<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>2</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Россия

<sup>1</sup>elen.ulrich@mail.ru

<sup>2</sup>b120983@list.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФЕРМЕНТАЦИИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ПРЕПАРАТОМ «БАЙКАЛ ЭМ-1»

*Цель исследования – изучить качественные показатели органического удобрения, полученного в процессе ферментации пищевых отходов различного состава препаратом «Байкал ЭМ-1». Задачи: произвести процесс ферментации пищевых отходов; проанализировать состав полученного компоста; дать рекомендации по использованию полученного органического удобрения. Экспериментальные исследования по ферментации пищевых отходов проводились на кафедре «Биотехнологии и производство продуктов питания», качественные показатели полученного органического удобрения (компоста) определяли в научно-исследовательской лаборатории «Агроэкология» Кузбасского государственного аграрного университета им. В.Н. Полецкова. Объект исследования – пищевые отходы. Изучен процесс ферментации пищевых отходов различного состава препаратом «Байкал ЭМ-1» для получения органического удобрения (компоста). «Байкал ЭМ-1» – это микробиологическое удобрение, предназначенное для улучшения плодородия почвы любой структуры и состава в саду и почвенных смесей для комнатных растений и рассады. Биопрепарат содержит большое количество полезных микроорганизмов, обитающих в почве: молочнокислые, азотфиксирующие, нитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи и ферментирующие грибы. Пищевые отходы, содержащие белковый компонент, плохо подвергались ферментации ферментным препаратом «Байкал ЭМ-1», который может быть использован для ферментации пищевых отходов, содержащих жировой и углеводный компонент. Произведена качественная оценка полученного компоста – полностью соответствует требованиям ГОСТ 55571-2013. В образцах полученного компоста достаточно высокое содержание общего азота (от 1,03 до 1,83 %), калия (от 1,33 до 2,18 %), общего фосфора (от 1,41 до 1,48 %). В связи с этим данный компост может быть успешно использован в качестве удобрения для декоративных и сельскохозяйственных культур.*

**Ключевые слова:** ферментация, пищевые отходы, белок, жир, углеводы, органическое удобрение, компост

**Для цитирования:** Ульрих Е.В., Бондарчук О.Н. Исследование процессов ферментации пищевых отходов препаратом «Байкал ЭМ-1» // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11. С. 177–182. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-177-182.

Elena Viktorovna Ulrich<sup>1</sup>, Olga Nikolaevna Bondarchuk<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>2</sup>Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup>elen.ulrich@mail.ru

<sup>2</sup>b120983@list.ru

## STUDY OF FOOD WASTE FERMENTATION PROCESSES BY BAIKAL EM-1 PREPARATION

The aim of the study is to investigate the quality indicators of organic fertilizer obtained in the process of fermentation of food waste of various compositions with the preparation Baikal EM-1. Tasks: to carry out the process of fermentation of food waste; to analyze the composition of the obtained compost; to provide recommendations on the use of the obtained organic fertilizer. Experimental studies on the fermentation of food waste were conducted at the Department of Biotechnology and Food Production, the quality indicators of the obtained organic fertilizer (compost) were determined in the Agroecology research laboratory of the Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov. The object of the study is food waste. The process of fermentation of food waste of various compositions with the preparation Baikal EM-1 to obtain organic fertilizer (compost) was studied. Baikal EM-1 is a microbiological fertilizer designed to improve the fertility of soil of any structure and composition in the garden and soil mixtures for indoor plants and seedlings. The biopreparation contains a large number of beneficial microorganisms living in the soil: lactic acid, nitrogen-fixing, nitrifying bacteria, actinomycetes, yeast and fermenting fungi. Food waste containing a protein component was poorly fermented with the enzyme preparation Baikal EM-1. The enzyme preparation Baikal EM-1 can be used for the fermentation of food waste containing a fat and carbohydrate component. A qualitative assessment of the resulting compost was made. The resulting compost fully complies with the requirements of GOST 55571-2013. The samples of the resulting compost have a fairly high content of total nitrogen (from 1.03 to 1.83 %), potassium (from 1.33 to 2.18 %), total phosphorus (from 1.41 to 1.48 %). In this regard, this compost can be successfully used as a fertilizer for ornamental and agricultural crops.

**Keywords:** fermentation, food waste, protein, fat, carbohydrates, organic fertilizer, compost

**For citation:** Ulrich E.V., Bondarchuk O.N. Study of food waste fermentation processes by Baikal EM-1 preparation // Bulliten KrasSAU. 2024;(11): 177–182 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-177-182.

**Введение.** Согласно отчету, опубликованному Программой ООН по окружающей среде за 2021 г., ежегодно во всем мире образуется 931 миллион тонн пищевых отходов [1, 2].

В настоящее время более 90 % пищевых отходов в развивающихся странах по-прежнему смешиваются с твердыми бытовыми отходами и либо отправляются на свалки, либо сжигаются [3, 4].

Пищевые отходы очень питательны и имеют состав, аналогичный составу кормов для животных. Превращение пищевых отходов в корм для животных имеет экологические преимущества помимо низкой стоимости и обеспечения добавленной стоимости. Поэтому использование пищевых отходов в качестве корма для животных привлекает все большее внимание исследователей-экологов [5–7]. Многие страны начали использовать переработанные пищевые отходы в качестве корма для животных в современных системах свиноводства, куроводства и рыбководства [8–13].

Ферментация пищевых отходов – это эффективный метод переработки отходов пищевого производства в экологически чистое органоминеральное удобрение, которое способствует повышению качества почвы и урожайности рас-

тений. Более широкое использование минеральных удобрений может привести к снижению негативных воздействий на окружающую среду и улучшению качества жизни людей.

**Цель исследования** – изучить качественные показатели органического удобрения, полученного в процессе ферментации пищевых отходов различного состава препаратом «Байкал ЭМ-1».

**Задачи:** произвести процесс ферментации пищевых отходов; проанализировать состав полученного компоста; дать рекомендации по использованию полученного органического удобрения.

**Объекты и методы.** Экспериментальные исследования по ферментации пищевых отходов проводились на кафедре «Биотехнологии и производство продуктов питания», качественные показатели полученного органического удобрения (компоста) определяли в научно-исследовательской лаборатории «Агроэкология» Кузбасского государственного аграрного университета им. В.Н. Полецкого.

В качестве объектов исследований использовались пищевые отходы.

В качестве фермента использовался биопрепарат «Байкал ЭМ-1» – микробиологическое удобрение, предназначенное для улучшения

плодородия почвы любой структуры и состава в саду и почвенных смесей для комнатных растений и рассады. Биопрепарат содержит большое количество полезных микроорганизмов, обитающих в почве: молочнокислые, азотфиксирующие, нитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи и ферментирующие грибы.

Качественные показатели полученного органического удобрения (компоста) определяли:

– по ГОСТ 26713-85 «Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка»;

– ГОСТ 26714-85 «Удобрения органические. Метод определения золы»;

– ГОСТ 26715-85 «Удобрения органические. Методы определения общего азота»;

– ГОСТ 26716-85 «Удобрения органические. Методы определения аммонийного азота»;

– ГОСТ 26717-85 «Удобрения органические. Метод определения общего фосфора»;

– ГОСТ 26570-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция»;

– ГОСТ 13496.15-2016 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира»;

– ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации».

**Результаты и их обсуждение.** Пищевые продукты, как правило, состоят из трех основных энергетических компонентов: белков, жиров и углеводов. По своей природе пищевой продукт может содержать в различных пропорциях эти три важных компонента в большей или меньшей степени. Есть ряд продуктов, которые содержат только один компонент, например белок, жир или углевод.

При изменении «статуса» пищевого продукта на «статус» пищевого отхода все питательные компоненты в нем сохраняются. Если вовремя не переработать пищевой отход, произойдет микробиологическое обсеменение пищевого отхода и его необратимая деградация, которая в итоге не только разрушит пищевой отход как биологический компонент, но и причинит необратимый негативный урон окружающей среде.

Ферментация – один из наилучших способов переработки пищевых отходов. В исследованиях по ферментации пищевых отходов мы использовали пищевые отходы, содержащие белковый, жировой, углеводный компоненты.

К жировым пищевым отходам относили те отходы, в которых массовая доля жира была более 70 %; к белковым – в которых массовая доля белка более 70; к углеводным – в которых массовая доля углеводов более 70 %.

Нами были исследованы три образца пищевых отходов.

– образец № 1: торф (основа, 0,3 кг) + белковые пищевые отходы (1 кг) + фермент («Байкал ЭМ-1», 100 мл);

– образец № 2: торф (основа, 0,3 кг) + жировые пищевые отходы (1 кг) + фермент («Байкал ЭМ-1», 100 мл);

– образец № 3: торф (основа, 0,3 кг) + углеводные пищевые отходы (1 кг) + фермент («Байкал ЭМ-1», 100 мл).

Проведенные исследования по ферментации пищевых отходов ферментным препаратом «Байкал ЭМ-1» позволили установить, что пищевые отходы, содержащие белковый компонент, плохо подвергались ферментации. Поэтому качественные показатели в образце № 1 не исследовали ввиду нецелесообразности.

Результаты качественных показателей органических удобрений приведены в таблице.

**Качественные показатели органических удобрений, %**

Показатель	Образец		Требования ГОСТ 55571-2013**	Содержание питательных веществ в традиционных удобрениях	
	№ 2	№ 3		Spay Gro	IMP Bio
1	2	3	4	5	6
Массовая доля влаги	48,9	46,3	Не более 50,0	–	–
Массовая доля сухого вещества	46,1	47,8	Не менее 45,0	–	–
Массовая доля золы*	42,9	33,6	–	–	–
Массовая доля общего азота*	1,83	1,03	Не менее 0,5	2,23	1,94

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
Массовая доля калия*	1,33	2,18	Не менее 0,3	2,69	2,53
Массовая доля общего фосфора*	1,48	1,41	Не менее 0,4	0,38	0,46
Массовая доля кальция*	0,29	0,30	–	0,30	0,41
Массовая доля сырого жира*	1,28	1,03	–	–	–
Массовая доля сырой клетчатки*	15,1	12,1	–	–	–

\*Показатели приведены в пересчете на сухое вещество образца.

\*\*ГОСТ 55571-2013 «Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов».

Результаты сравнили с требованиями ГОСТ 55571-2013 «Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов» и двумя популярными удобрениями розничной сети.

Массовая доля влаги образцов № 2 и 3 полностью соответствовала нормированному значению в ГОСТе. Так как массовая доля влаги менее 50 %, это подтверждает, что в органическом удобрении не будет образовываться фильтрата. Массовая доля сухого вещества у полученных образцов также была в референсе ГОСТа.

Зола в ГОСТе не нормируется, но известно, что именно зола является ценным природным удобрением. В пересчете на сухое вещество в наших удобрениях зола занимает 42,9 и 33,6 % у образцов № 2 и 3 соответственно. Органическое удобрение, полученное из жирового компонента, имело больше золы на 9,3 %, чем у органического удобрения, полученного из углеводного компонента.

По количеству общего азота полученные нами образцы незначительно уступали известным удобрениям. Тем не менее массовая доля общего азота полностью соответствовала ГОСТу и у двух образцов была более 0,5 % в пересчете на сухое вещество. Азот – важный компонент удобрения, от которого зависит биологическая полноценность при питании растений.

Массовая доля калия в образцах № 2 и 3 немногим уступает по содержанию традиционным удобрениям, но полностью соответствует требованиям ГОСТа и составляет 1,33 и 2,18 % соответственно. Калий позволяет овощным и плодовым культурам лучше храниться, лучше переносить морозы или засуху, быть более устойчивыми к образованию корневой гнили.

Полученные нами образцы удобрений отличаются высоким содержанием общего фосфора. Как известно, фосфор играет важную роль в энергетических процессах, а также участвует в процессах фотосинтеза и дыхания растений.

Массовая доля кальция в полученных образцах органического удобрения была практически равна массовой доле кальция в известных органических удобрениях. Кальций, как и фосфор, усиливает фотосинтез и обмен веществ в растениях.

Массовая доля сырого жира в образцах № 2 и 3 была равна 1,28 и 1,03 % соответственно. Массовая доля сырой клетчатки в образцах № 2 и 3 была равна 15,1 и 12,1 % соответственно. Сырой жир и сырая клетчатка являются важными питательными элементами для растений.

В целом можно сделать вывод, что качественные показатели полученных органических удобрений из жирового и белкового компонентов соответствовали ГОСТ 55571-2013 «Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов» и практически не уступали, а по некоторым показателям превосходили популярные удобрения розничной сети.

Полученные органические удобрения из жирового и белкового компонентов можно успешно применять для обогащения гумуса, в качестве подкормки при выращивании декоративных и сельскохозяйственных культур.

**Заключение.** Проведены исследования по ферментации пищевых отходов, содержащих белковый, жировой и углеводный компоненты, ферментным препаратом «Байкал ЭМ-1». В результате проведенных исследований было установлено, что пищевые отходы, содержащие белковый компонент, плохо подвергались ферментации ферментным препаратом «Байкал ЭМ-1». Проанализирован состав полученных органических удобрений из жирового и белкового компонентов. Установлено, что полученный компост полностью соответствует требованиям ГОСТ 55571-2013. При этом стоит отметить, что в образцах полученного компоста достаточно высокое содержание общего азота – от 1,03 до 1,83 %; калия – от 1,33 до 2,37; общего фосфо-

ра – от 1,22 до 1,55 %. В связи с этим данный компост может быть успешно использован в качестве удобрения для декоративных и сельскохозяйственных культур.

#### Список источников

1. Губарева Л.И. Обоснование и разработка эколого-экономических инструментов управления пищевыми отходами // Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма: мат-лы четвертой междунар. интернет-конф. (24 января – 21 апреля 2011 г.) / ред. Е.Н. Артемова. Орел, 2011. С. 30–34. URL: <https://rucont.ru/efd/359591> (дата обращения: 20.05.2024).
2. Filimonau V., Ermolaev V.A. A sleeping giant? Food waste in the foodservice sector of Russia // *Journal of Cleaner Production*, 2021, 297, 126705. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126705.
3. Беляев Н.М., Кисель А.А. Новые способы и потенциальные возможности применения отходов производства пищевой продукции // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. (18–20 ноября 2019 г.) / Оренбург. гос. ун-т. Оренбург, 2019. С. 162–166.
4. Глубина Н.С., Каллас Е.В., Бабенко А.С. Эффективность вермикомпоста на основе пищевых отходов в условиях вегетационного опыта // Отражение био-, гео-, антропо-сферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. мат-лов VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (14–19 сентября 2020 г., Томск) / под ред. С.П. Кулжского. Томск: Том. гос. ун-т, 2020. С. 210–213.
5. Давыдова О.А. Учет и рациональное использование пищевых отходов // Развитие финансовых отношений в циркулярной экономике: мат-лы нац. науч.-практ. конф. (22 октября 2021 г., Санкт-Петербург). СПб., 2021. С. 340–343.
6. Данылиев М.М., Мельникова Е.И., Уварова Е.А. Сокращение объемов пищевых отходов за счет использования биозащитных культур // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83, № 3 (89). С. 78–85.
7. Першин Е.А., Пермякова И.А. Ферментативная переработка жиросодержащих отходов с применением грибных липаз // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2018. № 4. С. 74–83.
8. Calvo P., Nelson L., Loepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // *Plant and Soil*. 2014. Vol. 383 (1). P. 3–41.
9. Chinda T., Thay S. Long-term food waste management in Phnom Penh utilizing a system dynamics modeling approach // *Environmental Engineering Research*. 2020. Vol. 27. № 1. 200603. DOI: 10.4491/eer.2020.603.
10. Filimonau V., Ermolaev V.A. Mitigation of food loss and waste in primary production of a transition economy via stakeholder collaboration: A perspective of independent farmers in Russia // *Sustainable Production and Consumption* 28 (2021), P. 359–370. DOI: 10.1016/j.spc.2021.06.002.
11. Filimonau V., Matyakubov U., Allonazarov O., Ermolaev V. Food waste and its management in restaurants of a transition economy: An exploratory study of Uzbekistan // *Sustainable Production and Consumption* 2021, 29, (2022), P. 25–35. DOI: 10.1016/j.spc.2021.09.018.
12. Filimonau V., Ermolaev V.A. Exploring the potential of industrial symbiosis to recover food waste from the foodservice sector in Russia // *Sustainable Production and Consumption* 2021, 29, (2022), P. 467–478. DOI: 10.1016/j.spc.2021.10.028.
13. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., et al. Meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture // *Advances in Agronomy*. 2014. Vol. 124. P. 37–89.

#### References

1. Gubareva L.I. Obosnovanie i razrabotka `ekologo-`ekonomicheskikh instrumentov upravleniya pischevymi othodami // *Strategiya razvitiya industrii gostepriimstva i turizma: mat-ly chetvertoj mezhdunar. internet-konf. (24 yanvara – 21 aprelya 2011 g.) / red. E.N. Artemova. Orel, 2011. S. 30–34. URL: <https://rucont.ru/efd/359591> (data obrascheniya: 20.05.2024).*
2. Filimonau V., Ermolaev V.A. A sleeping giant? Food waste in the foodservice sector of Russia // *Journal of Cleaner Production*, 2021, 297, 126705. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126705.

3. *Belyaev N.M., Kisel' A.A.* Novye sposoby i potencial'nye vozmozhnosti primeneniya othodov proizvodstva pischevoj produkcii // Regional'nye problemy geologii, geografii, tehnosfernoj i `ekologicheskoy bezopasnosti: sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. (18–20 noyabrya 2019 g.) / Orenburg. gos. un-t. Orenburg, 2019. S. 162–166.
4. *Glibina N.S., Kallas E.V., Babenko A.S.* `Effektivnost' vermikomposta na osnove pischevyh othodov v usloviyah vegetacionnogo opyta // Otrazhenie bio-, geo-, antroposfernyh vzaimodejstvij v pochvah i pochvennom pokrove: sb. mat-lov VII Mezhdunar. nauch. konf., posvyasch. 90-letiyu kafedry pochvovedeniya i `ekologii pochv TGU (14–19 sentyabrya 2020 g., Tomsk) / pod red. S.P. Kulizhskogo. Tomsk: Tom. gos. un-t, 2020. S. 210–213.
5. *Davydova O.A.* Uchet i racional'noe ispol'zovanie pischevyh othodov // Razvitie finansovyh otnoshenij v cirkulyarnoj `ekonomike: mat-ly nac. nauch.-prakt. konf. (22 oktyabrya 2021 g., Sankt-Peterburg). SPb., 2021. S. 340–343.
6. *Danyliv M.M., Mel'nikova E.I., Uvarova E.A.* Cokraschenie ob`emov pischevyh othodov za schet ispol'zovaniya biozaschitnyh kul'tur // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. 2021. T. 83, № 3 (89). S. 78–85.
7. *Pershin E.A., Permyakova I.A.* Fermentativnaya pererabotka zhirosoderzhaschih othodov s primeneniem gribnyh lipaz // Vestnik PNIPU. Himicheskaya tehnologiya i biotehnologiya. 2018. № 4. S. 74–83.
8. *Calvo P., Nelson L., Loepper J.W.* Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil. 2014. Vol. 383 (1). P. 3–41.
9. *Chinda T., Thay S.* Long-term food waste management in Phnom Penh utilizing a system dynamics modeling approach // Environmental Engineering Research. 2020. Vol. 27. № 1. 200603. DOI: 10.4491/eer.2020.603.
10. *Filimonau V., Ermolaev V.A.* Mitigation of food loss and waste in primary production of a transition economy via stakeholder collaboration: A perspective of independent farmers in Russia // Sustainable Production and Consumption 28 (2021), P. 359–370. DOI: 10.1016/j.spc.2021.06.002.
11. *Filimonau V., Matyakubov U., Allonazarov O., Ermolaev V.* Food waste and its management in restaurants of a transition economy: An exploratory study of Uzbekistan // Sustainable Production and Consumption 2021, 29, (2022), P. 25–35. DOI: 10.1016/j.spc.2021.09.018.
12. *Filimonau V., Ermolaev V.A.* Exploring the potential of industrial symbiosis to recover food waste from the foodservice sector in Russia // Sustainable Production and Consumption 2021, 29, (2022), P. 467–478. DOI: 10.1016/j.spc.2021.10.028.
13. *Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., et al.* Meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture // Advances in Agronomy. 2014. Vol. 124. P. 37–89.

Статья принята к публикации 30.10.2024 / The paper accepted for publication 30.10.2024.

Информация об авторах:

**Елена Викторовна Ульрих**<sup>1</sup>, профессор кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции, доктор технических наук, доцент

**Ольга Николаевна Бондарчук**<sup>2</sup>, аспирант кафедры биотехнологий и производства продуктов питания

Data on authors:

**Elena Viktorovna Ulrich**<sup>1</sup>, Professor at the Department of Production and Quality Assurance of Agricultural Products, Doctor of Technical Sciences, Docent

**Olga Nikolaevna Bondarchuk**<sup>2</sup>, Postgraduate student at the Department of Biotechnology and Food Production

