

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 636.087.25

DOI 10.24888/2541-7835-2024-32-9-16

ПИЩЕВЫЕ ОТХОДЫ И ИХ ФЕРМЕНТАЦИЯ

Бондарчук Ольга Николаевна^{1✉}, Ермолаев Владимир Александрович²

^{1,2}Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецовка, Кемерово, Россия

¹b120983@list.ru[✉]

²ermolaevvla@rambler.ru

Аннотация. Произошедшие за последние годы демографические изменения привели к изменению привычек в питании населения, росту потребления большого разнообразия продуктов питания, что в свою очередь ведет к постоянному увеличению объемов пищевых отходов. Отходы являются серьезной проблемой для окружающей среды, их накопление на свалках приводит к загрязнению почвы и воды, а также к выбросу вредных веществ в атмосферу. Перед современным обществом актуальна проблема экологически безопасной утилизации отходов. Одним из перспективных и эффективных направлений переработки пищевых отходов является их ферментация. Ферментация – это процесс, основанный на разложении органических веществ под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами. Ферментация позволит уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду и получить качественные органические удобрения, позволяющие повышать плодородие почвы. Целью данной работы является исследование процесса ферментации пищевых отходов различного состава препаратом Байкал ЭМ-1 для получения органического удобрения (компоста). В результате исследования установлено, что ферментный препарат Байкал ЭМ-1 может быть использован для ферментации отходов, условно классифицированных по составу на жировые, углеводные, углеводно-белковые (70/30), углеводно-жировые (70/30), углеводно-белково-жировые (60/30/10). Для белковых, белково-жировых пищевых отходов данный препарат не подходит. Результаты исследований имеют практическое значение для широкого диапазона специалистов пищевой промышленности с рациональной переработкой пищевых отходов.

Ключевые слова: ферментация, пищевые отходы, органическое удобрение, ферменты

Для цитирования: Бондарчук О.Н., Ермолаев В.А. Пищевые отходы и их ферментация // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 2(32). С. 9-16. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-8-16>.

Original article

FOOD WASTE AND THEIR FERMENTATION

Olga N. Bondarchuk^{1✉}, Vladimir A. Ermolaev²

^{1,2}Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo, Russia

¹b120983@list.ru[✉]

²ermolaevvla@rambler.ru

Abstract. Demographic changes that have occurred in recent years have led to a change in the dietary habits of the population, an increase in the consumption of a wide variety of food products, which in turn leads to a constant increase in food waste. Waste is a serious problem for the environment; its accumulation

in landfills leads to soil and water pollution, as well as the release of harmful substances into the atmosphere. Modern society faces the urgent problem of environmentally safe waste disposal. One of the promising and effective areas for processing food waste is its fermentation. Fermentation is a process based on the decomposition of organic substances under the influence of enzymes produced by microorganisms. Fermentation will reduce the environmental load on the environment and obtain high-quality organic fertilizers, which will increase soil fertility. The purpose of this work is to study the process of fermentation of food waste of various compositions using the Baikal EM-1 preparation to produce organic fertilizer (compost). As a result of the study, it was established that the enzyme preparation Baikal EM-1 can be used for the fermentation of waste, conventionally classified by composition into fatty, carbohydrate, carbohydrate-protein (70/30), carbohydrate-fat (70/30), carbohydrate-protein-fat (60/30/10). This drug is not suitable for protein, protein-fat food waste. The research results are of practical importance for a wide range of food industry specialists with rational processing of food waste.

Keywords: fermentation, food waste, organic fertilizer, enzymes

For citation: Bondarchuk O.N., Ermolaev V.A. Food waste and their fermentation. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 2(32), pp. 9-16. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-9-16>.

Введение

Переработка пищевых отходов может производиться различными способами, включая ферментацию, компостирование, переработку в корм для животных, выпечку, анаэробное брожение, гидролиз и другие методы [1].

Ферментация пищевых отходов является одним из наиболее эффективных методов переработки органических отходов. Этот процесс позволяет утилизировать отходы, которые обычно отправляются на свалку и превратить их в полезное удобрение для растений. Ферментация бытовых отходов является экологически чистым и эффективным способом уменьшения объема отходов, снижения нагрузки на свалки и улучшения качества почвы [3, 4, 6, 7].

Кроме того, органоминеральные удобрения, полученные в результате ферментации пищевых отходов, являются экологически чистыми и полезными для почвы и растений. Они содержат множество микроорганизмов и питательных веществ, которые улучшают качество почвы и способствуют росту растений [5, 8].

Ферментация пищевых отходов – это один из ключевых процессов в биотехнологии и агрономии. Данный процесс основан на использовании биопрепаратов, которые могут разлагать органический материал в пищевых отходах с целью получения биогаза, удобрения или других продуктов. Есть несколько известных составляющих, которые используются для ферментации пищевых отходов. Например, микроорганизмы. Микроорганизмы, такие как бактерии и грибы, являются основными агентами ферментации [9, 10].

Органоминеральные удобрения, полученные путем ферментации пищевых отходов – это инновационный подход в сельском хозяйстве. Он позволяет решать несколько проблем одновременно: утилизировать отходы пищевой промышленности, производить качественное удобрение, повышать плодородие почвы без ущерба для окружающей среды [1, 2].

Целью исследования является ферментация пищевых отходов с различным содержанием жиров, белков, углеводов и их миксовых комбинаций.

Материалы и методы исследований

Исследования по ферментации пищевых отходов проводили на кафедре «Биотехнологий и производства продуктов питания» Кузбасского государственного аграрного университета им. В.Н. Полецкого в 2023-2024 гг.

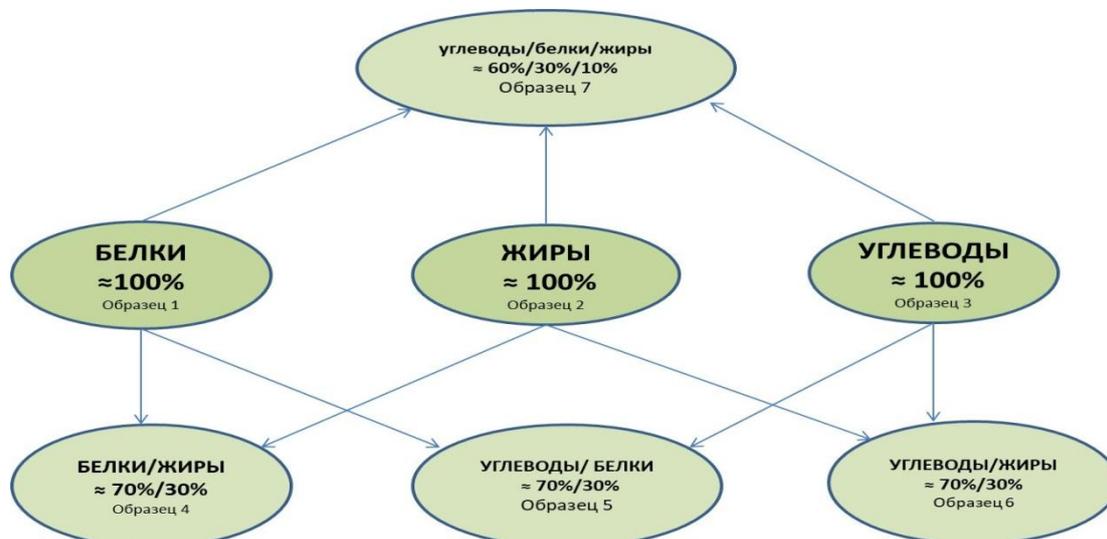
В качестве объектов исследований использовали пищевые отходы пятидесяти семей, проживающих на территории г. Кемерово.

В качестве фермента использовали биопрепарат «Байкал ЭМ-1».

Забор пищевых отходов производили ежедневно в период с 19 до 21 часов. Предварительно нами была произведена условная классификация пищевых отходов по составу на семь групп: белковые, жировые, углеводные, белково-жировые, углеводно-белковые, углеводно-

жировые, углеводно-белково-жировые. Все пятьдесят семей были обеспечены специальными контейнерами для сбора и разделения пищевых отходов, согласно нашей классификации.

Для процесса ферментации нами были подготовлены семь экспериментальных образцов: белковые, жировые, углеводные, белково-жировые, углеводно-белковые, углеводно-жировые, углеводно-белково-жировые (см. рис. 1).



* в пересчете на сухое вещество

Рисунок 1. Состав экспериментальных образцов

Состав экспериментальных образцов:

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);

образец №4: торф (основа, 0,3 кг) + белковые пищевые отходы (0,7кг) + жировые пищевые отходы (0,3 кг) + фермент (Байкал ЭМ-1, 100 мл);

образец №5: торф (основа, 0,3кг) + углеводные пищевые отходы (0,7 кг) + белковые пищевые отходы (0,3 кг) + фермент (Байкал ЭМ-1, 100 мл);

образец №6: торф (основа, 0,3 кг) + углеводные пищевые отходы (0,7 кг)+ жировые пищевые отходы (0,3 кг) + фермент (Байкал ЭМ-1, 100 мл);

образец №7: торф (основа, 0,3 кг) + углеводные пищевые отходы (0,6 кг)+ белковые пищевые отходы (0,3 кг) + жировые пищевые отходы (0,1 кг) + фермент (Байкал ЭМ-1, 100 мл).

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно поставленной цели исследования, структуру результатов поделим на два этапа.

1. Условная классификация пищевых отходов по их составу.

Пищевые отходы содержат в своем составе различные вещества и компоненты, но для нашей классификации интерес представляют три основных компонента – белки, жиры и углеводы. Очень мало монокомпонентных продуктов, которые в своем составе содержат только белки, только жиры или только углеводы. Однако среди массы продуктов можно выделить те продукты, в которых преобладает массовая доля белков, и(или) жиров, и(или) углеводов.

Если в продукте содержание одного из трех компонентов более 70 % в пересчете на сухое вещество, то продукт относится к той группе, какой компонент преобладает.

Нами разработана условная классификация пищевых продуктов по составу (таблица 1).

Таблица 1. Условная классификация пищевых продуктов по составу

Белковые	Жировые	Углеводные
говядина	мясные полуфабрикаты	макаронные изделия
курица	колбасные изделия	хлебобулочные изделия
рыба	орехи	Овощи
сыр	субпродукты	молочные каши
творог	свинина	кондитерские изделия
яйца	сало	Сухофрукты
индейка	масло сливочное	Фрукты
печень куриная	маргарин	Картофель
морепродукты	майонез	Рис

В приведенной таблице представлены продукты питания наиболее популярные у среднестатистического потребителя. Если в рационе питания семей были иные пищевые отходы, то семьи сами логически относили их к одной из групп.

2. Ферментация пищевых отходов с преобладающим содержанием жиров, белков, углеводов и их миксовых комбинаций.

Эксперимент проводили при следующих условиях: контейнеры с образцами помещали на стеллажи в темное место без доступа солнечных лучей, температура в помещении поддерживалась равной 22° С, продолжительность ферментации – 21 день.

Каждые семь дней от начала эксперимента проводили проверку образцов. Первая проверка позволила установить, что в контейнерах с белковыми (образец №1) и белково-жировыми (образец №4) отходами появилась плесень, гнилостный запах, процесс ферментации был не стабилен. В связи с этим данные образцы дальше в эксперименте не участвовали. Фотографии образцов №1 и №4 представлены на рисунке 2.



а



б

Рисунок 2. Фотографии образцов:

- а – образец №1: торф + белковые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);
 б – образец №4: торф + белковые пищевые отходы + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1)

В процессе ферментации пищевых отходов причиной появления плесени является то, что органические соединения, содержащиеся в данных образцах, не были подвержены расщеплению ферментным препаратом Байкал ЭМ-1. Данные образцы являются белково-содержащими. В свою очередь известно, что белки более сложно устроены с химической точки зрения по сравнению с углеводами и жирами. Ферментный препарат Байкал ЭМ-1 не смог сферментировать пептидные связи белков и составляющих аминокислот. Произошло поверхностное сбраживание элементарных органических соединений, что привело к обильному образованию плесени.

Через 14 дней была также проведена проверка образцов. В ходе проверки было установлено, что процесс ферментации всех образцов протекал стабильно. Фотографии образцов на 14 день процесса ферментации представлен на рисунке 3.

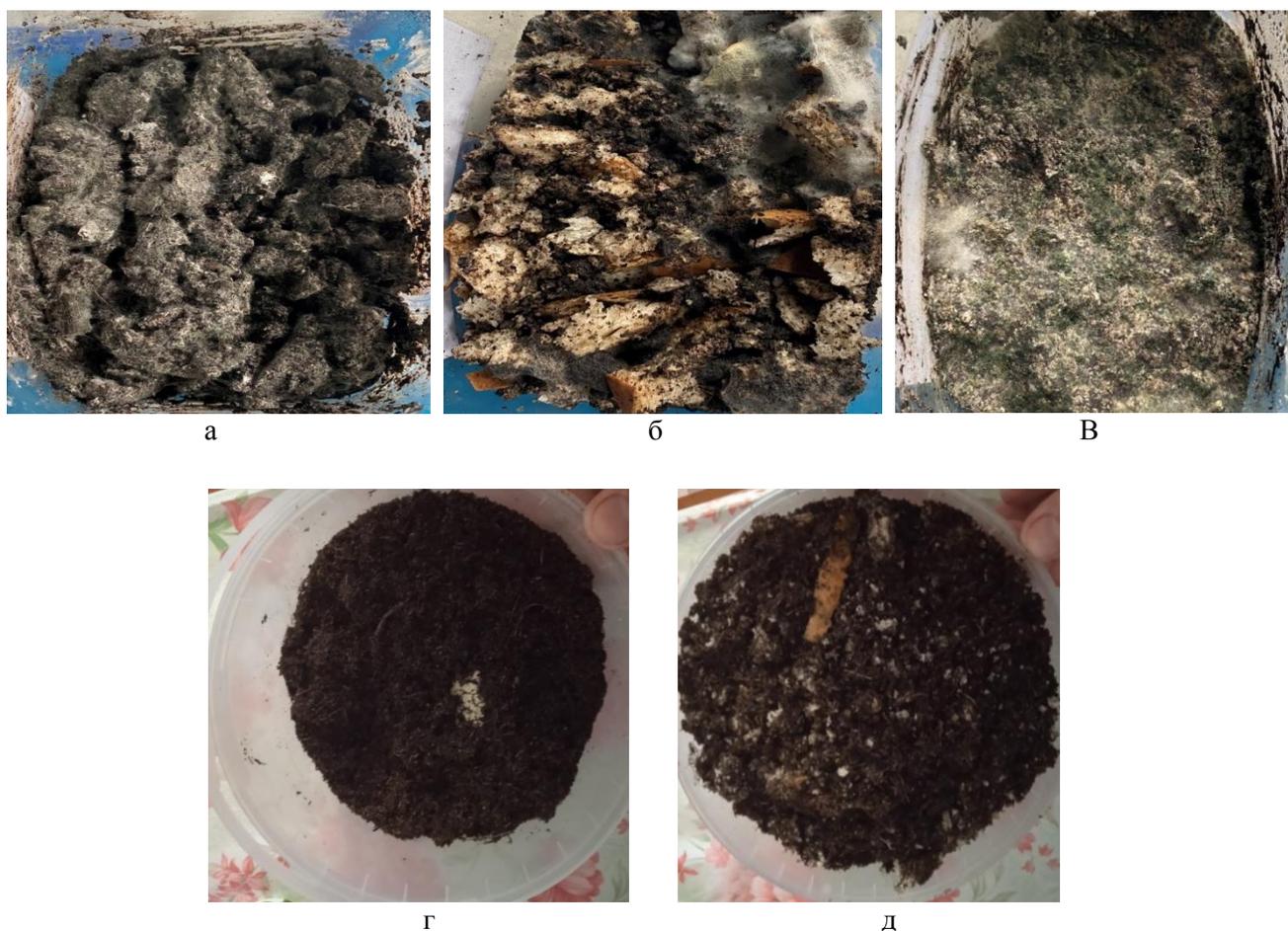


Рисунок 3. Фотографии образцов на 14 день процесса ферментации:

- а – образец №2: торф + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);
- б – образец №3: торф + углеводные пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);
- в – образец №5: торф + углеводные пищевые отходы + белковые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);
- г – образец №6: торф + углеводные пищевые отходы + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);
- д – образец №7: торф + углеводные пищевые отходы + белковые пищевые отходы + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);

Образование поверхностной плесени полностью отсутствовало у образцов № 2, № 6 и № 7. У образцов № 3 и № 5 поверхностная плесень не превышала 10-15% от площади образцов. Отсутствие поверхностной плесени и ее относительно небольшое содержание говорит о стабильности процесса ферментации. Однако процесс ферментации завершать было еще ра-

но, на фотографиях образцов наблюдаются вкрапления различных составляющих пищевых отходов.

По истечении 21 дня процесс ферментации был завершен. Фотографии образцов органического удобрения (компоста) приведены на рисунке 4.



а



б



в



г



д

Рисунок 4. Фотографии органического удобрения (компоста):

а – образец №2: торф + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);

б – образец №3: торф + углеводные пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1);

в – образец №5: торф + углеводные пищевые отходы + белковые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1); г – образец №6: торф + углеводные пищевые отходы + жировые

пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1); д – образец №7: торф + углеводные пищевые отходы + белковые пищевые отходы + жировые пищевые отходы + фермент (Байкал ЭМ-1)

После того как процесс ферментации был завершен, полученные образцы были подвержены измельчению на молотковой дробилке. Измельченные фракции подсушивали в конвективной сушилке теплым воздухом. Таким образом, с помощью ферментации пищевых

отходов были получены образцы органического удобрения (компоста), которое может применяться для удобрения как декоративных, так и сельскохозяйственных культур.

Выводы

На основании проведенных исследований процесса ферментации пищевых отходов различного состава препаратом Байкал ЭМ-1 для получения органического удобрения (компоста) можно сделать следующие выводы:

1. Произведена условная классификация пищевых отходов по составу.
2. Установлено, что ферментный препарат Байкал ЭМ-1 может быть использован для ферментации отходов, условно классифицированных по составу на жировые, углеводные, углеводно-белковые (70/30), углеводно-жировые (70/30), углеводно-белково-жировые (60/30/10). Препарат не подходит для белковых, белково-жировых пищевых отходов.
3. Результаты исследований имеют практическое значение для широкого диапазона специалистов пищевой промышленности с рациональной переработкой пищевых отходов.

Список источников

1. Бондарчук О.Н., Ермолаев В.А. Взаимодействие производителей пищевых проектов с целью сокращения вторичного сырья // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. Кемерово. 2022. С. 265-268.
2. Бондарчук О.Н., Ермолаев В.А. Товароведная оценка вторичного сырья (на примере фермерских производств) // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. Кемерово. 2022. С. 268-272.
3. Савушкина Е.Ю., Орлов Н.В., Нораева А.Г. Компостирование как оптимальный метод переработки пищевых отходов // Лучшая студенческая статья 2020. 2020. С. 251-263.
4. Светлаков К.А. Проблема пищевых отходов в общественном питании // Гуманитарные научные исследования. 2022. № 5 (129).
5. Славянский А.А. и др. Основные отходы сахарного производства и их использование / А.А. Славянский, Д.П. Митрошина, В.А. Грибова, В.А. Ермолаев // Сахар. 2022. № 12. С. 30-37.
6. Смирнов К.А., Алашкевич Ю.Д., Решетова Н.С. Особенности твердофазной ферментации // Химия растительного сырья. 2009. № 3.
7. Смирнова Т.С. Проблема Food Waste в мире: примеры глобальных и локальных мер по сокращению и предотвращению пищевых отходов // Устойчивое развитие: вызовы и возможности. 2020. С. 238-246.
8. Чикунова В.В., Стуженко Н.И., Яцук Ю.А. Пищевая промышленность как источник образования отходов // Дневник науки. 2023. № 9 (81).
9. 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. 2021. No. 28. Pp. 359-370.
10. Filimonau V., Ermolaev V.A. A sleeping giant? Food waste in the foodservice sector of Russia // Journal of Cleaner Production, 2021. No. 297. P. 126705.

References

1. Bondarchuk O.N., Ermolaev V.A. Interaction of producers of food projects in order to reduce secondary raw materials. Materials of the IX National Scientific and Practical Conference with international participation: «Current scientific and technical means and agricultural problems». Kemerovo, 2022, pp. 265-268.
2. Bondarchuk O.N., Ermolaev V.A. Commodity evaluation of secondary raw materials (on the example of farm production). Materials of the IX National Scientific and practical Conference

with international participation: «Current scientific and technical means and agricultural problems». Kemerovo, 2022, pp. 268-272.

3. Savushkina E.Yu., Orlov N.V., Garaeva A.G. Composting as an optimal method of processing food waste. The best student article 2020, 2020, pp. 251-263.

4. Svetlakov K.A. The problem of food waste in public catering. Humanitarian scientific research, 2022, no. 5 (129).

5. Slavyansky A.A. et al. The main wastes of sugar production and their use. A.A. Slavyansky, D.P. Mitroshina, V.A. Gribova, V.A. Ermolaev. Sugar, 2022, no. 12, pp. 30-37.

6. Smirnov K.A., Alashkevich Y.D., Reshetova N.S. Features of solid-phase fermentation. Chemistry of vegetable raw materials, 2009, no. 3.

7. Smirnova T.S. The problem of Food Waste in the world: examples of global and local measures to reduce and prevent food waste. Sustainable development: challenges and opportunities, 2020, pp. 238-246.

8. Chikunova V.V., Stuzhenko N.I., Yatsuk Yu.A. Food industry as a source of waste generation. Diary of Science, 2023, no. 9 (81).

9. 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, 2021, no. 28, pp. 359-370.

10. Filimonau V., Ermolaev V.A. A sleeping giant? Food waste in the foodservice sector of Russia. Journal of Cleaner Production, 2021, no. 297, p. 126705.

Информация об авторах

О.Н. Бондарчук – аспирант;

В.А. Ермолаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания.

Information about the authors

O.N. Bondarchuk – Postgraduate student;

V.A. Ermolaev – Doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department of biotechnology and food production.