

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 636.087.25

### Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии

*Потапов М.А., Курочкин А.А.*

**Аннотация.** В статье представлен материал, свидетельствующий о возможности применения термовакуумной экструзии с целью обеззараживания пищевых отходов. Предложена конструктивно-технологическая схема одного из вариантов технического решения предлагаемого метода. Приведены аргументы в пользу дальнейшего совершенствования термопластической экструзии с целью повышения энергоэффективности процесса.

**Ключевые слова:** отходы, обеззараживание, экструзия, термовакуумное воздействие, конструктивно-технологическая схема.

**Для цитирования:** Потапов М.А., Курочкин А.А. Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии // Инновационная техника и технология. 2020. № 4 (25). С. 53–56.

### Reduction of bacterial contamination of food waste by thermal vacuum extrusion

*Potapov M.A., Kurochkin A.A.*

**Abstract.** The article presents material indicating the possibility of using thermal vacuum extrusion for the purpose of disinfection of food waste. A design and technological scheme of one of the variants of the technical solution of the proposed method is proposed. Arguments are given for further improvement of thermoplastic extrusion in order to increase the energy efficiency of the process.

**Keywords:** waste, decontamination, extrusion, thermal vacuum effect, structural and technological scheme.

**For citation:** Potapov M.A., Kurochkin A.A. Reduction of bacterial contamination of food waste by thermal vacuum extrusion. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.4 (25). pp. 53–56 (In Russ.).

#### Введение

Как и в других мировых экономиках в Российской Федерации проблема утилизации пищевых отходов и их взаимосвязь с использованием вторичных материальных ресурсов давно перешла в категорию сверхактуальных.

В общем случае вторичные материальные ресурсы (ВМР) – это отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного ис-

пользования непосредственно или после дополнительной обработки [2].

Для пищевых отходов, под которыми понимаются продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессах их производства, переработки, употребления или хранения [1], больше подходит (с точки зрения ВМР) другое определение: это – часть вторичных материальных ресурсов, в отношении которых в настоящее время имеется техническая возможность и экономическая целесообразность использования в экономической дея-

тельности государства в целях получения материалов и (или) энергии.

Пищевые отходы имеют высокую ценность и, как правило, до утилизации не загрязнены, поскольку в процессе их накопления необходимо соблюдение требований межгосударственного стандарта «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» в части санитарии. Однако в дальнейшем загрязнение пищевых отходов может происходить при контакте с контейнерами для утилизации или транспортировки, а также в других случаях, когда не принимаются достаточные меры по ограничению их загрязнения.

В России системно и на постоянной основе ведутся работы по повторному использованию многих видов органических отходов, включая бытовые, муниципальные и пищевые отходы путем интеграции отходов в компост или их использования в качестве корма для животных. С этой точки зрения наиболее рациональный путь утилизации пищевых отходов – совмещение нескольких видов отходов при использовании (производстве новых композиций) их в качестве вторичных материальных ресурсов. В качестве примера такого подхода можно считать технологию производства кормов для животных на основе совместной переработки отходов растительного и животного происхождения [4, 5].

Подобные технологии, применяемые в настоящее время на практике, тем не менее, имеют ряд недостатков, затрудняющих их повсеместное применение.

Одной из главных проблем для таких технологий является то, что перерабатываемые отходы могут содержать микробиологические и химические загрязнения, которые ограничивают использование их в качестве корма для животных и требуют, как минимум, обеззараживания.

Особую озабоченность вызывают болезнетворные микроорганизмы (патогены), особенно в отходах, повторно используемых в качестве корма для животных. Эти патогены потенциально могут быть переданы животным через употребляемый корм и вызывать инфекционные заболевания, которые затем приводят к заражению людей. Для снижения рисков, связанных с повторным использованием отходов в качестве корма для животных, как правило, проводят предварительную обработку, которая уменьшает или устраняет потенциально патогенные микроорганизмы перед потреблением такого корма животными [6, 7].

Обычно в качестве такой обработки применяются: стерилизация, внесение химических добавок, компостирование или иное воздействие для полного уничтожения патогенов.

Одним из наиболее эффективных методов, способным снизить концентрацию бактерий при обработке пищевых отходов, является экструзия.

Экструзия – это метод, используемый в пищевой промышленности для производства таких продуктов как хлопья для завтрака, кукурузные па-

лочки, сухие корма для домашних животных. Сырьё, поступившее в экструдер, подвергается воздействию тепловой и механической обработки. После прохождения зоны повышенного давления, продукт выбрасывается в атмосферу, через отверстие в фильтре матрицы. Расширение продукта происходит при внезапном снижении давления, когда материал выпускается через матрицу за пределы внутреннего тракта машины. Величина расширения получаемого продукта зависит от нескольких факторов, включая содержание крахмала в обрабатываемом сырье, его влажности, температуры и рабочего давления процесса экструзии.

Метод сухой экструзии, применяемый, как правило, в одношнековых экструдерах в качестве единственного источника возникновения тепла, использует трение между частицами сырья и между обрабатываемым сырьем и рабочими органами экструдера. Процесс экструзии, обеспечивающий обработку и обезвоживание сырья, обычно занимает менее 30 с. При этом температура продукта на выходе из экструдера варьируется в диапазоне от 140 до 160 °С. Такая температура и избыточное давление примерно 100 кПа обеспечивает разрушение, как вегетативных бактериальных клеток, так и спор (стерилизация). Эффект стерилизации дополняется компрессионным эффектом, который воздействует на сырье в процессе резкого падения давления в момент его выхода из фильеры экструдера. Таким образом, комбинированное воздействие на сырье путем его нагревания, обезвоживания и разрыва клеток, возникающего во время резкого изменения давления, обеспечивает гарантированное обеззараживание готового экструдата [3].

Следует особо подчеркнуть, что метод переработки пищевых отходов методом экструзии имеет существенный недостаток, который нивелирует большую часть его преимуществ и препятствует широкому применению в производство. Объясняется это тем, что рабочий процесс одношнековых экструдеров, с позиции термодинамики, основан на использовании теплоты, генерируемой непосредственно в тракте машины за счет диссипации энергии электрического тока привода. В качестве промежуточного звена преобразования электрической энергии привода машины (электродвигателя) в тепловую энергию нагреваемого в процессе экструзии сырья используется механическая энергия сил сдвига и трения обрабатываемого материала. Как следствие этого факта, обработка сырья с помощью автогенных экструдеров относится к чрезвычайно энергоемким и весьма затратным в реализации процессам. Изыскание способов снижения энергоемкости рабочего процесса одношнековых экструдеров, позволит существенно расширить их применение в самых различных сферах, в том числе и в переработке пищевых отходов.

В качестве одного из способов решения изложенной проблемы предлагается модернизация соответствующего оборудования, в рабочем процессе

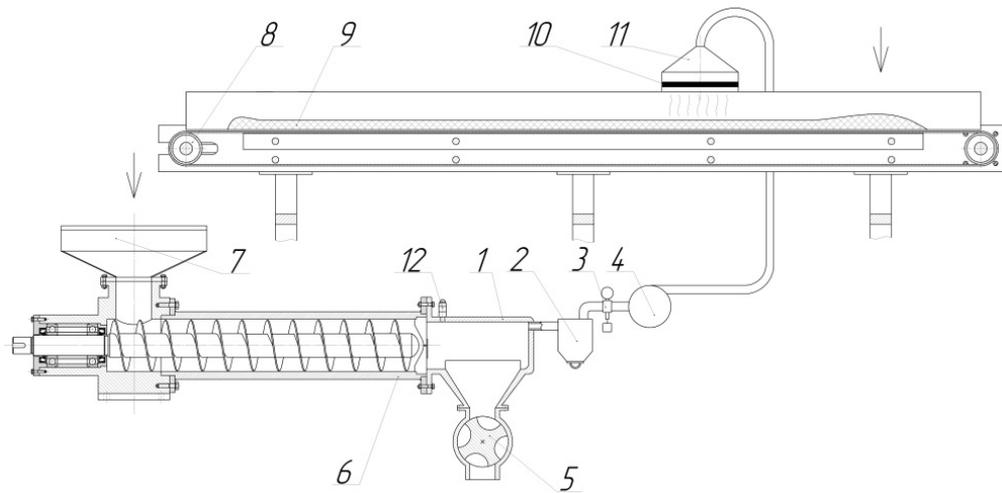


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема оборудования для обработки пищевых отходов

которого может быть использован экструдер с вакуумной камерой.

Такой экструдер состоит из загрузочной камеры 7 (рис. 1), корпуса 6, вакуумной камеры 1, оснащенной шлюзовым затвором 5 и воздушным клапаном 12, вакуум-баллона 2, вакуум-регулятора 3 и вакуумного насоса 4.

Экструдер с помощью трубопровода соединен с дефлектором 11, в рабочем объеме которого находятся воздушные ТЭНы 10.

В верхней части экструдера смонтирован ленточный конвейер 9, перемещаемой с помощью приводного вала 8.

Вакуумная камера 1 с одной стороны ограничена шлюзовым затвором 5 и с помощью трубопровода соединена с вакуум-баллоном 2.

Вакуумная камера, а также трубопроводы, соединяющие ее с вакуум-баллоном и дефлектором, с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом (напыляемый утеплитель PENOPLEX).

Шлюзовой затвор 5 служит для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры экструдера.

Вакуумный насос 4 обеспечивает пониженное давление (давления ниже атмосферного) в вакуумной камере.

Вакуум-баллон 2 служит для выравнивания давления воздуха в системе и сбора конденсата.

Вакуум-регулятор 3 необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере экструдера в заданных пределах при требуемой влажности готового продукта.

С помощью воздушного клапана 12 в вакуумной камере регулируется давление (путем впуска воздуха), а также интенсивность перемещения горячего пара, поступающего на предварительный нагрев сырья.

Подача горячего водяного пара из вакуумной камеры на конвейер осуществляется с помощью вакуум-насоса. При включенных ТЭНах, температура пара повышается, а его влажность – снижается.

Рабочий процесс оборудования для переработки пищевого сырья осуществляется следующим

образом. Обрабатываемое сырье предварительно нагревается, перемещаясь с помощью конвейера в загрузочную камеру экструдера и далее – в его шнековую часть. Захваченное шнеком сырье последовательно проходит зоны прессования и дозирования машины, нагреваясь до температуры 130-150 °С, а затем выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру.

Попадая из области высокого давления (во внутреннем тракте экструдера) в зону пониженного давления, сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар.

Образующийся горячий пар температурой 120-140 °С с помощью вакуум-насоса перемещается в зону ленточного конвейера. При обработке сырья с повышенной влажностью (более 30 %), включаются один, два или три воздушных ТЭНа. При этом удаляемый из воздушной камеры горячий водяной пар не только дополнительно нагревается, но и существенно снижает свою влажность.

Из вакуумной камеры обрабатываемое сырье с температурой 100-110 °С с помощью шлюзового затвора 5 выводится за пределы машины и подается на фасование.

Таким образом, снижение энергозатрат на выполнение рабочего процесса модернизируемого экструдера (повышение его энергоэффективности) обеспечивается за счет замещения части энергии электрического привода машины энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в вакуумной камере экструдера.

## Выводы

Предлагаемая конструктивно-технологическая схема модернизированного оборудования позволяет гарантированно снизить бактериальную обсемененность обрабатываемых пищевых отходов до приемлемого уровня и снизить ориентировочно на 25-30 % энергозатраты на технологический процесс.

**Список литературы**

- [1] Р 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 16 с.
- [2] ГОСТ Р 54098-2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
- [3] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [4] Курочкин, А.А. Технология производства кормов на основе термовакуумной обработки отходов с/х производства /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Инновационная техника и технология. 2014. № 4. С. 36-40.
- [5] Пат. 2610805 Российская Федерация МПК А23К 40/25, А23К 10/26, А23К 10/37. Способ производства кормов /заявители: П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, А.Л. Мишанин; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГТУ.– № 2015119627; заявл. 25.05.2015; опубли. 12.02.2017, Бюл. № 5. 8 с.
- [6] Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S., Toda, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste // International Biodeterioration & Biodegradation. 2010. Т. 64. № 7. С. 601-608.
- [7] Im, S., Lee, M.-K., Yun, Y.-M., Cho, S.-K., Kim, D.-H. Effect of storage time and temperature on hydrogen fermentation of food waste // 2018 Asia Biohydrogen and Biorefinery Symposium. 2020. Т. 45. № 6. С. 3769-3775.

**References**

- [1] Р 30772-2001. Resource saving. Waste treatment. Terms and definitions. – Moscow: STANDARTINFORM, 2008. – 16 p.
- [2] GOST R 54098-2010. Resource saving. Secondary material resources. Terms and definitions. – Moscow: STANDARTINFORM, 2011. – 14 p.
- [3] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [4] Kurochkin, A. A. The technology of fodder production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative engineering and technology. 2014. No. 4. Pp. 36–40.
- [5] Pat. 2610805 Russian Federation IPC A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Method of production of feed /appellants: P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, L. A. Mishanin; patentee FGOU VPO Penza state technical University.– № 2015119627; declared. 25.05.2015; publ. 12.02.2017, Byul. No. 5. 8 p.
- [6] Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S., Toda, T. Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste // International Biodeterioration & Biodegradation. 2010. Т. 64. № 7. С. 601-608.
- [7] Im, S., Lee, M.-K., Yun, Y.-M., Cho, S.-K., Kim, D.-H. Effect of storage time and temperature on hydrogen fermentation of food waste // 2018 Asia Biohydrogen and Biorefinery Symposium. 2020. Т. 45. № 6. С. 3769-3775.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Потапов Максим Александрович</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440045, Пенза, ул. Ульяновская, д. 36, кв. 37 <b>E-mail:</b> torrentskachat@mail.ru</p>	<p><b>Potapov Maxim Alexandrovich</b> postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>E-mail:</b> torrentskachat@mail.ru</p>
<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b> доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03 <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>