

## ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НАСЕКОМЫХ

Хозяев И.А., Рудой Д.В., Ломакина С.А., Мальцева Т.А., Сердюк В.А.

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

**Аннотация.** В статье приведен обзор и анализ способов измельчения сырья комбикормового производства. Представлена технология комплексной переработки личинки Черной львинки. Обоснована целесообразность измельчения сырья в технологии переработки насекомых. В работе поставлена задача выбрать оптимальный способ измельчения для получения максимального результата по разделению всех составляющих личинки. Определен наиболее подходящий способ измельчения. Представлены машины для измельчения сырья способом изрезывания.

**Ключевые слова.** Измельчение, способы измельчения, измельчитель, личинки Черной львинки, изрезывание, нож.

## REVIEW AND ANALYSIS OF TECHNOLOGIES OF GRINDING RAW MATERIALS IN INSECT PROCESSING TECHNOLOGIES

Khozyaev I.A., Rudoy D.V., Lomakina S.A., Maltseva T.A., Serdyuk V.A.

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

**Abstract.** The article provides an overview and analysis of the methods of grinding raw materials of animal feed production. The technology of complex processing of the lion's larva is presented. The feasibility of grinding raw materials in the technology of processing insects is substantiated. The task is to choose the optimal grinding method to obtain the maximum result for the separation of all components of the larva. The most suitable grinding method has been determined. Presents machines for grinding raw materials by cutting.

**Keywords.** Grinding, grinding methods, chopper, Black lion larvae, cutting, knife.

Обеспечение населения планеты белками и животными жирами, утилизация органических отходов в качестве новых перспективных источников сырья пищевой и комбикормовой отрасли является исторической проблемой. Способствует решению данной проблемы – производство высокопротеиновой муки и жира из личинок насекомых. Наиболее ценными свойствами которых является высокое содержание белка и жира, низкая себестоимость и отсутствие в концентрате токсичных веществ. Поэтому разработка новых научно-обоснованных технологий измельчения сельскохозяйственного сырья, биомасс насекомых и иного альтернативного сырья пищевой промышленности является актуальным направлением науки в современном её проявлении.

Научная работа направлена на получение новых и систематизацию существующих данных, для описания процесса измельчения в многоступенчатой глубокой переработке насекомых в высокопротеиновую муку и жир. В связи с этим практически значимыми задачами являются:

- рассмотреть процесс измельчения;
- провести анализ соответствия: способа измельчения (и соответствующей машины) относительно свойств измельчаемого материала;
- изучить технологическую значимость процесса измельчения в переработке насекомых;
- подобрать оптимальный измельчитель личинок Черной львинки.

Процессы измельчения материалов являются важными, и встречающимися в различных отраслях перерабатывающего производства. Они нашли широкое применение и в сельскохозяйственном производстве, например, при приготовлении комбикормов, подготовки сельскохозяйственного сырья, утилизации отходов. Дисперсность материалов во многом определяет интенсивность протекания самых разнообразных технологических процессов и влияет на качественные характеристики продуктов. Процесс измельчения является весьма энергоёмким. В ряде источников отмечается, что в настоящее время на измельчение затрачивается 5-10% производимой в мире электроэнергии. Например, в комбикормовом производстве на измельчение идет до 70% всей используемой энергии. Большие энергетические затраты объясняются низким КПД измельчителей. В указанных условиях, решение этой проблемы является актуальным и весьма перспективным.

Измельчение представляет собой процесс механического деления твердых тел на части. Результат процесса характеризуется степенью измельчения, равной отношению линейных размеров частиц до измельчения и после.

$$i = \frac{d_n}{d_k}, \quad (1)$$

где  $i$  - степень измельчения;  
 $d_n$  - начальный размер, мм;  
 $d_k$  - конечный размер, мм.

В зависимости от степени измельчения различают среднее, мелкое, тонкое, коллоидное измельчение. В процессе измельчения на материал оказываются разные виды механического воздействия, определяющие способ измельчения. Несмотря на разнообразие, во всех известных измельчителях использованы следующие основные способы: раздавливание, раскалывание, разламывание, изрезывание, распиливание, растирание (истирание) и удар [1].

Целесообразность способа измельчения (и соответствующей машины) определяется свойствами измельчаемого материала (таблица 1).

Таблица 1 – Соответствие способа измельчения и свойства материала

Твердый, хрупкий	Раздавливание, удар
Твердый, вязкий	Изрезывание, раздавливание, распиливание
Хрупкие, средней твердости	Удар, раскалывание, истирание
Вязкий, средней твердости	Истирание, истирание+удар, распиливание

Технология переработки насекомых в некоторых компаниях заключается в простом измельчении высушенной личинки и добавлении в комбикорм. Это является не рациональным использованием составляющих личинки. Для этого создана технология комплексной переработки личинки мух Черной львинки, состоящая из операций, представленных на рисунке 1, состоящая из следующих операций:

1. Сбор и очистка личинок. Как правило, это не создает особых проблем, поскольку личинки сами выползают из субстрата и уже являются чистыми. Если же субстрат был слишком влажный и на личинках остался субстрат – его подвергают мойки и сепарированию на ситах.
2. Измельчение личинок. Для максимального разделения всех составляющих личинки целесообразно их измельчить.
3. Механическое отделение внутренностей от кутикулы. Кутикулой является хитиновое покрытие куколки. Это является первым этапом разделения составляющих, после чего кутикула идет на дальнейшую переработку с целью получения хитина – ценного вещества.
4. Сушка внутренностей. Личинки содержат высокое содержание влаги. Поэтому для максимального извлечения жира и предотвращения «залипания» и «комкования» необходимо высушить массу.
5. Отжим жира. Является вторым этапом разделения фракций.
6. Измельчение обезжиренного пресс-остатка в муку. При извлечении жира происходит спрессовывание сырья. Для удобства использования в качестве компонента для комбикормового производства сырье необходимо измельчить. Таким образом, на этом этапе получается чистая белковая фракция.

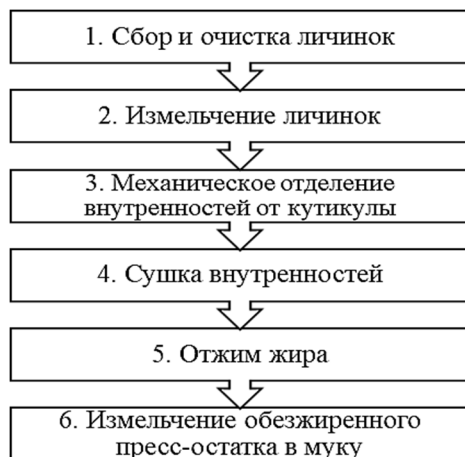
Технологическая значимость процесса измельчения в переработке насекомых заключается в максимальном разделении всех составляющих личинки, увеличении поверхности материалов, что позволяет значительно ускорить растворение, химическое взаимодействие, ускоряет тепловую обработку, экстрагирование [3].

Личинка Черной львинки обладает пластичной и вязкой внутренней частью, но её кутикула достаточно твердая [2,4]. Поэтому в соответствии с её реологическими свойствами и на основании данных, приведённых в таблице 1 оптимальным способом измельчения рассматриваемого сырья является изрезывание. Изрезывание - управляемый процесс, позволяющий разделить тело на части требуемых размеров, а при необходимости и формы; механическая сила прикладывается сверху, обычно рывком; рабочие элементы измельчителя острые, режущие (ножи).

Изрезывающие машины подразделяют [5]:

- траворезки, соломорезки для измельчения растений и их частей;
- корнерезки с гильотинными ножами для изрезывания плотных деревянистых частей;
- барабанные соломорезки;
- ножевая мельница.

Ножевая мельница (рисунок 2) предназначена для измельчения объемистых и мягких материалов, средней твердости, а также волокнистого и целлюлозосодержащего сырья с крупностью частиц не более 20 - 30 мм и температурой до +50 °С., что подходит для объекта исследования данной работы. Ножевая мельница применяется в научно-исследовательских, сельскохозяйственных лабораториях, в лабораториях листьев, волокон, пряностей, травы (сена, хмеля, древесины, солода, кукурузы, соломы, табака и лекарственных трав), поэтому её легко адаптировать под машину для измельчения личинок Чёрной львинки. Режущие пластинки (ножи) у ножевой мельницы регулируемые.



7. Рисунок 1 - Технология комплексной переработки личинки Черной львинки



Рисунок 2 – Ножевая мельница FDV

Измельчение в мельнице ножевой происходит в результате ударно-отражательного действия и сдвига материала между неподвижными ножами и ножами ротора, что обеспечивает успех в измельчении личинки, так как её кутикула твёрдая, а под ней вязкий материал. Именно механическое воздействие ножей способствует измельчению и оболочки, и внутренней части сырья.

На основании выше изложенного, целесообразно для измельчения личинок Чёрной львинки в технологической линии производства высокопротеиновой муки и жира использовать ножевую мельницу, в которой осуществляется способ измельчения – изрезывание.

#### Список использованных источников

1. Антипов С.Т. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антипов, В.А. Панфилова, В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2007. – 420 с.
2. Антонов А. М. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А. М. Антонов, Е. Lutovinovas, Г. А. Иванов, Н. О. Пастухова // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4–19.
3. Арет В.А. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности / В.А. Арет, С.Д. Руднев. – СПб.: ИЦ Интермедия, 2014. - 252 с.
4. Бастраков А. И. Высокоэффективная биоконверсия органических субстратов личинками Черной львинки / А. И. Бастраков, А. А. Загоринский, А. А. Козлова, Н. А. Ушакова // Биотехнология и

качество жизни: Международная научно–практическая конференция. Москва, 18–20 марта 2014 г. М., 2014. С. 418–419.

5. Долгов И.А. Технология и оборудование для производства кормов и белковых добавок / И.А. Долгов, Н.И. Пройдак // Техника в сельском хозяйстве. 1990. С 8-9.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.