

## ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ В КУТТЕРЕ

*А. Л. Желудков, С. В. Акуленко, К. К. Гуляев*

Определены виды сырья для переработки в машинах для тонкого измельчения на предприятиях различных отраслей пищевой промышленности и комбинатах общественного питания. Показана возможность использования куттера для измельчения сырья растительного происхождения (яблоко, тыква, сахарная свекла). Изучены некоторые аспекты измельчения белоксодержащего сырья, которые позволяют увеличить выход готовых колбасных изделий и снизить потери при производстве.

### **Введение**

В пищевой перерабатывающей промышленности при производстве продуктов питания широко применяется операция измельчения, которая оказывает существенное влияние на качество и выход готового продукта. Среди машин для тонкого измельчения сырья особое место занимают куттеры. Рабочими органами куттера являются чаша и один или два ножевых вала с серповидными режущими ножами. На каждом валу устанавливается от трех до двенадцати ножей. Частота оборотов ножевого вала в современных куттерах фирм «Нагема», «Ласка», «Зейдельманн», «Кремер-Греббе» и др. составляет до 6000 оборотов в минуту.

Процесс резания осуществляют при высоких скоростях режущих рабочих органов куттеров. Он сопровождается выделением большого количества теплоты, что вызывает значительное повышение температуры сырья и приводит к изменению структурно-механических свойств измельчаемого продукта, что существенно снижает качество готовых изделий.

Конструктивные параметры режущих рабочих органов выбираются с учетом их режима работы, физического состояния разрезаемого материала, кинематики режущего органа и измельчаемого продукта, прочности и жесткости рабочего органа и других факторов.

Основным требованием к любому режущему инструменту является сохранение остроты режущей части и геометрических форм рабочего органа в течение наиболее длительного времени, то есть инструмент должен обладать достаточной жесткостью и высокой износостойкостью.

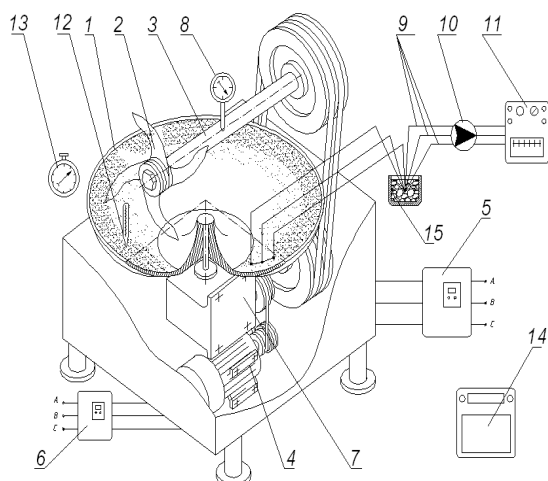
Проведенный анализ литературных источников показал, что на мясоперерабатывающих предприятиях является актуальной проблема переработки белоксодержащего сырья, особенно свиной шкурки, которая составляет 4...5 % от массы туши. Основной белок свиной шкурки – коллаген, нерастворим в воде, имеет высокую механическую прочность. За счет сохранения функциональных свойств свиная шкурка в составе мясных продуктов способствует улучшению их консистенции, предотвращает возможность образования бульонно-жировых отеков, снижению потерь готовой продукции.

Целью представленной работы является определение количества воды, добавляемой к свиной шкурке в процессе измельчения в куттерах, работающих при скоростях резания до 30 м/с, для получения эмульсии с максимальной водосвязывающей способностью.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Для проведения экспериментальных исследований по изучению процесса куттерования сельскохозяйственного сырья был разработан и смонтирован экспериментальный стенд на базе промышленного куттера марки ФК-50.

Данный стенд позволяет проводить исследования по изучению особенностей процесса тонкого измельчения сырья, изменяя основные параметры работы куттера (скорость резания и линейную скорость чаши), с использованием различных конструкций куттерных ножей.



- 1 – чаша; 2 – экспериментальный нож; 3 – ножевой вал; 4 – электродвигатель;  
 5 – частотный преобразователь тока; 6 – частотный преобразователь тока; 7 – редуктор;  
 8 – фототахометр; 9 – термопары; 10 – переключатель; 11 – милливольтмикроамперметр;  
 12 – термометр; 13 – секундомер; 14 – весы; 15 – сосуд Дьюара

**Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда**

Работоспособность экспериментальной установки была проверена при проведении наладочных испытаний на сырье растительного происхождения. В качестве сырья для измельчения использовались такие продукты, как яблоко, тыква, сахарная свекла. Фотографии исходного сырья и измельченного продукта представлены на рисунках 2, 3 и 4.

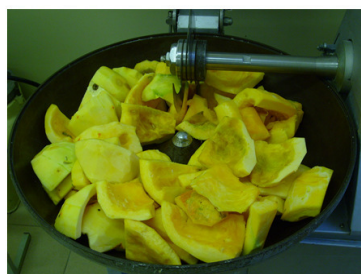


яблоки до измельчения



яблоки после измельчения

**Рисунок 2 – Измельчение яблок**



тыква до измельчения



тыква после измельчения

**Рисунок 3 – Измельчение тыквы**



сахарная свекла до измельчения



сахарная свекла после измельчения

#### Рисунок 4 – Измельчение сахарной свеклы

В пищевой промышленности тонкое измельчение в куттерах нашло применение для переработки различных видов сырья, например: измельчения мяса и смешивания его с другими компонентами фарша при производстве варено-копченых, сырокопченых, вареных, полукопченых, ливерных колбас, сосисок и сарделек, паштетов из мяса, рыбы и птицы, перемешивания творожной массы и других сходных пищевых продуктов.

В результате предварительных испытаний была также установлена возможность использования куттера для измельчения сырья растительного происхождения (яблоко, тыква, сахарная свекла), что говорит о возможности применения данного типа машин и в других отраслях пищевой перерабатывающей промышленности.

В то же время на мясоперерабатывающих предприятиях является актуальной проблема переработки белоксодержащего сырья. Применение добавок в виде эмульсии из свиной шкурки не оказывает отрицательного воздействия на качество колбас. Наоборот, происходит увеличение водосвязывающей, влаго- и жиродерживающей, структурообразующей способностей фарша и его устойчивости; при этом улучшается товарный вид, консистенция и сочность продукта. Кроме того, добавление в фарш эмульсии из свиной шкурки сопровождается ростом выхода готовых колбасных изделий и снижением потерь при производстве.

Поэтому в ходе проведения наладочных испытаний также использовалось сырье животного происхождения, в частности свиная шкурка (рисунок 5).



шкурка до измельчения



шкурка после измельчения

#### Рисунок 5 – Измельчение шкурки

Перед проведением экспериментов свиная шкурка выдерживалась в течение суток при температуре 2...6 °С в растворе, содержащем соль поваренную пищевую до увеличения ее массы на 20...30 %. Свиная шкурка куттеровалась в три стадии. На первой стадии добавлялась одна третья часть холодной воды. При этом куттерование проводилось до температуры эмульсии в куттере 30...35 °С. На второй стадии добавлялась еще одна третья часть холодной воды, сырье куттеровалось до температуры 20...25 °С. На третьей стадии добавлялась оставшаяся часть холодной воды и куттерование производилось до получения однородной вязкой массы [1].

При измельчении свиной шкурки необходимо достигнуть не только требуемой степени измельчения сырья, но и связывания им количества воды, обеспечивающего получение продукта высокого качества с максимальным выходом. Поэтому основной технологической характеристикой, определяющей эффективность куттерования, является водосвязывающая способность полученной эмульсии (ВСС).

Определение водосвязывающей способности производилось по методу Грау и Хамма в модификации Кельмана и Воловиной [2]. Метод основан на определении количества воды, выделяемой из шкурки при легком прессовании на фильтровальную бумагу. Размер получившегося при этом на бумаге влажного пятна зависит от способности свиной шкурки связывать влагу. Содержание связанной воды ВСС рассчитывается по формуле, %:

$$ВСС = \frac{(A - kB) \cdot 100}{M}, \quad (1)$$

где  $A$  – содержание воды в навеске, мг;

$k$  – количество воды в 1 см<sup>2</sup> влажного пятна,  $k=8,4$  мг;

$B$  – площадь влажного пятна, см<sup>2</sup>;

$M$  – масса навеска, мг.

При проведении экспериментальных исследований к измельчаемому сырью добавлялась вода в количестве 100 %, 125 % и 150 % к общей массе. В связи с хорошей воспроизводимостью результатов измерений, исследования проводились двумя повторностями проведения экспериментов. Общее время измельчения составляло 30 минут. Пробы отбирались с интервалом 5 минут. Для каждой навески определялась водосвязывающая способность по методу, описанному выше. Одновременно фиксировалась потребляемая мощность на ножовом валу. Температура измерялась для соблюдения технологии куттерования. При проведении экспериментальных исследований использовались ножи по патенту № 11597 РБ [3]. Частота вращения режущего инструмента составляла 1500 об/мин, чаши – 12 об/мин.

Зависимость водосвязывающей способности при добавлении 125 % воды к общей массе измельчаемого сырья от времени куттерования представлена на рисунке 6.

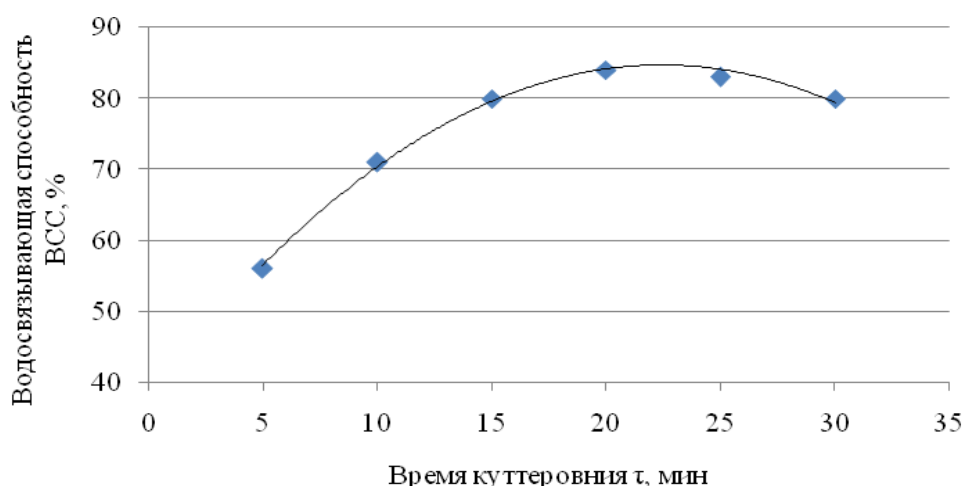


Рисунок 6 – Зависимость водосвязывающей способности от времени куттерования

Полученная зависимость описывается уравнением

$$BCC = -0,93\tau^2 + 4,16\tau + 38, \quad (2)$$

где  $\tau$  – время куттерования, мин.

Коэффициенты в правой части полученного уравнения имеют размерность, которая учитывает размерность выходной функции в левой части.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что наибольшая водосвязывающая способность измельчаемого сырья достигается при добавлении 125 % воды к общей массе продукта. При добавлении большего количества воды она не связывается коллагеном и находится в водяных прослойках между измельченными частицами шкурки.

При продолжительности куттерования до 22,4 минуты (первый период) происходит интенсивное разрезание частиц, их общая поверхность увеличивается, влага из свободной переходит в поверхностно-связанную. В этот период величина водосвязывающей способности возрастает и достигает максимума ( $BCC=83\%$ ), при этом потери жидкости при последующей термообработке колбасных изделий убывают до минимальных значений. Образование первичной структуры заканчивается. При дальнейшем куттеровании (второй период куттерования) температура эмульсии продолжает повышаться, увеличивается число мельчайших частиц, аэрирование массы и эмульгирование жира, что ведет к вторичному структурообразованию, а также к уменьшению величины водосвязывающей способности и увеличению потерь массы при термообработке.

Время, при котором водосвязывающая способность достигает экстремального значения, является рациональной продолжительностью измельчения. Из приведенных данных можно сделать вывод, что максимальная  $BCC$  свиной шкурки достигается при времени куттерования равном 22,4 минуты. Дальнейшее измельчение ведет к перекуттерованию и снижению качества готовой продукции.

Зависимость потребляемой мощности от времени куттерования представлена на рисунке 7.

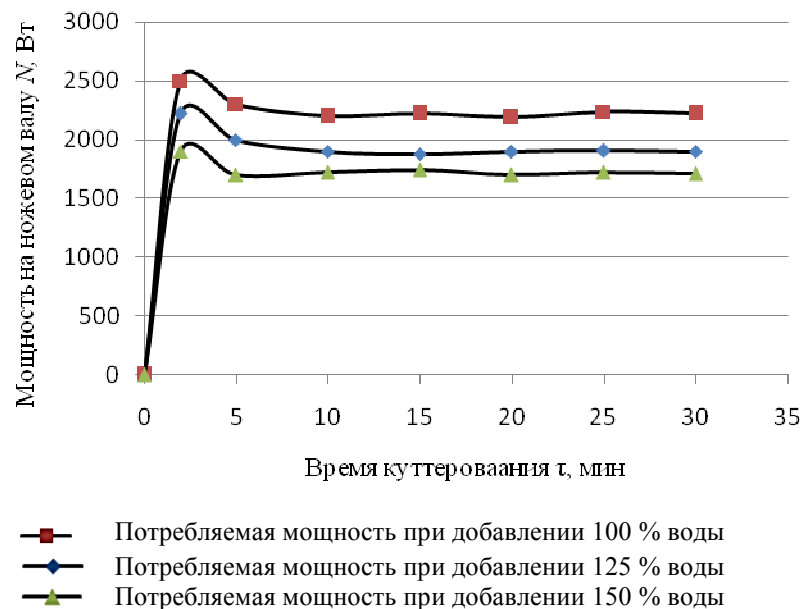


Рисунок 7 – Зависимость мощности от времени куттерования

При куттеровании энергия, затрачиваемая ножами, расходуется, главным образом, на преодоление сил адгезии и трения. Эти силы находятся в прямой зависимости от площади контакта лезвия ножа и измельчаемого продукта.

В начальный период куттерования потребление энергии возрастает. Так как усилие прижатия продукта к боковой поверхности и коэффициент трения при заданной скорости резания являются величиной постоянной, можно сделать вывод, что основной причиной повы-

шения потребляемой энергии в начальный период является увеличение составляющей потребляемой мощности на преодоление сил трения поверхности ножа о продукт и разрушения структурных связей свиной шкурки.

При дальнейшем куттеровании, когда происходит первоначальное разрушение структуры шкурки и сырье равномерно распределяется в чаше, потребление энергии снижается и остается неизменным при дальнейшем измельчении.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований была показана возможность использования куттера для измельчения сырья как растительного происхождения (яблоко, тыква, сахарная свекла), так и коллагенсодержащего сырья.

Получены зависимости изменения водосвязывающей способности свиной шкурки в процессе куттерования и потребляемой мощности, идущей на процесс измельчения. Максимальная водосвязывающая способность достигается при времени куттерования 22,4 минуты (частота вращения режущего инструмента 1500 об/мин, чаши – 12 об/мин). Дальнейшее измельчение ведет к перекуттерованию и снижению качества готовой продукции.

### **Литература**

- 1 Способ производства сосисок: пат. № 2212169 Россия, МПК<sup>7</sup> А 23 L 1/317 / В. С Геута, В. Н. Селиванов, А.В. Федосеев. – № 2002126781/13; заявл. 08.10.2002; опубл. 20.09.2003.
- 2 Антипова, Л.В. Прикладная биотехнология. УИРС для специальности 270900: учебное пособие для вузов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, А.И. Жаринов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 288 с.
- 3 Нож куттера серповидный: пат. № 11597 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 02С 18/20 /В.Я. Груданов, А. А. Бренч, А.Л. Желудков; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20061055; заявл. 27.10.06; опубл. 30.04.07//Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 1. – С. 62.

*Поступила в редакцию 20.04.2018*