

УДК 637.5

Разработка процесса и установки для обвалки мяса реберных костей

Р. А. АЗАЕВ, д-р техн. наук Е. И. ВЕРБОЛОЗ,
д-р техн. наук В. В. ПЕЛЕНКО

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

The way of separating the meat from the costal bones by means of the knife with two blades was developed.

Key words: costal bones, a way of cutting, process, the device for cutting.

Ключевые слова: реберные кости, способ разделки, процесс, устройство.

Появление ряда новых перспективных технологических и технических решений, реализующих принципы интенсификации и автоматизации процессов обвалки реберного мяса, их безотходности и экологической чистоты требует тщательной разработки соответствующих структурных и физических моделей, а также создания адекватного и корректного математического описания названных процессов и оборудования [1].

Решение задач механизации и совершенствования процесса обвалки реберного мяса убойных животных позволяет поднять объемы выхода мясного сырья на 15–20 %, что в денежном выражении составляет около 1,2 млрд руб. в год. При этом существенно уменьшаются затраты травмоопасного, физически и психологически тяжелого ручного труда обвалщиков [2].

Проанализированные и обобщенные данные, имеющиеся в научно-технической и патентной литературе, касающиеся процесса обвалки реберных костей убойных животных позволили обосновать способ и конструкцию установки для осуществления механизированного процесса отделения цельного пласта мяса от реберных костей, а также приспособление — двухлезвийный нож для разрезки мякотной соединительной ткани грудного отруба по ребрам.

Предложенный способ отделения мяса от реберных костей предусматривает разрез специальным двухлезвийным ножом посередине каждого ребра, закрепление грудореберной части на гибком столе с помощью гибких подводных элементов (рис. 1). Фиксация туши производится за мягкую ткань межреберного пространства непрерывным образом, так что отрыв мягкой ткани выполняется путем создания усилий, направленных перпендикулярно к касательной плоскости ребер от стороны не прорезанной мясокостной ткани ребра к прорезанной стороне.

Устройство для осуществления способа обвалки грудореберной части туши состоит из корпуса с жестким криволинейным контуром, прижимного стола, механизма прижима мякотной части к столу, при этом механизм прижима выполнен в виде гибкой пластины огибающей и полностью повторяющей жесткий криволинейный контур (рис. 2).

Грудореберная часть туши фиксируется на гибком столе 2 с помощью гибких продольных элементов 3, гибкий стол, в свою очередь, соединен с гайкой 4 штангой 5. Гайка, перемещаясь по винту 6, тянет за собой гибкий стол,

который изгибается о направляющие 7. Гибкие продольные элементы 3, изгибаясь вместе со столом 2, отрывают мякотную часть от реберных костей. На гибком столе остается только мякотная часть. Далее гибкий стол 2 перемещается в первоначальное положение, обвалщик освобождает мякотную часть и передает на дальнейшую обработку.

Знание адгезионных сил необходимо для определения кинематических, силовых и энергетических характеристик привода обвалочной установки.

Используя уравнение, полученное в работе [3], возможно осуществить экспериментальное определение адгезионной прочности соединительной ткани мясного сырья

$$q = \frac{8Eh^3}{3(1-\nu^2)} \left(\frac{b}{l^2} \right)^2,$$

где b — максимальный ход толкателя;

h — толщина кости (размер малой оси эллипса сечения);

l — длина реберной кости;

E — модуль продольной упругости материала для реберной кости;

ν — коэффициент Пуассона

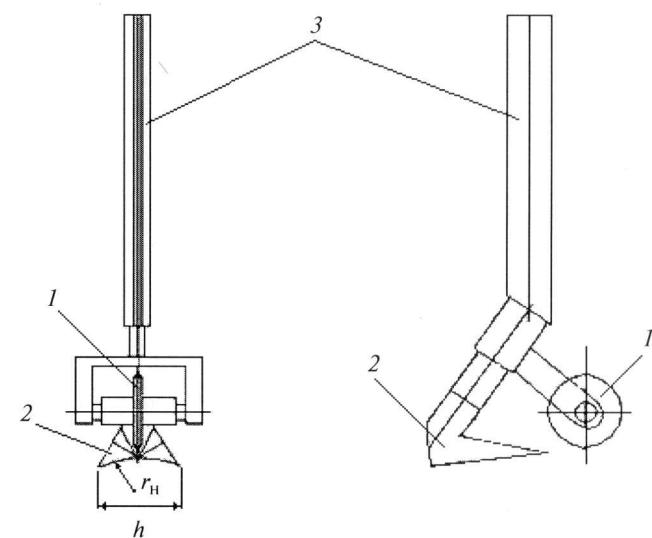


Рис. 1. Схема ножа для разрезки и отделения соединительной ткани от ребер:

1 — дисковый нож; 2 — плужковое лезвие; 3 — рукоятка

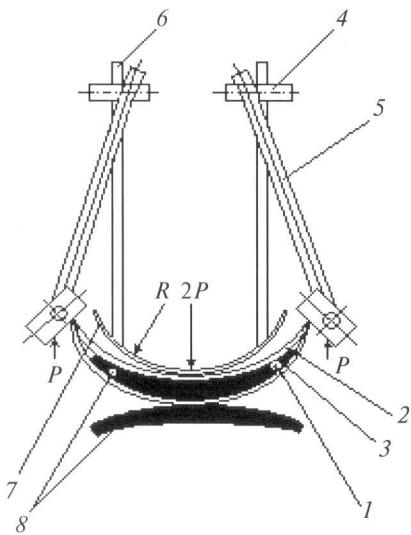


Рис. 2. Установка для осуществления процесса механизированной обвалки мяса реберного отруба:

- 1 — грудореберная часть туши;
- 2 — гибкий установочный стол;
- 3 — гибкие продольные элементы;
- 4 — гайка;
- 5 — тяговая штанга;
- 6 — винт;
- 7 — профильные направляющие;
- 8 — кость, отделяемая от мясной основы

По полученным экспериментальным данным произведен расчет адгезионных распределенных усилий для пяти реберных костей:

— кость № 1

$$q_1 = \frac{8 \cdot 0,11 \cdot 10^5 (6,5 \cdot 10^{-3})^3}{3(1 - 0,45^2)} \left(\frac{1,42 \cdot 10^{-3}}{0,1^2} \right)^2 = 203 \text{ Па} \cdot \text{м},$$

— кость № 2

$$q_2 = \frac{8 \cdot 0,11 \cdot 10^5 (5,5 \cdot 10^{-3})^3}{3(1 - 0,45^2)} \left(\frac{1,31 \cdot 10^{-3}}{0,1^2} \right)^2 = 103 \text{ Па} \cdot \text{м},$$

— кость № 3

$$q_3 = \frac{8 \cdot 0,11 \cdot 10^5 (7 \cdot 10^{-3})^3}{3(1 - 0,45^2)} \left(\frac{8,3 \cdot 10^{-3}}{0,1^2} \right)^2 = 86,7 \text{ Па} \cdot \text{м},$$

— кость № 4

$$q_4 = \frac{8 \cdot 0,11 \cdot 10^5 (7,7 \cdot 10^{-3})^3}{3(1 - 0,45^2)} \left(\frac{0,47 \cdot 10^{-3}}{0,1^2} \right)^2 = 36,8 \text{ Па} \cdot \text{м},$$

— кость № 5

$$q_5 = \frac{8 \cdot 0,11 \cdot 10^5 (8,1 \cdot 10^{-3})^3}{3(1 - 0,45^2)} \left(\frac{0,56 \cdot 10^{-3}}{0,1^2} \right)^2 = 58,4 \text{ Па} \cdot \text{м}.$$

Среднеквадратичное отклонение толщины костей № 1, 2, 3, 4, 5 составляют величины $\sigma_{h1} = 0,69$; $\sigma_{h2} = 0,40$; $\sigma_{h3} = 0,79$; $\sigma_{h4} = 0,50$; $\sigma_{h5} = 1,12$; его среднее значение выражается величиной $\sigma_h = 0,7$. Абсолютное значение

погрешности для размера малой оси эллипса сечения h найдено для вероятности $\alpha = 95\%$, при количестве измеряемых объектов $n = 5$ по коэффициенту Стьюдента $t_{\alpha,n} = 2,78$ в соответствии с соотношением [4]:

$$\Delta h = t_{\alpha,n} \sigma_h.$$

Относительная погрешность косвенного измерения, с учетом третьей степени величины h , составит в значение $\varepsilon = 3\Delta h/h$. Так как среднее значение $\Delta h/h$ в соответствии с экспериментальными данными составляет величину

$$\frac{12,4 + 7,8 + 13,07 + 6,8 + 1,74}{5} = 8,362\%,$$

то получаем $\varepsilon = 3 \cdot 8,362 = 25\%$.

Среднестатистическое значение удельной силы разрушения, как следует из экспериментальных исследований, составляет величину $q = 90 \text{ Н/м}$, однако для гарантированного качественного отрыва мякотной ткани от реберных костей следует принять его наиболее вероятное значение $q = q_{\text{вер.95}}$.

Кривая распределения усилий отрыва может быть аппроксимирована зависимостью

$$n = (q - 30)^2 e^{-\frac{(q-90)^3}{4(q+120)}} - 5.$$

Математическая обработка полученной зависимости для доверительной вероятности 95% дает расчетное значение:

$$q_{\text{расч.}} = q_{\text{вер.95}} = 156,4 \text{ Н/м}.$$

Результаты внедрения защищены патентами РФ на изобретение № 2325062 «Способ отделения мяса от реберных костей и устройство для его осуществления» и № 2300891 «Устройство для разрезки мякотной соединительно-мышечной ткани грудинки по ребрам».

Список литературы

- Пеленко В. В., Азаев Р. А., Зуев Н. А., Крысин А. Г. Анализ влияния конструктивных параметров базовой установочной пластины на энергоемкость процесса обвалки реберного мяса // ЭНЖ «Процессы и аппараты пищевых производств». 2011. № 2. URL: <http://processes.open-mechanics.com/articles/329.pdf>
- Пеленко В. В., Зуев Н. А., Азаев Р. А. и др. О необходимости развития отечественного машиностроения для мясопереработки // ЭНЖ «Процессы и аппараты пищевых производств». 2008. № 1. URL: <http://processes.open-mechanics.com/articles/61.pdf>
- Азаев Р. А. Математическая модель процесса обвалки реберного мяса / В. В. Пеленко, Н. А. Зуев, Р. А. Азаев и др. // Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции: Межвуз. сб. науч. тр., Ч. 1. — СПб.: СПбГУНПТ, 2004.
- Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. — Л.: Энергоатомиздат, 1991.