

УДК 637.513.48

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КУТТЕРОВАНИЯ МЯСА КУР МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБВАЛКИ НА ЕГО ВОДОСВЯЗЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

Акуленко С.В., к.т.н.,

Желудков А.Л., инженер

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»

Тел. (0222) 48-57-61

Аннотация – определены оптимальные режимно-конструктивные параметры работы куттера, обеспечивающие получение максимальной водосвязывающей способности измельчаемого сырья, что обеспечивает получение максимального выхода продукта при последующей термической обработке.

Ключевые слова – куттер, куттерный нож, измельчение.

Постановка проблемы. При производстве фарша для вареных колбас в промышленности широко используются куттеры периодического действия. Тонкое измельчение мясного сырья является одним из важнейших процессов в формировании структуры фарша. В процессе эксплуатации мясорезущих инструментов необходимо учитывать высокую способность мясного сырья рассеивать энергию. Значительная часть энергии, расходуемой на процесс куттерования, превращается в тепло. При изготовлении колбасного фарша этот эффект вызывает частичную денатурацию белков, уменьшение их водосвязывающей способности и при определенных режимах измельчения может вызвать снижение качества колбасных изделий.

Для повышения эффективности процесса куттерования важно рационально выбрать оптимальные конструктивные параметры рабочих органов и режимы проведения процесса, обеспечивающие получение продукта с заданной степенью измельчения, сохраняя его пищевую и биологическую ценность. Куттерование – довольно энергоемкий процесс, поэтому следует искать возможные пути снижения удельных расходов электроэнергии без ухудшения качества фарша. В настоящее время конструкции рабочих органов не обеспечивают в полной мере выполнения основных технологических

требований в части качества, производительности, энергозатрат и нуждаются в дальнейшем улучшении.

Анализ предыдущих исследований. Широкое применение на мясоперерабатывающих заводах нашли куттерные ножи, режущая кромка которых описана кривыми второго порядка. Наиболее распространенными вариантами кривых второго порядка, применяемых при изготовлении куттерных ножей, являются спираль Архимеда, логарифмическая спираль и эвольвента круга.

При анализе вышеприведенных спиралей было установлено, что постоянство угла резания по всей длине режущей кромки можно достичь, очертив лезвие логарифмической спиралью [1].

Ножи с подобным профилем лезвия хорошо разрезают соединительную ткань. Однако основным недостатком ножей, выполненных по логарифмической спирали, является трудность их изготовления и эксплуатации. Эта проблема решается путем выполнения режущей кромки ножа в виде ломаной линии.

Благодаря очертанию лезвия ножа логарифмической спиралью достигается постоянство угла резания по всей длине режущей кромки. Но из-за сложности выполнения ножей такой конструкции предлагается выполнить режущую кромку в виде ломаной линии, выполненной касательно к логарифмической спирали. Это дает возможность получить постоянство угла резания в середине каждого прямолинейного участка режущей кромки, что, в свою очередь, обеспечивает равномерность измельчения продукта [2].

Не менее важным для осуществления процесса измельчения мясного сырья при производстве колбасных изделий является угол заточки режущей кромки ножа. С учетом прочностных характеристик лезвия и свойств измельчаемого сырья оптимальный диапазон значения угла заточки лежит в пределах $15^\circ \dots 30^\circ$. Уменьшение угла заточки обеспечивает улучшение условий резания. Однако при этом происходит снижение прочности режущей кромки, что приводит к частой перезаточке ножей. При увеличении угла заточки стойкость лезвия повышается, но при этом возрастает сопротивление внедрения ножа в измельчаемое сырье и, как следствие, увеличиваются затраты энергии на процесс куттерования.

В своей работе [3] Клименко М.Н. приводит, что величина давления режущей кромки ножа на продукт равна

$$P = \frac{I}{r} \cdot \frac{d\omega}{dr}, \quad (1)$$

где I – момент инерции ножа, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

r – расстояние от оси вращения ножа до режущей кроки, м;

ω – угловая скорость, рад/с.

Из соотношения следует, что с увеличением r величина давления ножа на обрабатываемый продукт снижается. В то же время при резании волокнистых материалов необходимо, чтобы давление в зоне контакта режущей кромки и продукта не уменьшалось с увеличением расстояния от оси вращения до режущей кромки, а, наоборот, увеличивалось. Этот эффект может быть достигнут двумя способами: за счет уменьшения угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки, либо путем увеличения угла резания режущей кромки.

При использовании ножа с серповидной режущей кромкой второй путь более практичен и осуществляется путем увеличения угла резания по мере роста расстояния от оси вращения до режущей кромки. Однако ножи с длинной режущей кромкой имеют большую боковую поверхность, что приводит к большим потерям энергии на трение и, как следствие, приводит к более интенсивному повышению температуры фарша во время процесса куттерования.

Использование ножей с ломаной режущей кромкой позволяет пойти по первому пути: уменьшать угол заточки прямолинейного участка режущей кромки по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки. Это конструктивное решение позволяет получить требуемое давление в зоне контакта режущей кромки и продукта [4].

Таким образом, были предложены новые технические решения в области конструирования куттерных ножей, позволяющие снизить прирост температуры измельчаемого сырья и затраты энергии с сохранением требуемого качества к измельчаемому продукту [5].

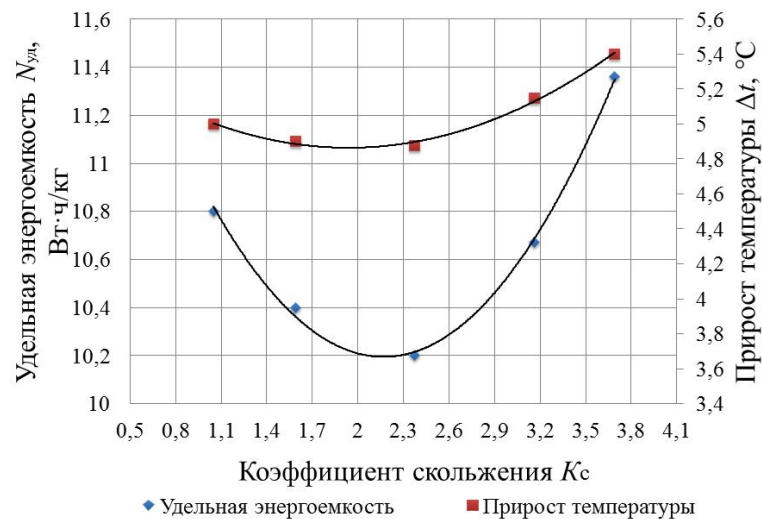
Формулировка целей статьи. Для определения оптимального угла резания куттерного ножа необходимо проведение экспериментальных исследований, учитывающих влияния данного параметра на процесс куттерования. С этой целью был создан экспериментальный стенд с измерительными приборами (Рис. 1) на базе промышленного куттера марки ФК-50.

В результате проведенных исследований была получена зависимость удельной энергоемкости $N_{уд}$ и прироста температуры Δt в процессе куттерования от коэффициента скольжения куттерного ножа (Рис. 2).

Из графика видно, что при изменении коэффициента скольжения ножа K_c от 1,06 до 1,94 прирост температуры изменяется в диапазоне от 5°C до $4,86^\circ\text{C}$. Причем минимальный прирост температуры достигается при коэффициенте скольжения $K_c=1,94$. С увеличением коэффициента скольжения прирост температуры в процессе куттерования начинает интенсивно расти.



Рис. 1. Внешний вид экспериментального стенда.

Рис. 2. Зависимость $N_{уд}$ и Δt от K_c .

При куттеровании энергия, затрачиваемая ножами, рассекающими при больших скоростях слой липкого фарша, расходуется, главным образом, на преодоление сил адгезии и трения. Силы адгезии находятся в прямой зависимости от площади контакта лезвия ножа и измельчаемого продукта, поэтому для их существенного снижения следует уменьшать боковую поверхность ножей за счет выпрямления лезвия.

Резание при куттеровании должно быть скользящим, а лезвие ножа – наклонным, что обеспечивает смещение продукта по лезвию ножа. Увеличение коэффициента скольжения приводит к увеличению длины режущей кромки, что приводит к увеличению боковой поверхности ножа и большим потерям энергии на трение и, как следствие, приводит к более интенсивному повышению температуры куттернуемого сырья во время процесса куттерования.

Величина удельной энергоемкости с увеличением K_c от 1,06 до 2,17 также уменьшается. Причем минимум наблюдается при коэффициенте скольжения 2,17. При дальнейшем увеличении K_c значение удельной энергоемкости $N_{уд}$ повышается. Основной причиной повышения удельного расхода энергии на процесс куттерования является повышение величины составляющей $N_{уд}$, необходимой для преодоления сил трения. Поверхность контакта режущего органа при $K_c=3,7$ больше в сравнении со случаем рубящего резания в несколько раз. Так как усилие прижатия продукта к боковой поверхности и коэффициент трения при заданной скорости резания являются величиной постоянной, можно сделать вывод, что основной причиной повышения $N_{уд}$ при увеличении коэффициента скольжения является увеличение составляющей удельного расхода энергии на преодоление сил трения поверхности ножа о продукт.

Проведенные исследования процесса куттерования позволили установить, что минимальные прирост температуры и удельная энергоемкость процесса достигаются с использованием ножей с коэффициентом скольжения $K_c=2,06$. Так как $K_c = \operatorname{tg}(\gamma)$, то данному коэффициенту скольжения соответствует угол резания $\gamma=64^\circ 11'$.

Новая конструкция куттерных ножей обладает рядом преимуществ по сравнению с серийно выпускаемыми ножами:

- снижение удельной энергоемкости процесса;
- снижение прироста температуры измельчаемого сырья;
- обеспечение равномерности измельчения продукта по длине режущей кромки.

Основная часть. Особенностью обработки мяса в куттере является совмещение процессов интенсивного резания и перемешивания фарша, находящегося в чаше. При этом в процессе куттерования значительно увеличивается поверхность контакта белков мышечной ткани и воды, что позволяет в наибольшей степени, по сравнению с другими измельчителями, использовать естественную водосвязывающую способность сырья.

При куттеровании необходимо достигнуть не только требуемую степень измельчения мясного фарша, но и связывания им количества воды, обеспечивающего получение продукта высокого качества с максимальным выходом при дальнейшей термической обработке [6]. От количественного содержания в колбасных изделиях связанной воды зависят их вкусовые качества, плотность и консистенция.

На рис. 3 представлена поверхность отклика выходной функции водосвязывающей способности мяса кур механической обвалки $VCC=f(\tau, v_p)$. Полученная поверхность имеет явный максимум, что свидетельствует о том, что процесс стабилизировался и границы изменения факторов для проведения исследований определены верно

(скорость резания $v_p = 21,9 \dots 33,8$ м/с; время куттерования $\tau = 120 \dots 600$ с).

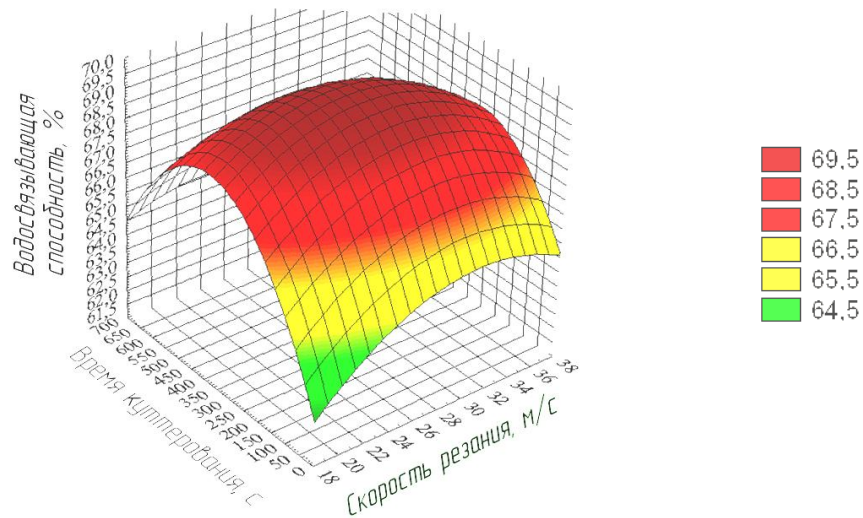


Рис. 3. Поверхность отклика выходной функции ВСС.

В первый период куттерования происходит интенсивное разрезание частиц, их общая поверхность увеличивается, влага из свободной переходит в поверхностносвязанную. В этот период величина водосвязывающей способности возрастает и достигает максимума (ВСС=69,5%), при этом потери жидкости при последующей термообработке убывают до минимальных значений. Образование первичной структуры фарша заканчивается. При дальнейшем куттеровании 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.

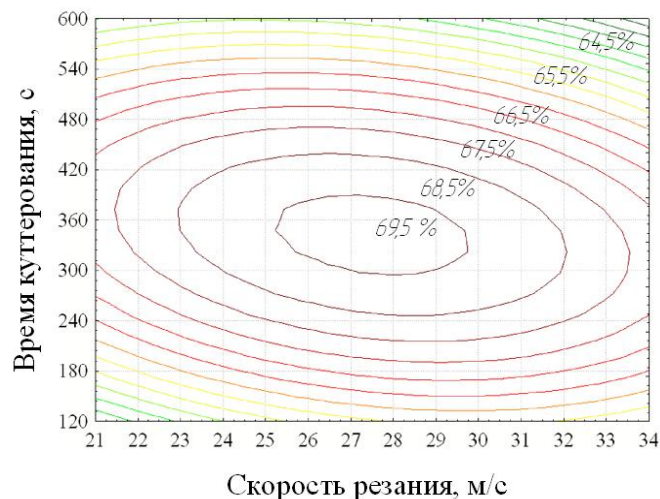


Рис. 4. Линии равного уровня для выходной функции ВСС.

Зависимость, представленная на рис. 4, отображает области, из которых каждой соответствует различная величина водосвязывающей способности сырья ВСС. Область поверхности отклика, представленная на рис. 3, которой соответствует максимальная ВСС сырья, проецируется в замкнутый контур. Данный контур определяет наиболее оптимальные параметры работы куттера с точки зрения обеспечения максимальной водосвязывающей способности измельчаемого сырья. В области, обозначенной данным контуром, ВСС максимальная и составляет 69,5 %.

На основании обработки экспериментальных данных при помощи статистического пакета программ StatGraphics Plus и MS Excel была получена аналитическая зависимость, позволяющая прогнозировать водосвязывающую способность куттеруемого сырья в зависимости от режимов работы куттера в пределах варьирования факторов:

$$\text{ВСС} = 52,7 + 0,0256 \cdot \tau + 0,914 \cdot v_p - 3,75 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^2 - 0,0167 \cdot v_p^2. \quad (2)$$

Выводы. Предложенные технические решения в области конструирования куттерных ножей и проведенные экспериментальные исследования позволяют конструировать ножи с оптимальным углом резания. Установлено, что минимальные прирост температуры и удельная энергоемкость процесса достигаются с использованием ножей с углом резания $\gamma = 64^\circ 11'$. Определены параметры проведения процесса куттерования мяса кур механической обвалки (время куттерования от 300 до 390 с, скорость резания от 25,4 до 29,7 м/с), обеспечивающие повышение водосвязывающей способности измельчаемого сырья от 64,58 % до 69,5 %.

Литература:

1. Груданов В.Я., Бренч А.А., Желудков А.Л., Поздняков В.М., Ткачева Л.Т // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.- тэх. навук. – 2011. - № 3.- С. 47-53.
2. 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.
3. Клименко М.Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: дис. докт. техн. наук: 05.18.12. М., 1990.
4. Нож куттера: пат. № 11793 Респ. Беларусь, МПК (2006) В 02С 18/20, В 02С 18/20 / В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков;

заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20070507; заявл. 04.05.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №2. – С. 59-60.

5. *Akulenko S.* New approach to the construction of knives for machines intended for meat raw material cutting / *S. Akulenko, A. Zheludkov, I. Ivanova* // *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)*. – 2012. – № 59. – P. 115 – 121.

6. *Косой В.Д.* Совершенствование производства колбас (теоретические основы, процессы, оборудование, технология, рецептуры и контроль качества): монография / *В.Д. Косой, В.П. Дорохов*. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 765 с.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ КУТТЕРУВАННЯ М'ЯСА КУРЕЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБВАЛКИ НА ЙОГО ВОДОЗВ'ЯЗУЮЧУ ЗДАТНІСТЬ

Акуленко С. В., Желудков А.Л.

Анотація - Визначені режими проведення процесу куттерування м'яса курей механічної обвалки, що забезпечують отримання максимальної водозв'язуючої здатності подрібнюваної сировини.

INFLUENCE OF CONDITIONS CUTTERING CHICKEN MEAT MECHANICALLY SEPARATED ON HIS WATER BINDING CAPACITY

S. Akulenko, A. Zheludkov

Summary

There have been defined optimal mode and design parameters of cutter's operation. They ensure ultimate water-binding capacity of minced meat which ensures maximum product output during post-heat treatment.