

Ольга Сергеевна Фоменко<sup>1✉</sup>, Аяжан Галиевна Сагингалиева<sup>2</sup>, Наталья Львовна Моргунова<sup>3</sup>, Феликс Яковлевич Рудик<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

<sup>1</sup>fomenkoos@mail.ru

<sup>2</sup>gas9-7@bk.ru

<sup>3</sup>morgunovanl@mail.ru

<sup>4</sup>rudik.sgau@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МЯСО-КОСТНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАКЕТИРОВАННОГО БУЛЬОНА

*Цель исследования – изучение и обоснование теплофизических процессов при производстве жидких пакетированных бульонов быстрого питания с длительным сроком хранения. Теплоемкость воды снижалась при нагреве от 0 до 37 °С, при дальнейшем нагревании она выросла, но по своей абсолютной величине незначительно. Данное обстоятельство позволило сделать вывод о возможности использования предварительно нагретой воды до 70 °С вне пищеварочного котла. Это значительно снижает негативное влияние длительного воздействия высокой температуры на массообменные процессы. Экспериментально установлено, что повышение температуры нагрева воды в интервале от 80 до 100 °С увеличивает показатель теплопроводности всего на 6 %, а далее он практически не меняется. Интенсивность переноса тепла от более нагретых слоев воды к менее в результате теплового взаимодействия молекул воды приобретает линейную закономерность. Это не усиливает интенсивность массообменных процессов и, соответственно, не повышает эффективность теплопередачи в мясо-костном сырье. Наряду с температурой нагрева воды, одним из ключевых факторов, влияющих на скорость нагрева мясо-костного сырья при варке, является длительность нагрева. Она зависит от объема кусков мяса и кости, а также от единичных площадей поверхностей тел. В результате, зная и учитывая влияние теплофизических характеристик на процесс нагрева мясо-костного сырья теплоносителем, возможно эффективно управлять процессом варки бульона. В технологическом плане эта закономерность позволяет улучшить качество продукции, повысить производительность поточно-технологической линии и оптимизировать энергозатраты на гидротермические процессы, обеспечивая получение готовой продукции с высокими потребительскими характеристиками.*

**Ключевые слова:** мясо-костное сырье, бульон, теплопроводность, нагрев, теплофизические характеристики, массообменные процессы, жир

**Для цитирования:** Фоменко О.С., Сагингалиева А.Г., Моргунова Н.Л., и др. Технологические особенности тепловой обработки мясо-костного сырья при производстве пакетированного бульона // Вестник КрасГАУ. 2025. № 8. С. 287–296. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-8-287-296.

Olga Sergeevna Fomenko<sup>1✉</sup>, Ayazhan Galievna Sagingalieva<sup>2</sup>, Natalya Lvovna Morgunova<sup>3</sup>, Felix Yakovlevich Rudik<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>1</sup>fomenkoos@mail.ru

<sup>2</sup>gas9-7@bk.ru

<sup>3</sup>morgunovanl@mail.ru

<sup>4</sup>rudik.sgau@mail.ru

## HEAT TREATMENT TECHNOLOGICAL FEATURES OF MEAT AND BONE RAW MATERIALS IN PACKAGED BROTH PRODUCTION

*The aim of the study is to investigate and substantiate thermophysical processes in the production of liquid packaged fast-food broths with a long shelf life. The heat capacity of water decreased when heated from 0 to 37 °C, with further heating it increased, but insignificantly in its absolute value. This circumstance allowed us to conclude that it is possible to use preheated water to 70 °C outside the digester. This significantly reduces the negative impact of prolonged exposure to high temperatures on mass transfer processes. It was experimentally established that an increase in the water heating temperature in the range from 80 to 100 °C increases the thermal conductivity index by only 6 %, and then it remains virtually unchanged. The intensity of heat transfer from hotter to colder layers of water as a result of thermal interaction of water molecules acquires a linear pattern. This does not increase the intensity of mass transfer processes and, accordingly, does not increase the efficiency of heat transfer in meat and bone raw materials. Along with the water heating temperature, one of the key factors influencing the heating rate of meat and bone raw materials during cooking is the heating duration. It depends on the volume of pieces of meat and bone, as well as on the individual surface areas of bodies. As a result, knowing and taking into account the influence of thermophysical characteristics on the process of heating meat and bone raw materials with a heat carrier, it is possible to effectively control the process of cooking broth. In technological terms, this pattern allows improving the quality of products, increasing the productivity of the flow-technological line and optimizing energy costs for hydrothermal processes, ensuring the production of finished products with high consumer characteristics.*

**Keywords:** *meat and bone raw materials, broth, thermal conductivity, heating, thermophysical characteristics, mass transfer processes, fat*

**For citation:** Fomenko OS, Sagigalieva AG, Morgunova NL, et al. Heat treatment technological features of meat and bone raw materials in packaged broth production. *Bulletin of KSAU*. 2025;(8):287-296. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-8-287-296.

**Введение.** Мясо-костные бульоны представляют собой дополнительный источник легкоусвояемых белков животного происхождения и оказывают положительное влияние на метаболические процессы в организме человека. Систематическое потребление данных продуктов ассоциируется с уменьшением вязкости крови, что является профилактическим фактором против тромбообразования. Кроме того, бульоны характеризуются высоким содержанием минеральных веществ, таких как фосфор и магний, которые играют ключевую роль в поддержании здоровья опорно-двигательного аппарата, а также включают широкий спектр витаминов, необходимых для нормального функционирования организма [1]. Таким образом, включение бульонов в ежедневный рацион питания представляет собой дополнительный источник эссенциальных питательных веществ.

В современных условиях динамичного образа жизни наблюдается тенденция к снижению потребления жидких пищевых продуктов, основанных на натуральных бульонах. Преобладание твердой пищи в формате быстрого питания объясняется его оперативностью и технологи-

ческой простотой в приготовлении. Однако данная практика существенно ограничивает возможности достижения сбалансированного питания, особенно среди молодого поколения, предпочитающего фастфуд и сладкие газированные напитки.

В Российской Федерации внедрение производства пакетированных бульонов быстрого приготовления может стать важным этапом в развитии ресурсосберегающих технологий, что позволит использовать вторичные сырьевые ресурсы мясоперерабатывающей промышленности. А также внедрение технологий производства пакетированных бульонов быстрого приготовления может стать важным шагом в направлении повышения качества питания населения и обеспечения адекватного поступления биологически активных веществ в организм человека. Это особенно актуально в контексте современных тенденций изменений пищевого поведения и растущего спроса на готовые продукты питания. Питательные свойства мясо-костных бульонов определяют их органолептические и функционально-технологические характеристики, что обуславливает их использование в кулинарном

производстве в качестве продуктов питания с высокими потребительскими свойствами.

Экстрактивный состав бульонов формирует за счет переноса нутриентов из рецептурных компонентов в водную фазу при термической обработке. В структуре экстрактивных веществ выделяются азотсодержащие и безазотистые соединения. Азотистая фракция представлена свободными аминокислотами (глицином, аланином, пролином, лейцином, изолейцином, аргинином), пептидными образованиями и белковыми структурами. Безазотистый комплекс включает углеводные единицы, органические кислотные остатки и минеральные компоненты.

Химический профиль костной ткани характеризуется следующими основными показателями: вода – 20–25 %, сухие вещества – 75–80 %. Белковая составляющая занимает около 30 % от общего объема сухих веществ, минеральная – примерно 45 %. Минеральный комплекс представлен преимущественно солями угольной (до 85 %) и фосфорной (до 10 %) кислот кальция. Коллагеновые структуры составляют до 93 % белков костной ткани. Липидный спектр костного мозга характеризуется преобладанием олеиновой, стеариновой и пальмитиновой жирных кислот. Химический состав костной ткани зависит от видовой принадлежности животного, его возрастных характеристик, полового признака и анатомического расположения костных элементов [2, 3].

Эффективность экстракции пищевых веществ из мясо-костного сырья подчиняется закономерностям физико-химической диффузии и зависит от геометрических параметров исходных компонентов, продолжительности термообработки и режимных характеристик процесса [4]. В соответствии с используемыми технологиями оптимальными размерами мясо-костного сырья считаются размеры кусков в диапазоне 5–7 см. При производстве бульонов предпочтение отдается трубчатым, тазовым и грудным костям. Традиционная продолжительность приготовления говяжьего бульона составляет 3,5–4,0 часа, что должно быть скорректировано ввиду проявления негативных преобразований липидных фракций в мышечной, костной и жировой тканях мясо-костного сырья. В связи с этим следует констатировать, что длительная термообработка способствует не только интенсификации экстракции питательных веществ, но и одновременно инициирует необратимые реакции гидро-

лиза и эмульгации липидных компонентов, что оказывает негативное влияние на органолептические и функционально-технологические свойства готовой продукции [5]. Таким образом, оптимизация технологических параметров приготовления мясо-костных бульонов требует балансирования между степенью экстракции нутриентов и сохранностью качественных характеристик продукта переработки.

Мировая тенденция связана с производством сухого бульона, хотя здесь и появляется дополнительная энергозатратная операция сушки жидкого бульона, но при этом значительно повышаются сроки хранения бульона. По статистическим данным, приведенным в [6, 7], сухие бульоны производятся в РФ в крайне низких объемах. Их в 2022 г. в РФ было произведено всего 37 466 тонн, при этом динамика производства крайне неустойчива, что свидетельствует о низкой эффективности производственной сферы, темпы роста которой не превышают 0,78 %. Лидером по производству сухих супов и бульонов является Центральный федеральный округ, где производится более 77 % продукта, в своем большинстве он там и потребляется. Внутренний недостаток этого продукта питания решался импортированием, большей частью из стран ЕС – Испании, Германии, Хорватии и др. Сейчас страна пользуется только производством супов и бульонов, производимых в малых количествах собственными производственными мощностями.

Вышеизложенное подтверждает необходимость проведения научно-исследовательских работ для разработки современных высокоэффективных технологий и совершенствования производственной базы по выпуску пакетированных бульонов длительного хранения, соответствующих стандартам здорового и функционального питания, ориентированного на постоянное потребление.

**Цель исследования** – изучение и обоснование теплофизических процессов при разработке технологического процесса производства пакетированных бульонов быстрого питания с длительным сроком хранения.

**Задачи:** является изучение закономерности влияния теплофизических и гидродинамических воздействий на массообменные процессы при производстве пакетированных бульонов длительного хранения.

**Объекты и методы.** Методика данного исследования заключалась в анализе закономер-

ностей теплопередачи с учетом гидродинамических свойств среды, термической емкости материала и специфики преобразования свойств продукта в процессе технологической обработки.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование параметров теплопроводности мясо-костного сырья в физическом смысле связано отношением параметра теплопроводности  $\lambda$ , характеризующего свойство обрабатываемого материала передавать теплоту через его толщину вглубь объема массы на теплоемкость  $C$ , зависящей от состава, влажности и передаваемой энергии, обуславливает теплопроводность объекта обработки. При переработке мясо-костного сырья используется, как правило, нагретая вода, обладающая высокими параметрами теплоемкости, теплопроводности и проницательной способностью вглубь объема обрабатываемого материала. На этом основании возникает технологическая необходимость создания условий управления теплофизическими и гидродинамическими закономерностями воздействия на массообменные процессы, позволяющие оптимизировать технологию при условии обеспечения высококачественного продукта.

Физико-химические свойства мяса и кости зависят от параметров их биологической теплоемкости, характеризующей способность воспринимать теплоту для изменения температуры при обработке теплоносителем. Продвижение тепла в обрабатываемом теле зависит от его биологических и физических показателей (температуры, давления, структуры молекул, процесса, единицы рабочего тела) [8] и имеет вид

$$C = dQ/dt, \quad (1)$$

где  $dQ$  – элементарное количество теплоты, Дж/м<sup>3</sup>;  $dt$  – элементарное изменение температуры, °С.

Элементарное количество теплоты устанавливается массовой долей теплоемкости – количеством теплоты, необходимой для единицы массы вещества, чтобы нагреть его на единицу температуры:

$$Q = mC(t_2 - t_1). \quad (2)$$

Для обеспечения нагрева единицы массы куска мяса необходимо учитывать теплопроводность обрабатываемого объекта. Если посредством теплоемкости можно исследовать количество тепловой энергии, поглощаемой обра-

батываемым объектом при нагреве без изменения фазового состояния, то перенос этой энергии  $Q$  в неравномерно нагретой среде, характеризующий теплопроводность объекта, является переменной величиной. Она позволяет обосновать количество теплоты, протекающей в обрабатываемом объекте в единицу времени.

В соответствии с выражением (2) следует, что длительность нагрева мясо-костного сырья пропорциональна его линейным размерам, площади и объему. В технологическом плане этой закономерности следует уделить особое внимание, так как она позволит положительно воздействовать на качество продукции и производительности технологии и поточно-технологической линии в целом.

Распространение тепловой энергии и ее накопление в мясо-костном сырье являются составной частью теоретического анализа при разработке технологического процесса, установления и обоснования режимов обработки и конструкции технических средств. Для обработки теплом мясо-костного сырья необходимо установить количество теплоты, передаваемой и проходящей из одного участка обрабатываемого мясо-костного сырья в другой. Данный процесс призван обеспечить нужную температуру тела во всем обрабатываемом объеме в течение определенного периода времени, длительность которого требует теоретического и практического обоснования. В своем физическом понятии теплопроводность мясо-костного продукта – это результат массопередачи теплофизическим перемещением и гидродинамическим взаимодействием молекул нагретой воды в структуре обрабатываемого мясо-костного сырья, насыщения теплом всех участков и выравнивания температуры во всем обрабатываемом объеме [9, 10]. При молекулярном переносе тепла жидким теплоносителем теплопроводность связана с распространением температуры внутри тела и функционально зависит от времени  $\tau$ , пространства (объема)  $V$ , массы  $m$  и температурного поля  $T$ :

$$\tau = f(V, T). \quad (3)$$

В соответствии с уравнением Лапласа температурное поле характеризуется одновременным распространением температур в обрабатываемой среде:

$$T = f(x, y, z). \quad (4)$$

Важным с точки зрения исследования режимных параметров является установление для каждого частного случая коэффициента теплопроводности. Он характеризует скорость изменения или выравнивания температуры обрабатываемого сырья и зависит от удельной теплопроводности мяса и кости  $C_{y\partial}$ , коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и физико-химических свойств материала (плотность –  $p$ ) [11].

Длительность термической обработки и достижения температурного равновесия в фиброзной структуре мяса, характеризующейся направленностью и высокой гидропроницаемостью, подчиняется закону Фурье, устанавливающему прямую зависимость длительности прогрева материала от его линейных размеров, что является основным принципом при расчете теплопередачи в пищевых технологиях [12, 13]. В соответствии с установленной целесообразностью измельчения мяса и кости и закономерностями теории термодинамики время нагрева должно быть прямо пропорционально толщине или обратно пропорционально площади поверхности к объему. Следовательно, в случае постоянства площади поверхности или массы кусков мяса и кости теплопередача остается постоянной, а теплоемкость изменяется пропорционально, в частности, объему, длительности нагрева мясо-костного сырья и определяется выражением

$$t_H = a \frac{V}{F}, \quad (5)$$

где  $a$  – суммарный физический фактор нагрева, мин/см<sup>2</sup>;  $V$  – объем тела, см<sup>3</sup>;  $F$  – площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>.

Суммарный физический фактор нагрева формируется показателем коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и объемной теплоемкостью

обрабатываемого сырья, характеризующей скорость выравнивания температуры

$$a = \frac{\lambda}{C_{y\partial} \cdot p}, \quad (6)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С).

Удельная теплоемкость в выражении (6) устанавливает величину количества теплоты, затраченной при гидротермической обработке мяса и кости, или отношение теплоемкости  $C$  обрабатываемого материала к его массе  $M$ :

$$(C_{y\partial} \cdot p) = \frac{C}{M} = \frac{dQ}{Mat}, \quad (7)$$

где:  $p$  – плотность мяса и кости, кг/м<sup>3</sup>;  $(C_{y\partial} \cdot p)$  – объемная теплоемкость мяса и кости, Дж·м<sup>3</sup>·К.

Выражения (5)–(7) подтверждают возможность управления длительности процесса нагрева за счет оптимизации теплотехнических свойств в мясо-костном сырье.

В пищеварочном котле в качестве теплоносителя применяется вода, обладающая наибольшей удельной теплоемкостью среди жидкостей, а также уникальными физико-химическими характеристиками. Как показано на рисунке 1, удельная теплоемкость воды при температуре 0 °С составляет 4,21 Дж/(кг·К) [11–15]. При этом ее удельная теплоемкость изменяется в процессе нагрева: на начальных этапах она снижается, а после достижения температурного диапазона 35–40 °С наблюдается ее интенсивный рост [12].

Высокое значение удельной теплоемкости воды обуславливает значительные энергозатраты на нагрев от начальной температуры до точки кипения. Это делает целесообразным рассмотрение возможностей оптимизации или модернизации традиционных методов нагрева с целью повышения энергоэффективности технологического оборудования.

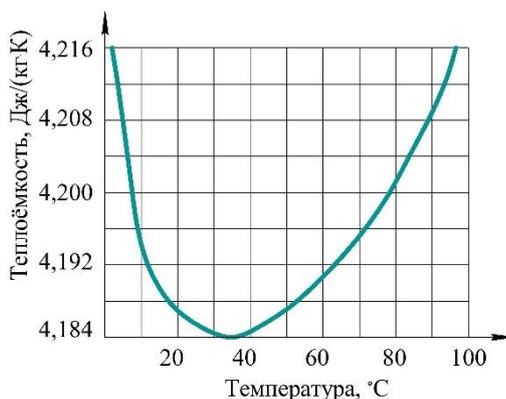


Рис. 1. Изменение теплоемкости воды при нагреве

*Variation in the heat capacity of water upon heating*

Теплопроводность, описываемая уравнением Фурье, представляет собой физический процесс передачи тепловой энергии внутри материала за счет хаотичного молекулярного движения. Этот механизм теплообмена основан на перераспределении кинетической энергии между частицами вещества, где более энергичные молекулы передают свою энергию менее активным соседним частицам через межмолекулярные взаимодействия. Согласно законам термодинамики, направление потока тепловой энергии определяется градиентом температуры: тепло перемещается от зон с высокой концентрацией кинетической энергии к зонам с низкой. Указанный процесс является диффузионным и характеризуется прямой зависимостью интенсивности теплопередачи от температурного градиента и коэффициента теплопроводности обрабатываемого материала. На этом основании следующая стадия изучения кинетики технологического процесса направлена на изучение теплопроводности.

Теплопроводность воды в температурном диапазоне от 20 до 90 °С характеризуется определенной зависимостью от ее физических свойств. При температуре 20 °С теплопроводность воды составляет 0,56 Вт/(м·К) при плотности 998,2 кг/м<sup>3</sup>. С повышением температуры до 90 °С наблюдается уменьшение плотности воды до 965 кг/м<sup>3</sup>, сопровождаемое увеличением коэффициента теплопроводности до 0,68 Вт/(м·К). Данная закономерность отражает изменения межмолекулярных взаимодействий и структуры воды в результате термического воздействия. Графическое представление данной зависимости показано на рисунке 2, где наглядно демонстрируется возрастающая тенденция теплопроводности воды с увеличением температуры. Этот эффект объясняется изменением скорости движения молекул и интенсивности теплообмена между ними, что способствует более эффективному переносу энергии через жидкость.

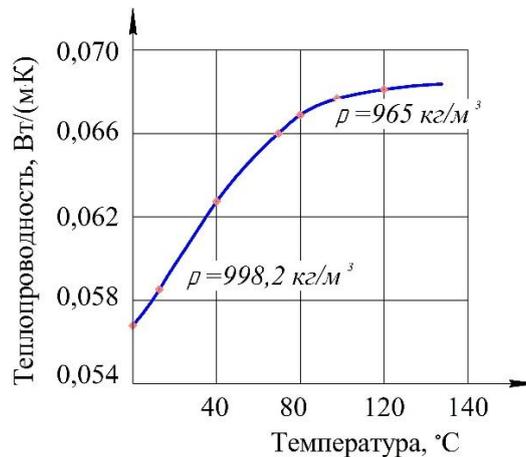


Рис. 2. Изменение теплопроводности воды при нагреве  
*Variation in the thermal conductivity of water upon heating*

На основе анализа данных, представленных на рисунке 2, можно сделать вывод, что в температурном интервале от 80 до 100 °С наблюдается увеличение коэффициента теплопроводности воды на 6 %. При дальнейшем повышении температуры выше 100 °С данный показатель демонстрирует практически нулевую динамику изменения, что указывает на достижение предельного значения теплопроводности воды в данном температурном диапазоне и возможность использования температуры нагрева от 90 до 100 °С.

На рисунках 1 и 2 приведены графические данные, иллюстрирующие гидродинамические процессы массообмена. Установлено, что степень перехода компонентов мясо-костного сырья в водную среду напрямую зависит от длительности нагревания. По мере увеличения времени термической обработки возрастает концентрация растворенных веществ в бульоне. В том числе показано, что чем длительнее процесс кипячения, тем большее количество жиров и глютина переходит в продукт. Данный процесс негативно влияет на органолептические свойства бульона:

изменяются его вкусовые характеристики, цвет, запах и консистенция. Кроме того, усиливается склонность к окислительному прогорканию, что приводит к ускоренному разложению продукта и сокращению сроков его хранения. Кроме того, в процессе варки белковые вещества и жировые компоненты всплывают на поверхность жидкости и оседают на ней, в последующем при температуре 30 °С образуя в пищеварочном котле плотный, трудноудаляемый слой.

С учетом установленных закономерностей и в соответствии с законом Фурье был рассмотрен процесс переноса тепла от более нагретых тел к менее нагретым. Конечной стадией кинетики теплообмена является установление термодинамического равновесия, при котором температурный градиент отсутствует, а передача тепловой энергии прекращается.

На основании полученных аналитических данных был рассмотрен вопрос целесообразности установленной продолжительности нагрева и варки бульона. Учитывая аномальные свойства теплопередачи воды (см. рис. 1), было

решено изменить последовательность процесса нагрева в пищеварочном котле, а также порядок насыщения мясо-костного сырья водой. Был исследован процесс предварительного нагрева воды в накопительном водонагревателе до 70 °С и ее последующей заливки в модернизированную конструкцию пищеварочного котла [16, 17]. Данное решение позволяет исключить непроизводительный предварительный нагрев воды до 40 °С и начать эффективное тепловое насыщение мясо-костного сырья от 50 °С, это позволяет не только сократить длительность времени нагрева на 50 %, но и значительно, до 4 раз, снизить энергопотребление.

Сокращение времени нагрева возможно также и за счет оптимизации размеров мясо-костных кусков. В рамках исследования были рассмотрены образцы тощей говядины и компактной кости, физико-механические характеристики которых представлены в таблице 1.

Данные теплотехнических расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 1

**Физико-механические характеристики тощей говядины и компактной кости**  
**Physical and mechanical characteristics of lean beef and compact bone**

| Перерабатываемый продукт | Теплоемкость, С, Дж/(м·к) | Теплопроводность, λ, Вт/(м·к) | Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup> | Коэффициент температуропроводности, α |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Говядина тощая           | 3182                      | 0,556                         | 1,07                            | 1,63                                  |
| Компактная кости         | 2760                      | 0,517                         | 1,29                            | 1,45                                  |

Таблица 2

**Время нагрева и выравнивания температуры в кусках мяса и кости**  
**Time for heating and equalizing the temperature in the pieces of meat and bone**

| Перерабатываемый продукт | Размеры кусков (h, см) и время достижения 100 °С (Т, мин) |      |   |      |   |      |   |      |   |      |    |     |
|--------------------------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|----|-----|
|                          | h   | Т    | h | Т    | h | Т    | h | Т    | h | Т    | h  | Т   |
| Говядина тощая           | 2   | 37,6 | 3 | 48,9 | 4 | 65,2 | 5 | 81,5 | 6 | 97,8 | 10 | 163 |
| Компактная кости         | 2   | 29,0 | 3 | 43,5 | 4 | 58,0 | 5 | 72,5 | 6 | 87,0 | 10 | 145 |

Таким образом, установлено, что длительность нагрева и выравнивания температур теплоносителя (воды и теплоприемника) мясо-костного сырья зависит от линейных размеров и объемных показателей продукта переработки. Измельчение сырья до 2 см способствует сокращению длительности нагрева в 5 раз в сравнении с 10 см кусками. Оптимальным измельчением следует считать размеры кусков порядка 3–4 см, что позволит сократить длительность обработки в 2,0–2,5 раза.

**Закключение.** Выяснено, что интенсивность переноса тепла от более нагретых слоев воды к менее нагретым в результате теплового взаимодействия молекул воды приобретает линейную закономерность и не может повысить интенсивность массообменного процесса и, соответственно, теплопередачу обрабатываемой мясо-костной продукции. Следовательно, основным фактором после температуры воды, воздействующей на мясо-костное сырье при варке, является параметр длительности про-

цесса нагрева (выражение (5)), зависящей от размеров и объемов кусков мяса и кости и соответствующих площадей поверхностей обрабатываемого сырья. В результате, зная и учитывая влияние теплофизических характеристик на процесс нагревания мясо-костного сырья, возможно управлять процессом варки бульона, сок-

рашая длительность приготовления, оптимизируя затраты энергетических ресурсов на проведение теплофизических и гидродинамических процессов, тем самым обеспечивая производство пищевой продукции с высокими потребительскими свойствами и пролонгированным сроком хранения.

#### **Список источников**

1. Елисеева Т., Ткачева Н., Шелестун А. Мясо в питании человека, обзор актуальных вопросов и научные ответы на них // Журнал здорового питания и диетологии. 2023. № 24. С. 13–24. DOI: 10.59316/j.edaplus.2023.24.3.
2. Мезенова Н.Ю., Агафонова С.В., Мезенова О.Я., и др. Ферментативная модификация побочного мясо-костного коллагенсодержащего сырья при его переработке // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10, № 2 (33). С. 314–324. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-314-324.
3. Лосевская С.А., Дорофеев М.А. Физико-химические изменения мяса при тепловой обработке. В сб.: XXIII Международная научно-практическая конференция «Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков». М., 2023. С. 185–187. EDN: FAEZZB.
4. Насонова В.В., Туниева Е.К., Мотовилина А.А., и др. Изменения белковых компонентов и минеральных веществ в мясе под действием тепловой обработки // Мясная индустрия. 2020. № 6. С. 29–33. DOI: 10.37861/2618-8252-2020-6-29-33.
5. Туниева Е.К., Насонова В.В., Мотовилина А.А., и др. Влияние термической обработки на окисление жиров и белков // Все о мясе. 2022. № 2. С. 10–13. DOI: 10.21323/2071-2499-2022-2-10-13.
6. Файвишевский М.Л. О производстве сухих пищевых бульонов на основе костного остатка // Мясные технологии. 2023. № 11 (251). С. 48–49.
7. Файвишевский М.Л. О переработке и использовании кости убойных животных на пищевые цели // Мясные технологии. 2023. № 10 (250). С. 56–57.
8. Князева А.Г. Теплофизические основы современных высокотемпературных технологий. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2009.
9. Чередниченко В.С., Сеницын В.А., Алиферов А.И., и др. Теплопередача. М.: ИНФРА-М, 2024. DOI: 10.12737/1001086
10. Бухмиров В.В.; Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Теплообмен. Иваново, 2023.
11. Зайцев А.М. Модификация размерностей коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и вывод уравнения нестационарной теплопроводности Фурье // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. № 1 (21). С. 117–126.
12. Рудик Ф.Я., Фоменко О.С., Куценкова В.С., и др. Принципы, общая схема и обоснование эффективности теплопередачи при производстве мясных продуктов питания // Вестник ВСГУТУ. 2024. № 2 (93). С. 12–18. DOI: 10.53980/24131997\_2024\_2\_12.
13. Кузнецова Т.Г., Бабурина М.И., Горбунова Н.А. Оптимизация тепловой обработки при производстве бульонов из пищевого костного сырья // Мясная индустрия. 2023. № 6. С. 35–39. DOI: 10.37861/2618-8252-2023-06-35-39.
14. Смагина М.Н., Смагин Д.А., Смоляк А.А. Влияние изменения теплофизических характеристик материала на процесс нагревания изделий из мясного фарша // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2020. Т. 13, № 4 (50). С. 61–69. DOI: 10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-61-69.
15. Немтин В.Г., Усов Д.Ю., Колбасюк К.Ю., и др. Теплоемкость, основные методы ее определения // В сб.: VI Международная научно.-практическая конференция «Приоритетные направления развития науки и образования». Пенза, 2019. С. 29–31.

16. Рудик Ф.Я., Самышин А.В., Моргунова Н.Л., Севостьянова И.О. Пищеварочный котел. Патент на полезную модель № 183067 U1 Российская Федерация, МПК А47J 27/17. 07.09.2018.
17. Рудик Ф.Я., Богатырев С.А., Киселева И.С., и др. Линия производства расфасованного питьевого бульона, мясо-костной пасты и вареного мяса для изготовления кулинарных изделий. Патент № 2812972 С1 Российская Федерация, МПК А23В 4/005. 06.02.2024.

### References

1. Eliseeva T, Tkacheva N, Sheliestun A. Meat in Human Nutrition: A Review of Current Issues and Scientific Answers. *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*. 2023;24:13-24. (In Russ.). DOI: 10.59316/j.edaplus.2023.24.3.
2. Mezenova NYu, Agafonova SV, Mezenova OYa, et al. Enzymatic Modification of By-Product Meat-Bone Collagen-Containing Raw Materials During Its Processing. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya – Proceedings of Higher Education Institutions. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020;10(2):314–324. (In Russ.). DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-314-324.
3. Losevskaya SA, Dorofeev MA. Physico-chemical changes of meat during heat treatment. In: *XXIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Razvitie nauki i praktiki v global'no menyayushchemsya mire v usloviyah riskov»*. Moscow; 2023. P. 185–187. (In Russ.).
4. Nasonova VV, Tuneva EK, Motovilina AA, et al. Changes in Protein Components and Mineral Substances in Meat Under Heat Treatment. *Meat Industry*. 2020;6:29-33. (In Russ.). DOI: 10.37861/2618-8252-2020-6-29-33.
5. Tuneva EK, Nasonova VV, Motovilina AA, et al. Effect of Heat Treatment on Oxidation of Fats and Proteins. *All About Meat*. 2022;2:10-13. (In Russ.). DOI: 10.21323/2071-2499-2022-2-10-13.
6. Faivyshevskiy ML. On the Production of Dry Food Broths Based on Bone Residue. *Meat Technologies*. 2023;11:48-49. (In Russ.).
7. Faivyshevskiy ML. On the Processing and Use of Animal Bones for Food Purposes. *Meat Technologies*. 2023;10:56-57. (In Russ.).
8. Knyazeva AG. *Thermophysical Foundations of Modern High-Temperature Technologies*. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2009. (In Russ.).
9. Cherednichenko VS, Sinitsyn VA, Aliferov AI, et al. *Heat Transfer*. Moscow: INFRA-M, 2024. DOI: 10.12737/1001086. (In Russ.).
10. Bukhmirov VV; State Power Engineering University named after V.I. Lenin (FGBOU VO). *Heat and Mass Transfer*. Ivanovo. Ivanovo; 2023. (In Russ.).
11. Zaytsev AM. Modification of Dimensions of Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity Coefficients and Derivation of the Nonstationary Fourier Heat Conduction Equation. *Nauchnyy Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Arkhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Construction and Architecture*. 2011;1:117-126. (In Russ.).
12. Rudik FYa, Fomenko OS, Kutsenok VS, et al. Principles, General Scheme, and Efficiency Justification of Heat Transfer in the Production of Meat Food Products. *Vestnik VSGUTU*. 2024;2:12-18. (In Russ.). DOI: 10.53980/24131997\_2024\_2\_12.
13. Kuznetsova TG, Baburina MI, Gorbunova NA. Optimization of Heat Treatment in the Production of Broths from Food-Grade Bone Raw Materials. *Meat Industry*. 2023;6:35-39. (In Russ.). DOI: 10.37861/2618-8252-2023-06-35-39.
14. Smagina MN, Smagin DA, Smolyak AA. Influence of Changes in Thermal Properties of Material on the Heating Process of Meat Patty Products. *Food Industry: Science and Technologies*. 2020;13(4):61-69. (In Russ.). DOI: 10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-61-69.
15. Nemtin VG, Usov DYu, Kolbasyuk KYu, et al. Heat capacity, basic methods of its definition. In: VI International scientific conference "Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya". Penza; 2019. P. 29–31. (In Russ.).
16. Rudik FYa, Samyshin AV, Morgunova NL, Sevost'yanova IO. Pishchevarochnyj kotel. Patent na poleznuyu model' № 183067 U1 Rossijskaya Federaciya, МПК А47J 27/17. 07.09.2018.

17. Rudik FYa, Bogatyrev SA, Kiseleva IS, et al. Liniya proizvodstva rasfasovannogo pit'evogo bul'ona, myaso-kostnoj pasty i varenogo myasa dlya izgotovleniya kulinarnyh izdelij. Patent № 2812972 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A23B 4/005. 06.02.2024.

Статья принята к публикации 19.06.2025 / The article accepted for publication 19.06.2025.

Информация об авторах:

**Ольга Сергеевна Фоменко**<sup>1</sup>, доцент кафедры технологий продуктов питания, кандидат технических наук, доцент

**Аязан Галиевна Сагингалиева**<sup>2</sup>, аспирант кафедры технологий продуктов питания

**Наталья Львовна Моргунова**<sup>3</sup>, доцент кафедры технологий продуктов питания, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Феликс Яковлевич Рудик**<sup>4</sup>, профессор кафедры технологий продуктов питания, доктор технических наук, профессор

Information about the authors:

**Olga Sergeevna Fomenko**<sup>1</sup>, Associate Professor at the Department of Food Technology, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Ayazhan Galievna Sagingalieva**<sup>2</sup>, Postgraduate student at the Department of Food Technology

**Natalya Lvovna Morgunova**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Food Technology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Felix Yakovlevich Rudik**<sup>4</sup>, Professor at the Department of Food Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor

