

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-376-382>

Поступила 07.11.2022

Поступила после рецензирования 05.12.2022

Принята в печать 09.12.2022

© Гуринович Г. В., Хренов В. А., Патракова И. С., Патшина М. В., 2022

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ СОЗРЕВАНИЯ

Гуринович Г. В.^{*}, Хренов В. А., Патракова И. С., Патшина М. В.

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сухое созревание, говядина, су-вид нагрев, гриль, комбинированный нагрев, потери при обработке, белок

АННОТАЦИЯ

Улучшению органолептических свойств говядины способствуют современные способы созревания и тепловой обработки. Целью исследований является изучение влияния различных видов тепловой обработки на качество стейков из говядины сухого созревания. Стейки выделяли из спинного отруба туш бычков зернового откорма, срок созревания 35 суток (температура 0–1 °С, относительная влажность воздуха 74–75%); контрольный образец со сроком созревания 5 суток (температура 0–4 °С, относительная влажность воздуха 80–85%). Способы тепловой обработки: су-вид нагрев при 58 °С, гриль-нагрев при 250 °С, су-вид нагрев в комбинации с гриль-обработкой. В процессе обработки контролировали потери массы прямым методом, гидрофобность миофибриллярных белков — реакцией с бромфеноловым синим, растворимый коллаген — методом кислотного гидролиза с определением оксипролина, массовую долю влаги и жира — методом из одной навески, органолептические свойства — арбитражным методом. Согласно полученным данным, минимальные потери (6,8%) получены при су-вид нагреве стейков из говядины сухого созревания; при комбинированном нагреве и сухом нагреве на гриле они увеличиваются на 6,1% и 12%. Более значимые потери массы наблюдаются у стейков из говядины сроком созревания 5 суток при любом из исследованных видов обработки. Для стейков из говядины сухого созревания су-вид и комбинированного нагрева установлено более высокое содержание растворимого коллагена по сравнению с другими образцами. Результаты определения массовой доли влаги и жира свидетельствуют о повышенной пищевой ценности стейков из говядины сухого созревания. По совокупности полученных данных с учетом результатов органолептической оценки более высокое качество имеют стейки из говядины сухого созревания, подвергнутые су-вид нагреву с последующим кратковременным сухим нагревом на гриле.

Received 07.11.2022

Accepted in revised 05.12.2022

Accepted for publication 09.12.2022

© Gurinovich G. V., Khrenov V. A., Patrakova I. S., Patshina M. V., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

STUDYING AN EFFECT OF THERMAL TREATMENT METHODS ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF BEEF DEPENDING ON AGING TECHNOLOGY

Galina V. Gurinovich^{*}, Vladislav A. Khrenov, Irina S. Patrakova, Marina V. Patshina

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

KEY WORDS:

dry aging, beef, sous vide cooking, grill, combined heating, cook losses, protein

ABSTRACT

Modern methods for aging and thermal treatment facilitate an improvement in beef sensory properties. The aim of the research was to study an effect of different types of thermal treatment on quality of steaks from dry-aged beef. Steaks were obtained from the rib cut from carcasses of grain-fed young bulls; aging duration was 35 days (temperature 0–1 °C, air relative humidity 74–75%). Aging duration in the control sample was five days (temperature 0–4 °C, air relative humidity 80–85%). The methods for thermal treatment were as follows: sous vide cooking at 58 °C, grill heating at 250 °C, sous vide cooking in combination with grill treatment. During processing, the following parameters were controlled: weight loss by the direct method, hydrophobicity of myofibrillar proteins by the reaction with bromophenol blue, soluble collagen by the method of acid hydrolysis with determination of oxypoline, mass fraction of moisture and fat by the method from one analytical unit, sensory properties by the reference method. According to the data obtained, minimal losses (6.8%) were noticed upon sous vide cooking of dry-aged beef steaks. In combined heating and dry heating on grill, they increased by 6.1% and 12%. More significant weight losses were observed in beef steaks with aging time of five days upon any tested treatment types. For dry-aged beef steaks treated by sous vide and combined heating, a higher content of soluble collagen compared to other samples was established. The results of measuring mass fraction of moisture and fat indicate an increase in the nutritional value of dry-aged beef steaks. According to the total data obtained with consideration for the results of sensory evaluation, dry-aged beef steaks subjected to sous vide cooking with the following short-term dry heating on grill have higher quality.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Хренов, В. А., Патракова, И. С., Патшина, М. В. (2022). Исследование влияния способов тепловой обработки на физико-химические свойства говядины в зависимости от технологии созревания. *Пищевые системы*, 5(4), 376–382. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-376-382>

FOR CITATION: Gurinovich, G. V., Khrenov, V. A., Patrakova, I. S., Patshina, M. V. (2022). Studying an effect of thermal treatment methods on physico-chemical properties of beef depending on aging technology. *Food Systems*, 5(4), 376–382. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-376-382>

1. Введение

Качество мяса для потребителя определяется многими факторами, включая нежность, сочность, вкус, аромат и цвет. По мнению большинства экспертов, среди названных свойств наиболее значима нежность, особенно для мяса с повышенной жесткостью, к которому относится говядина [1]. Несмотря на то, что говядина является источником белков высокой биологической ценности, витаминов и микроэлементов, она пользуется меньшим спросом потребителей. Это связано с пониженным содержанием в ней жира, более высоким содержанием соединительной ткани, большим диаметром мышечных волокон, что в совокупности обуславливает достаточно прочную структуру [2,3]. Поэтому совершенствование способов технологической обработки, обеспечивающих улучшение консистенции, а также усиление желаемых вкусовых характеристик, имеет решающее значение для повышения спроса на говядину и мясных продуктов на ее основе.

В улучшении консистенции и вкуса мяса заметную роль играют процессы послеубойного изменения основных компонентов мяса под действием собственных ферментов или созревания и тепловая обработка, при которой продукт доводится до кулинарной готовности.

При созревании в результате изменения мышечных белков и белков внутримышечной соединительной ткани происходит нарушение структурной целостности мышечных волокон, а также ослабление коллагеновых фибрилл и частичное растворение коллагена, в результате чего механическая прочность мяса снижается. При этом продукты превращений белков, наряду с продуктами гидролиза и окисления жиров, нуклеотидными соединениями, участвуют в формировании мясного вкуса созревшего мяса. Глубина и интенсивность послеубойных изменений в мясе зависят от технологии созревания. Более выраженному аромату, вкусу и нежной консистенции способствует процесс сухого созревания, который может выполняться в полутушах, отрубках или стейках. В последнее время интерес к этой технологии послеубойного созревания как способа формирования мяса повышенного качества заметно вырос. Особенностью процесса является длительная выдержка мяса без защитной упаковки (21 сутки и более), что способствует интенсификации протеолиза, обезвоживанию сырья и, как следствие, улучшению консистенции и концентрированию вкусо-ароматических компонентов. Этот способ, как правило, применяется для сырья премиального качества с повышенным содержанием внутримышечного жира. Вместе с тем сухое созревание в контролируемых условиях может рассматриваться и как способ повышения пищевой ценности мяса с пониженным уровнем мраморности [4,5].

Существенные изменения структуры, вкуса и пищевой ценности мяса происходят при тепловой обработке, и связано это в первую очередь с белками. Большинство саркоплазматических белков денатурирует в интервале температур 55–67 °С, необратимые изменения структуры миофибриллярных белков с последующим гелеобразованием происходят при более низкой температуре, в пределах 40–60 °С [6]. Термическая денатурация белков, вызывая изменение взаимодействия «белок-вода», деформацию мышечных волокон с появлением градиента давлений и отделением влаги, приводит к потере массы и формированию более жесткой консистенции мяса. Определенное влияние на величину потерь и консистенцию мяса оказывает коллаген. Благодаря многоуровневой организации, денатурация нативного коллагена происходит в результате длительного высокотемпературного нагрева. При 60 °С волокна коллагена лишь деформируются, что усиливает механическое воздействие на влагу,

вытесненную в межклеточное пространство, и способствует ее отделению [7].

Негативные последствия нагрева на качество мяса можно устранить влажным нагревом при умеренных температурах, близких к температуре денатурации мышечных белков (су-вид обработка), или кратковременным сухим высокотемпературным нагревом с образованием уплотненного поверхностного слоя, препятствующего отделению влаги, — этот метод называется гриль-нагрев. Способ су-вид способствует высокой однородности консистенции продукта, снижению потерь, а также улучшению микробиологических показателей и стабилизации липидной фракции в результате использования вакуума и герметичной упаковки [8,9]. Согласно данным Kathuria, D. с соавторами [10], су-вид обработка обеспечивает более высокую активность эндогенных ферментов, которые отвечают за нежность мяса, в том числе за счет увеличения растворимости коллагена.

Обработка на гриле, благодаря образованию уплотненного слоя, препятствует отделению как влаги, так и жира, что обеспечивает нежность и выраженные вкусо-ароматические характеристики продукта, свойственные обжаренному мясу, но без риска образования канцерогенных веществ [11]. Сочетание методов су-вид и нагрева на гриле позволяет реализовать преимущества каждого из них [12].

Следует отметить, что названные виды тепловой обработки наиболее целесообразны для мясного сырья с низким содержанием внутримышечной соединительной ткани и повышенным содержанием внутримышечного жира. Несомненный интерес представляют исследования влияния этих видов обработки на говядину сухого созревания. Это объясняется тем, что в процессе длительной выдержки происходит снижение массовой доли влаги при увеличении прочности ее связи с сырьем [13]. Поэтому для сырья длительного созревания следует ожидать снижения потерь при тепловой обработке. При обосновании способа тепловой обработки сырья сухого созревания следует также учитывать, что длительная выдержка может вызвать изменения белков и, как следствие, их гидрофильных свойств и устойчивости к нагреву. Известно, что при созревании происходит агрегирование белков с образованием межмолекулярных связей, их фрагментация, изменение гидрофобности поверхности [14].

Вместе с тем анализ научно-технической литературы показывает, что исследования влияния различных способов тепловой обработки на мясное сырье, в зависимости от технологии его созревания, крайне ограничены. Так, Jwa S.-H. [15] с соавторами исследовали влияние су-вид обработки в сочетании с запеканием или обработкой открытым огнем на говядину со сроком созревания 14 суток. Имеются данные о влиянии су-вид нагрева при температуре от 55 °С до 75 °С на физико-химические показатели говядины от молодых и старых животных со сроком созревания 13 суток [16]. В работе [17] приводятся результаты исследований влияния гриль-обработки при температуре 145 °С на белки говядины, подвергнутой сухому созреванию в течение 28 суток.

Целью данной работы явилось изучение влияния су-вид и гриль-нагрева отдельно и в комбинации на потери массы и физико-химические показатели говядины сухого созревания в сравнении с аналогичным сырьем традиционного кратковременного созревания.

2. Материалы и методы

Объект исследования — спинной отруб, полученный от туш бычков герефордской породы зернового откорма (180 суток), выращенных в условиях фермерского хозяйства. Разделку на отруба выполняли после выдержки парных туш

в холодильной камере при 0–4 °С в течение 24 часов. Для созревания отруб массой около 6–7 кг укладывали на перфорированные полки камеры DRY AGED DX 1000 (Dry Ager, Германия), в которой поддерживалась постоянная температура 0–1 °С, относительная влажность воздуха (74–75%), циркуляция фильтруемого воздуха со скоростью 0,5 м/с. Для улучшения санитарного состояния внутреннего объема камеры в ней размещали гималайскую соль. Для изучения взяты образцы из отруба со сроком созревания 35 суток. Подготовку сырья для исследований заключалась в зачистке от внешнего сухого слоя и в нарезании на стейки толщиной 25 мм, массой 200–220 г. В качестве контрольного использован образец аналогичной массы и толщины, нарезанный из спинной части туши со сроком созревания 5 суток при традиционных режимах (температура от 0 до 4 °С, относительная влажность воздуха 80–85%).

Тепловую обработку выполняли тремя способами. Первый способ — низкотемпературный нагрев при постоянной температуре ниже температуры кипения воды для сырья, упакованного под вакуумом (су-вид обработка). Для упаковки образцов использованы барьерные пакеты «Амивак ВТ» («Атлантик-Пак», Россия) из многослойной пленки на основе полиамида, полиэтилена и модифицированного полиолефина, вакуумирование выполняли на упаковочной машине Henkelman Marlin 50 (Henkelman, Голландия). Нагрев упакованного мяса выполняли при использовании ротационного нагревателя Sous vide sirman Softcooker Y09 (Sirman, Италия) с устройством для контроля и поддержания температуры среды, а также с программой контроля достижения установленной температуры в продукте. Для прокола пакета и контроля температуры продукта применяли стикеры из полиэтилентерефталата. Температура су-вид нагрева принята на основании литературных данных и составила 58 °С [18]. Продолжительность тепловой обработки до температуры в продукте 58 °С составила 140 минут. Второй способ — сухой нагрев на гриле (Josper HJX–M 45L, Испания) при температуре 250 °С. Контроль температуры среды и продукта выполняли электрическим термометром Broil King с двумя датчиками (Broil King, Канада). Нагрев продолжали до температуры в центре продукта 62 °С, продолжительность обработки 7 мин.

Для достижения оптимального соотношения нежности и вкусовых характеристик был использован третий способ термической обработки, при котором стейки подвергали су-вид нагреву в течение 140 мин до 58 °С, затем охлаждали в ледяной воде в течение 15 мин и после вскрытия упаковки обрабатывали на гриле до температуры в центре 62 °С в течение 1 мин с каждой стороны до образования поверхностной корочки (комбинированный способ обработки).

Потери определяли прямым методом — измерением массы до и после тепловой обработки, величину потерь рассчитывали как отношение разницы измеренных масс к исходной массе, выраженное в процентах; развариваемость коллагена выявляли методом, основанным на кислотном гидролизе продукта с последующим количественным определением оксипролина по ГОСТ 23041^м, пересчет на содержание коллагена выполняли с использованием коэффициента 8 [19]; гидрофобность поверхности миофибриллярных белков выявляли методом ChelH I. с соавторами [20] по величине поглощения света белковым экстрактом при длине волны 595 нм по количеству связанного бромфенолового синего (БФС), мкг; массовую долю влаги и жира определяли методом из одной навески [21], органолептическую оценку стейков — по ГОСТ 9959–2015^м с привлечением 7 экспертов, имеющих специальные знания в области технологии мяса и мясных продуктов.

Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами математической статистики. Однородность выборочных эффектов проверяли по t-критерию Стьюдента. Различия между средними значениями считались достоверными, с доверительной вероятностью $p \leq 0,05$. Результаты измерений представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение.

3. Результаты и обсуждение

Результаты определения потерь массы образцов в зависимости от вида тепловой обработки приведены в Таблице 1.

Потери при тепловой обработке, как правило, объясняют потерей воды в результате деформации мышечных волокон при действии температур в интервале 50–58 °С. Деформация обусловлена сокращением и агрегированием миофибриллярных белков на фоне денатурации саркоплазматических белков, которые образуют гель между структурными элементами мышечного волокна и тем самым связывают их вместе. Индуцируемая нагревом ассоциация «белок–белок» и плотность белкового каркаса нарастают с увеличением температуры и продолжительности обработки. Определенное действие на деформацию структуры мяса оказывает изменение соединительной ткани в интервале температур от 58 °С до 70 °С [22]. Принимая во внимание низкое содержание внутримышечной соединительной ткани, потери при нагреве высококачественной говядины следует объяснять преимущественным изменением мышечных белков. Равномерный прогрев при умеренной температуре воды, близкой к температуре денатурации мышечных белков, способствует последовательному формированию непрерывного белкового каркаса, что позволяет снизить механическую деформацию мяса и, как следствие, отделение влаги.

Таблица 1. Потери массы говядины в зависимости от способа созревания и тепловой обработки

Table 1. Weight losses in beef depending on the method of aging and thermal treatment

| Вид тепловой обработки | Потери, % | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| | традиционного созревания, 5 суток | сухого созревания, 35 суток |
| Су-вид обработка (СВ) | 7,7 \pm 0,8 | 6,8 \pm 0,6 |
| Жарение на гриле (ЖГ) | 23,4 \pm 1,4 | 18,8 \pm 0,9 |
| Комбинированный нагрев (КН) | 16,7 \pm 0,8 | 12,9 \pm 0,6 |

Это подтверждается полученными экспериментальными данными, из которых следует, что обработка герметично упакованной высококачественной говядины при температуре 58 °С сопровождается незначительными потерями массы, гораздо меньшими, чем при обработке на гриле или при комбинированной тепловой обработке. Для стейков из говядины сухого созревания (35 суток) потери составили 6,8%, для стейков из высококачественной говядины (5 суток созревания) — 7,7%. Выявленные результаты согласуются с данными, полученными ранее, и свидетельствует о том, что на величину потерь большее влияние оказывает конечная температура мяса, а не длительность обработки [23]. Меньшие потери при су-вид нагреве стейков из говядины сухого созревания могут быть объяснены более высокой водосвязывающей способностью мяса на фоне уменьшения количества общей влаги и глубиной протеолиза, обусловленной длительным созреванием в автолизе. Следует также учесть возможность действия катепсинов, активность которых при низкотемпературной обработке может нарастать [24,25].

При комбинированной тепловой обработке (КН), включающей су-вид обработку и кратковременное обжаривание на гриле, потери для говядины сухого и традиционного созревания увеличились в 1,9 и 2,1 раза относительно значений при су-вид нагреве соответственно. Выявленные потери распределяются между двумя этапами тепловой обработки практически равномерно, доля каждого из них в общих потерях составляет 52%:47% и 45%:55% соответственно для говядины длительного сухого и кратковременного традиционного созревания. Таким образом, кратковременная обработка говядины на гриле при 250 °С после су-вид обработки существенно повышает потери массы, более выраженные для сырья традиционного созревания.

Максимальные потери получены при обработке говядины на гриле даже при ограниченной продолжительности обработки, при этом потери для говядины сухого созревания оказались ниже потерь для контрольного образца. В относительных единицах это составило 19,6%. Аналогичные зависимости получены в исследованиях Soidla R., Tkacz K [26,27] после определения потерь для стейков из говядины сухого созревания при обработке высокими (гриль) и низкими (су-вид) температурами. Однако авторы утверждают, что для говядины, жареной на гриле, потери меньше, чем для говядины низкотемпературной су-вид обработки. O'Sullivan M. G. с соавторами [28] установили, что при запекании мяса конвективным нагревом горячим воздухом при температуре 200 °С потери массы для говядины сухого созревания повышались с увеличением продолжительности выдержки. Неоднозначные зависимости по величинам потерь при высокотемпературной обработке в зависимости от способа и продолжительности созревания, вероятно, обусловлены разной скоростью нагрева, которая оказывает значительное влияние не только на белки, но и жировую часть продукта. Также эти зависимости обусловлены влажностью среды обработки, создающей дополнительный градиент потерь.

Денатурационные изменения мышечных белков в зависимости от способа тепловой обработки оценивали по степени гидрофобности поверхности миофибриллярных белков (Таблица 2).

Таблица 2. Влияние нагрева на белки мышечной и соединительной ткани

Table 2. Effect of heating on proteins of muscle and connective tissue

| Способ созревания | Способ тепловой обработки | Гидрофобность миофибриллярных белков, мкг БФС | Растворимый коллаген, % коллагена |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Кратковременное созревание 5 суток (Т5) | Контроль (без тепловой обработки) | 8,14 | 8,2 |
| | СВ | 18,6 | 58,3 |
| | ЖГ | 14,4 | 16,8 |
| | КН | 19,7 | 61,3 |
| Сухое созревание 35 суток (С35) | Контроль (без тепловой обработки) | 24,15 | 23,2 |
| | СВ | 42,4 | 71,4 |
| | ЖГ | 34,6 | 25,9 |
| | КН | 46,5 | 84,5 |
| ± S | — | 0,51 | 0,8 |

Как следует из полученных данных, гидрофобность миофибриллярных белков говядины сухого созревания исходно более высокая (24,15 мкг бромфенолового синего), чем говядины со сроком созревания 5 суток (8,14 мкг бромфенолового синего). Это объясняется тем, что структурные изменения фибриллярных белков начинаются на стадии созревания

и с увеличением ее продолжительности нарастают. Исследования механизмов агрегирования белков в широком диапазоне температур свидетельствуют о том, что гидрофобные взаимодействия мышечных белков в наибольшей степени проявляются в интервале температур от 30 °С до 90 °С, в области выше или ниже этого интервала температур сокращаются. Снижение гидрофобности предполагает, что часть гидрофобных остатков участвует в межбелковых взаимодействиях, приводящих к образованию сети агрегатов, геля [29].

Установлено, что при су-вид нагреве гидрофобность мышечных белков увеличилась в 2,2 раза и 1,7 раза для контрольного и опытного образца соответственно. При кратковременном воздействии высоких температур (гриль обработка) гидрофобность для стейков из сырья контрольной и опытной групп увеличилась в 1,8 раза и 1,4 раза. То есть интенсивность гидрофобных взаимодействий снижается, но остается достаточно высокой. При комбинированной обработке выявлены более высокие значения гидрофобности поверхности миофибриллярных белков, по сравнению с су-вид и гриль-нагревом.

Получены данные, характеризующие изменение коллагена соединительной ткани говядины в зависимости от способа созревания при тепловой обработке разной интенсивности. Известно, что воздействие температуры 57–64 °С приводит к ослаблению упорядоченной фибриллярной структуры коллагена с уменьшением длины молекул и образованием аморфной массы. При дезагрегации термически обработанного коллагена образуется растворимая форма коллагена. При длительном нагреве структурная деформация и деградация коллагена может возникать при более низких температурах, около 55 °С [30].

Общее количество коллагена в исследуемом сырье составляет 0,6%, из этого количества на долю растворимого коллагена в говядине традиционного созревания приходится 8,2%, тогда как в говядине сухого созревания 23,2%, что является результатом повышения сухого остатка в сырье, а также действия лизосомальных ферментов на основное вещество соединительной ткани.

В процессе су-вид нагрева количество растворимого коллагена в контрольном образце увеличилось в 7,1 раза, в опытном — в 3,1 раза, при этом суммарное количество растворенного коллагена оказалось выше в опытном образце. Эта же тенденция сохраняется в отношении стейков, подвергнутых комбинированной тепловой обработке. Обработка на гриле в течение 7 мин не привела к существенному увеличению количества растворимого коллагена относительно значения для исходного сырья.

Тепловая обработка приводит к изменению массовой доли влаги и жира (Рисунок 1).

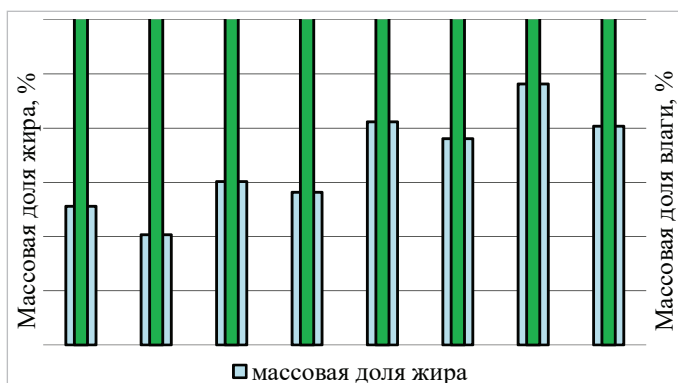


Рисунок 1. Содержание влаги и жира в стейках в зависимости от технологии созревания и вида тепловой обработки
Figure 1. Moisture and fat content in steaks depending on the aging technology and thermal treatment type

Наиболее низкие значения массовой доли влаги выявлены для стейков, подвергнутых высокотемпературному нагреву на гриле. При этом для стейков из говядины сухого и традиционного созревания значения показателя массовой доли влаги оказалась практически равными, при том, что для исходного сырья они различались. Это свидетельствует о том, что говядина сухого созревания в процессе тепловой обработки теряет меньше влаги. Это подтверждается результатами определения массовой доли влаги в стейках из говядины сухого созревания и при других исследованных способах тепловой обработки.

В процессе тепловой обработки жир расплавляется и вытекает из жировых клеток в результате повреждения оболочек, чему способствует деградация коллагена. При увеличении температуры и продолжительности обработки потери жира увеличиваются. В то же время уменьшение массовой доли влаги приводит к повышению сухих веществ в стейках после кулинарной обработки. Таким образом, величина массовой доли жира в стейках после обработки формируется под влиянием названных факторов. В целом, следует говорить о том, что в результате используемых видов тепловой обработки пищевая ценность стейков увеличивается, причем в большей степени для изготовленных из говядины сухого созревания.

При оценке целесообразности использования того или иного вида обработки большое значение имеет органолептическая оценка. Результаты органолептической оценки стейков из говядины в зависимости от технологии созревания и способа термической обработки приведены в Таблице 3.

Дегустаторами отмечен привлекательный внешний вид стейков, приготовленных на гриле, и стейков комбинированного способа тепловой обработки. При этом в обоих случаях более высокие баллы получили стейки из говядины сухого созревания, в связи с образованием более ровного и интенсивно окрашенного в коричневый цвет поверхностного слоя. Вероятнее всего, это связано с повышенным содержанием продуктов созревания, участвующих в реакции меланоидинообразования.

Эти выводы справедливы и в отношении таких характеристик, как вкус и запах.

На разрезе мышечная ткань стейков, приготовленных сухим нагревом на гриле, имела равномерный темно-красный цвет, более привлекательный для стейков из говядины сухого созревания, что следует связывать с высоким содержанием дезоксимиоглобина, устойчивого к нагреву. Балловая оценка цвета для стейков данного способа обработки составила 8,0 и 9,0 для контрольного и опытного образца соответственно. Менее привлекательными на разрезе выглядели стейки, подвергнутые су-вид обработке, в окраске которых преобладал коричневый оттенок. При этом дегустаторами не выявлено разницы между опытным и контрольным образцами. Последующая кратковременная обработка стейков на гриле (комбинированная обработка) не привела к изменению цвета на разрезе.

Для стейков, подвергнутых су-вид обработке, дегустаторами отмечена нежная и сочная консистенция, чему способствует высокое остаточное содержание внутримышечного жира. По результатам оценки единичных показателей установлен показатель общей приемлемости образцов и уровень качества. При оценке уровня качества учтены коэф-

фициенты весомости (внешний вид — 1; консистенция — 2; цвет на разрезе — 3; вкус и запах — 4).

Таблица 3. Результаты органолептической оценки

Table 3. Results of sensory evaluation

| Показатель | Способ и продолжительность созревания | Способ тепловой обработки | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|
| | | су-вид нагрев | сухой нагрев гриле | комбинированный нагрев |
| Внешний вид | T5 | 7,0 | 7,5 | 7,5 |
| | C35 | 7,0 | 9,0 | 9,0 |
| Консистенция | T5 | 8,0 | 7,0 | 7,5 |
| | C35 | 9,0 | 8,0 | 8,5 |
| Вкус и запах | T5 | 7,5 | 8,0 | 8,0 |
| | C35 | 8,5 | 9,0 | 9,5 |
| Цвет на разрезе | T5 | 6,5 | 8,0 | 7,0 |
| | C35 | 6,5 | 9,0 | 7,5 |
| Общая приемлемость | T5 | 29 | 29,5 | 30 |
| | C35 | 31 | 35 | 34,5 |
| Уровень качества | T5 | 7,25 | 7,75 | 7,55 |
| | C35 | 7,85 | 8,80 | 8,65 |

По совокупности показателей наиболее предпочтительными являются стейки из говядины сухого созревания любого из способов тепловой обработки, по сравнению со стейками из аналогичного сырья после 5 суток созревания. Лучшие органолептические характеристики имеют стейки, приготовленные на гриле, и сопоставимые с ними стейки комбинированного способа обработки. Это подтверждается результатами определения уровня качества, при котором учитывается не только балловая оценка свойства, но и его вклад в общую органолептическую оценку.

4. Выводы

Выполнены исследования влияния различных видов тепловой обработки на физико-химические и органолептические показатели высококачественной говядины при разных условиях созревания: длительное сухое созревание в отрубях в течение 35 суток при пониженной температуре и влажности и кратковременное созревание в полутушах в условиях промышленного холодильника в течение 5 суток. При этом впервые оценивали одновременное влияние двух видов обработки низкотемпературной су-вид и высокотемпературной гриль-обработки в отношении высококачественной говядины длительного созревания в сравнении с каждым из названных способов в отдельности.

По совокупности полученных результатов можно утверждать, что длительное созревание способствует формированию характерных свойств, которые позитивно влияют на изменение сырья в процессе тепловой обработки разной интенсивности в сравнении с сырьем кратковременного созревания. Из исследованных способов комбинированная тепловая обработка обеспечивает лучшие органолептические характеристики, пищевую ценность, меньшие потери, по сравнению с приготовлением на гриле. Наличие герметичной упаковки позволяет выполнять обработку на гриле не только непосредственно после су-вид обработки, но и после хранения в холодильной камере. Такая технология способствует регулированию сроков годности и области реализации продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, 9(4), Article 428. <https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Listrat, A., Lebre, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L. et al. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*, 2016, Article 3182746. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>
- Dubost, A., Micol, D., Lethias, C., Listrat, A. (2016). New insight of some extracellular matrix molecules in beef muscles. Relationships with sensory qualities. *Animal*, 10(5), 821–828. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002396>
- Горбунова, Н. А. (2012). Современные тенденции в исследованиях процесса созревания говядины. *Все о мясе*, 6, 56–58.
- Lepper-Blillie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, 112, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Agafonkina, I. V., Korolev, I. A., Sarantsev, T. A. (2019). The study of thermal denaturation of beef, pork, chicken and turkey muscle proteins using differential scanning calorimetry. *Theory and Practice of Meat Processing*, 4(3), 19–23. <https://doi.org/10.21323/2414-438X2019-4-3-19-23>
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80(4), 960–967. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.016>
- Фофанова, Т. С. (2018) Технология су-вид — некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности. *Теория и практика переработки мяса*, 3(1), 59–68. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68>
- Cui, Z. K., Yan, H., Manoli, T., Mo, H. Z., Bi, J. C., Zhang, H. (2021). Advantages and challenges of sous vide cooking. *Food Science and Technology Research*, 27(1), 25–34. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.25>
- Kathuria, D., Dhiman, A. K., Attri, S. (2022). Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 119, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.031>
- Sobral, M. M. C., Cunha, S. C., Faria, M. A., Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2018). Domestic cooking of muscle foods: Impact on composition of nutrients and contaminants. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 309–333. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12327>
- Ortuno, J., Mateo, L., Rodriguez-Estrada, M. T., Banon, S. (2021). Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display. *Meat Science*, 171, Article 108287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108287>
- Lee, H., Jang, M., Park, S., Jeong, J., Shim, Y.-S., Kim, J.-C. (2019). Determination of indicators for dry aged beef quality. *Food Science of Animal Resources*, 39(6), 934–942. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e83>
- Feng, Y.-H., Zhang, S.-S., Sun, B.-Z., Xie, P., Wen, K.-X., Xu, C.-C. (2020). Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post-mortem aging. *Foods*, 9(6), Article 806. <https://doi.org/10.3390/foods9060806>
- Jwa, S.-H., Kim, Y.-A., Hoa, V.-B., Hwang, I.-H. (2020). A combination of postmortem ageing and sous vide cooking following by blowtorching and oven roasting for improving the eating quality and acceptance of low quality grade Hanwoo striploin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(8), 1339–1351. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0667>
- Naqvi, Z. B., Thomson, P. C., Ha, M., Campbell, M. A., McGill, D. M., Friend, M. A. et al. (2021). Effect of sous vide cooking and ageing on tenderness and water-holding capacity of low-value beef muscles from young and older animals. *Meat Science*, 175, Article 108435. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108435>
- Kim, J.-H., Lee, H.-J., Shin, D.-M., Kim, T.-K., Kim, Y.-B., Choi, Y.-S. (2018). The dry-aging and heating effects on protein characteristics of beef *Longissimus dorsi*. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 1101–1108. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e43>
- Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., Ertbjerg, P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.032>
- Ismail, I., Hwang, Y.-H., Bakhsh, A., Joo, S.-T. (2019). The alternative approach of low temperature-long time cooking on bovine *emitendinosus* meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 32(2), 282–289. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0347>
- Chelh, I., Gatellier, P., Santé-Lhoutellier, V. (2006). Technical note: Asimplified procedure for myofibril hydrophobicity determination. *Meat Science*, 74(4), 681–683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.019>
- Антипова, Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. (2001). Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: Колос, 2001.
- Yu, T.-Y., Morton, J. D., Clerens, S., Dyer, J. M. (2017). Cooking-induced protein modifications in meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 141–159. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>
- Jeze, F., Kamenik, J., Macharackova, B., Bogdanovicova, K., Bednar, J. (2019). Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality — a review. *Acta Veterinaria Brno*, 88, 487–496. <https://doi.org/10.2754/avb201988040487>
- Хренов, В. А., Гуринович, Г. В., Патракова, И. С., Кудряшов, Л. С. (2022) Регулирование качества говядины сухим созреванием. *Мясная индустрия*, 9, 24–28. <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-09-24-28>
- Kaur, L., Hui, S.X., Boland, M. (2020). Changes in cathepsin activity during low-temperature storage and sous vide processing of beef brisket. *Food Science of Animal Resources*, 40(3), 415–425. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e21>
- Soidla, R., Kerner, K., Tepper, M., Tänavots, A., Kaart, T., Joudu, I. (2019). The effect of ageing on chosen quality characteristics of skeletal muscles of Aberdeen Angus bulls. *Agronomy Research*, 17(2), 1472–1484. <https://doi.org/10.15159/AR.19.069>
- Tkacz, K., Modzelewska-Kapituła, M. (2022). Marinating and grilling as methods of sensory enhancement of sous vide beef from Holstein-Friesian bulls. *Applied Science (Switzerland)*, 12(20), Article 10411. <https://doi.org/10.3390/app122010411>
- O’Sullivan, M. G., Cruz-Romero, M. C., Kerry, J. P. (2018). Sensory and physicochemical comparison of traditional bone-in dry-aged beef loin with bone-less dry ageing and ageing using a moisture permeable bag. *Food and Nutrition Sciences*, 9(9), 1078–1098. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.99079>
- Tornberg, E. (August, 8–13, 2004). *Effects of heat on meat proteins— implications on structure and quality of meat products*. 50th International Congress of Meat Science and Technology, Helsinki, Finland.
- Lepetit, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76(1), 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.027>

REFERENCES

- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, 9(4), Article 428. <https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Listrat, A., Lebre, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L. et al. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*, 2016, Article 3182746. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>
- Dubost, A., Micol, D., Lethias, C., Listrat, A. (2016). New insight of some extracellular matrix molecules in beef muscles. Relationships with sensory qualities. *Animal*, 10(5), 821–828. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002396>
- Gorbunova, N. A. (2012). Current trends in the research of the beef maturation process. *Vsyo o Myase*, 6, 56–58. (In Russian)
- Lepper-Blillie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, 112, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Agafonkina, I. V., Korolev, I. A., Sarantsev, T. A. (2019). The study of thermal denaturation of beef, pork, chicken and turkey muscle proteins using differential scanning calorimetry. *Theory and Practice of Meat Processing*, 4(3), 19–23. <https://doi.org/10.21323/2414-438X2019-4-3-19-23>
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*, 80(4), 960–967. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.016>
- Fofanova, T. S. (2018). Sous vide technology — several aspects of quality and microbiological safety. *Theory and Practice of Meat Processing*, 3(1), 59–68. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68> (In Russian)
- Cui, Z. K., Yan, H., Manoli, T., Mo, H. Z., Bi, J. C., Zhang, H. (2021). Advantages and challenges of sous vide cooking. *Food Science and Technology Research*, 27(1), 25–34. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.25>
- Kathuria, D., Dhiman, A. K., Attri, S. (2022). Sous vide, a culinary technique for improving quality of food products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 119, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.031>
- Sobral, M. M. C., Cunha, S. C., Faria, M. A., Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2018). Domestic cooking of muscle foods: Impact on composition of nutrients and contaminants. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 309–333. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12327>
- Ortuno, J., Mateo, L., Rodriguez-Estrada, M. T., Banon, S. (2021). Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display. *Meat Science*, 171, Article 108287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108287>
- Lee, H., Jang, M., Park, S., Jeong, J., Shim, Y.-S., Kim, J.-C. (2019). Determination of indicators for dry aged beef quality. *Food Science of Animal Resources*, 39(6), 934–942. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e83>
- Feng, Y.-H., Zhang, S.-S., Sun, B.-Z., Xie, P., Wen, K.-X., Xu, C.-C. (2020). Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post-mortem aging. *Foods*, 9(6), Article 806. <https://doi.org/10.3390/foods9060806>

15. Jwa, S.-H., Kim, Y.-A., Hoa, V.-B., Hwang, I.-H. (2020). A combination of postmortem ageing and sous vide cooking following by blowtorching and oven roasting for improving the eating quality and acceptance of low quality grade Hanwoo striploin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(8), 1339–1351. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0667>
16. Naqvi, Z. B., Thomson, P. C., Ha, M., Campbell, M. A., McGill, D. M., Friend, M. A. et al. (2021). Effect of sous vide cooking and ageing on tenderness and water-holding capacity of low-value beef muscles from young and older animals. *Meat Science*, 175, Article 108435. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108435>
17. Kim, J.-H., Lee, H.-J., Shin, D.-M., Kim, T.-K., Kim, Y.-B., Choi, Y.-S. (2018). The dry-aging and heating effects on protein characteristics of beef Longissimus dorsi. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 1101–1108. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e43>
18. Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., Ertbjerg, P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.032>
19. Ismail, I., Hwang, Y.-H., Bakhsh, A., Joo, S.-T. (2019). The alternative approach of low temperature-long time cooking on bovine emitendinosus meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 32(2), 282–289. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0347>
20. Chelh, I., Gatellier, P., Santé-Lhoutellier, V. (2006). Technical note: Asimplified procedure for myofibril hydrophobicity determination. *Meat Science*, 74(4), 681–683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.019>
21. Antipova, L. V., Glotova, I. A., Rogov, I. A. (2001). Methods of research of meat and meat products. Moscow: Kolos, 2001.
22. Yu, T.-Y., Morton, J. D., Clerens, S., Dyer, J. M. (2017). Cooking-induced protein modifications in meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 141–159. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>
23. Jezek, F., Kameník, J., Macharackova, B., Bogdanovicova, K., Bednar, J. (2019). Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality — a review. *Acta Veterinaria Brno*, 88, 487–496. <https://doi.org/10.2754/avb201988040487>
24. Khrenov, V. A., Gurinovich, G. V., Patrakova, I. S., Kudryashov, L. S. (2022). Beef quality regulation by dry aging. *Meat Industry*, 9, 24–28. <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-09-24-28> (In Russian)
25. Kaur, L., Hui, S. X., Boland, M. (2020). Changes in cathepsin activity during low-temperature storage and sous vide processing of beef brisket. *Food Science of Animal Resources*, 40(3), 415–425. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e21>
26. Soidla, R., Kerner, K., Tepper, M., Tănăvots, A., Kaart, T., Joudu, I. (2019). The effect of ageing on chosen quality characteristics of skeletal muscles of Aberdeen Angus bulls. *Agronomy Research*, 17, 1472–1484. <https://doi.org/10.15159/AR.19.069>
27. Tkacz, K., Modzelewska-Kapituła, M. (2022). Marinating and grilling as methods of sensory enhancement of sous vide beef from Holstein-Friesian bulls. *Applied Science (Switzerland)*, 12(20), Article 10411. <https://doi.org/10.3390/app122010411>
28. O'Sullivan, M. G., Cruz-Romero, M. C., Kerry, J. P. (2018). Sensory and physiochemical comparison of traditional bone-in dry-aged beef loin with bone-less dry ageing and ageing using a moisture permeable bag. *Food and Nutrition Sciences*, 9(9), 1078–1098. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.99079>
29. Tornberg, E. (August, 8–13, 2004). *Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products*. 50th International Congress of Meat Science and Technology, Helsinki, Finland.
30. Lepetit, J. (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science*, 76(1), 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.027>

| СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | AUTHOR INFORMATION |
|--|---|
| Принадлежность к организации | Affiliation |
| <p>Гуринович Галина Васильевна — доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология продуктов питания животного происхождения», Кемеровский государственный университет 650000, Кемерово, ул. Красная, 6 Тел.: +7-906-935-26-20 E-mail: gg55@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7869-4151</p> | <p>Galina V. Gurinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University 6, Krasnay str., 650000, Kemerovo, Russia Tel.: +7-906-935-26-20 E-mail: gg55@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7869-4151</p> |
| <p>Хренов Владислав Александрович — аспирант, кафедра «Технология продуктов питания животного происхождения», Кемеровский государственный университет 650000, Кемерово, ул. Красная, 6 Тел.: +7-913-137-84-14 E-mail: kret1112@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1713-9407</p> | <p>Vladislav A. Khrenov, Graduate Student, Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University 6, Krasnay str., 650000 Kemerovo, Russia Tel.: +7-913-137-84-14 E-mail: kret1112@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1713-9407</p> |
| <p>Патракова Ирина Сергеевна — кандидат технических наук, доцент, кафедра «Технология продуктов питания животного происхождения», Кемеровский государственный университет 650000, Кемерово, ул. Красная, 6 Тел.: +7-905-912-53-98 E-mail: isp78@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6147-0899</p> | <p>Irina S. Patrakova, Candidate of Technical Sciences, Docent, Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University 6, Krasnay str., 650000, Kemerovo, Russia Tel.: +7-905-912-53-98 E-mail: isp78@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6147-0899</p> |
| <p>Патшина Марина Викторовна — кандидат технических наук, доцент, кафедра «Технология продуктов питания животного происхождения», Кемеровский государственный университет 650000, Кемерово, ул. Красная, 6 Тел.: +7-905-912-53-97 E-mail: m.patshina@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2047-3644</p> | <p>Marina V. Patshina, Candidate of Technical Sciences, Docent, Department of Food Technology of Animal Origin, Kemerovo State University 6, Krasnay str., 650000, Kemerovo, Russia Tel.: +7-905-912-53-97 E-mail: m.patshina@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2047-3644</p> |
| Критерии авторства | Contribution |
| <p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p> | <p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p> |
| Конфликт интересов | Conflict of interest |
| <p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p> | <p>The authors declare no conflict of interest.</p> |