

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МИКРОСКОПИРОВАНИЯ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ SOUS-VIDE

С. БЕРДИҒАЛИҰЛЫ^{1*}, Т.К. КУЛАЖАНОВ¹, А. А. КОКШАРОВ², Л.К. БАЙБОЛОВА¹,
Н. И. ДАВЫДЕНКО², А. Д. ПЛАСТУН²

¹АО «Алматинский технологический университет», 050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100, ²ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6)

Электронная почта автора корреспондента: b.sayat@atu.edu.kz*

Готовность кулинарных изделий во многом определяется органолептическими показателями. Кулинарная обработка может как улучшить, так и ухудшить качество продукции. Продолжительная варка способствует увеличению потерь массы и пищевой ценности продукта. Эти потери меньше при варке по технологии sous-vide, однако, имеются ограничения в ее применении, что определяет актуальность направления исследования, в том числе морфологических. Анализ морфометрических изменений проводили в двух температурах: 70 и 100 °С. Образцы мяса говядины извлекали из варочной среды каждые 15 минут и методом микрофотографирования изучали структуры мышечных волокон. В работе отмечено, что поперечно-щелевидные нарушения и фрагментацию мышечного волокна наблюдали в мясе, приготовленном по sous-vide, позднее на 25-30 минут, чем в мясе при 100 °С. В процессе варки наблюдается ее уменьшение, что влияет на объем мышечных волокон, снижает их гидрофильность и, как следствие, повышается жесткость готового продукта. Меньше подобных разрушений наблюдается у мяса sous-vide, что способствует удержанию влаги в мясе – сохраняя тем самым его сочность. Анализ разрушений мышечных волокон при 100 °С показал наличие многочисленных разрывов, дефрагментацию и зернистость и, как результат, большие потери саркоплазмы через 3 часа варки, чего не наблюдалось в образцах sous-vide за то же время. Этот факт дает частичное объяснение сохранению сочности мяса при длительной вакуумной варке при 70 °С.

Ключевые слова: sous-vide, варка, мясо говядины, мышечные волокна, саркоплазма, микрофотографирование.

SOUS-VIDE ӘДІСІМЕН ДАЙЫНДАЛҒАН ЕТ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТАРЫН МИКРОСКОПИЯЛАУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ

¹С. БЕРДИҒАЛИҰЛЫ*, ¹Т.К. ҚҰЛАЖАНОВ, ²А.А. КОКШАРОВ, ¹Л.К. БАЙБОЛОВА,
²Н.И. ДАВЫДЕНКО, ²А.Д. ПЛАСТУН

¹"Алматы Технологиялық Университеті" АҚ, 050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100, ²"Кемерово мемлекеттік университетіне" ФМБ ЖББМ, 650043, Ресей, Кемерово қ., Красная к-сі, 6)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: b.sayat@atu.edu.kz*

Аспаздық өнімдердің дайындығы көбінесе органолептикалық көрсеткіштермен анықталады. Аспаздық өңдеу өнімнің сапасын жақсартуы да, нашарлатуы да мүмкін. Ұзақ пісіру өнімнің массасы мен тағамдық құндылығын жоғалтуға ықпал етеді. Sous-vide технологиясы бойынша пісіру кезінде бұл шығындар аз болады, алайда оны қолдануда шектеулер бар, бұл зерттеу бағытының, оның ішінде морфологиялық бағыттың өзектілігін анықтайды. Морфометриялық өзгерістерді талдау екі температурада жүзеге асырылды: 70 °С және 100 °С. сиыр етінің үлгілері әр 15 минут сайын пісіру ортасынан алынып, бұлшықет талшықтарының құрылымдары микрофотографиялық әдіспен зерттелді. Жұмыста sous-vide бойынша дайындалған өнімнің бұлшықет талшығының фрагментациясы және құрлымының бұзылулар 100 °С қарағанда 25-30 минут кейініре өтетіні байқалғаны атап өтілді. Қайнату үрдісі бұлшықет талшықтарының көлеміне әсер етеді, олардың гидрофильділігін төмендетеді және нәтижесінде дайын өнімнің қаттылығы артады. Ет құрлымын кейіннен жұмсарту және органолептикалық көрсеткіштердің жоғарылауы бұлшықет талшығының бұзылуымен, оның бөліктенуімен байланысты. Sous-vide бойынша ет өнімінде мұндай бұзылулар аз байқалады, сол себепті өнімде ылғалдылығы мен шырындылығы сақталады. 100 °С температурада 3 сағат пісіргеннен кейін

бұлшықет талшықтарының бұзылуы, дефрагментациясы және талшықтардың үзілу, түйіршіктелуі нәтижесінде саркоплазманың жоғалуы талдау барысында анықталды. Сол уақытта sous-vide әдісімен дайындалған үлгілерде бұл өзгерістер аз болтындығы анықталды. 70 °С температурада ұзақ вакуумды пісіру кезінде өнім тағамдық құндылықтары мен шырындылығын сақтайтынын талдау нәтижелерінде түсініктеме берілді.

Негізгі сөздер: sous-vide, пісіру, сиыр еті, бұлшықет талшықтары, саркоплазма, микроскопия.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF MICROSCOPY OF SEMI-FINISHED MEAT PRODUCTS COOKED BY THE SOUS-VIDE METHOD

¹S. BERDIGALIULY*, ¹T.K. KULAZHANOV, ²A. A. KOKSHAROV, ¹L.K. BAYBOLOVA,
²N.I. DAVYDENKO, ²A.D. PLASTUN

(¹Almaty technological university, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi str., 100,

²Kemerovo State University, Russia, 650043, Kemerovo, Krasnaya Str., 6)

Corresponding author e-mail: b.sayat@atu.edu.kz*

The culinary products readiness is largely determined by organoleptic characteristics. Culinary processing can both improve and degrade the quality of products. Prolonged cooking increases the weight loss and nutritional value of the product. These losses are less while using the sous-vide technology, however, there are limitations in its use, which determines the relevance of the research, including morphological ones. The analysis of morphometric changes was carried out at two temperatures: 70 and 100 °C. Samples of beef meat were removed out of the cooking medium every 15 minutes and the structure of muscle fibers was studied by microscopy. Visible transverse slit-like disturbances and fragmentation of the muscle fiber were observed sous-vide meat cooked, 25-30 minutes later than in meat at 100 °C. The work noted that the sarcoplasm of the muscle fiber is more susceptible to high temperatures. Its decrease was observed, while cooking, which affects the volume of muscle fiber, lower their hydrophilicity and, as a result, increases the rigidity of the finished product. The following meat structure softening and the increase in organoleptic parameters is associated with the destruction of the muscle fiber, its fragmentation. Sous-vide meat is less of destruction, which helps the meat retain moisture - thus keeping it juicy. Analysis of the muscle fiber destruction at 100 °C showed the presence of numerous breaks, defragmentation and graininess and, as a result, more loss of sarcoplasm after 3 hours of cooking, which was not observed in the sous vide samples during the same time. This fact provides a partial explanation for the preservation of meat juiciness during long-term vacuum cooking at 70 °C.

Keywords: sous-vide, cooking, beef meat, muscle fiber, sarcoplasm, microscopy

Введение

Технология sous-vide (SV) характеризуется приготовлением продукта в вакуумной среде в диапазоне температур от 50 до 100 °С [1]. Соответственно процессы, происходящие в продукте, отличаются от традиционного приготовления пищи при более высоких температурах.

Мышечная ткань составляет основную часть туши мясных животных. Мышечные волокна являются основными единицами как мышц животного, так и мяса [2], которое представляет высокую биологическую ценность в питании человека, так как является сбалансированным по аминокислотному составу и содержит все незаменимые аминокислоты. Правильно приготовленное мясо обладает высокими показателями качества: имеет приятный аромат, легче усваивается, почти не обсеменено микрофлорой и безопасно [3].

Вакуумная упаковка, в которую помещают продукт, подавляет запахи, предотвращает потери от испарения, снижает риск повторного загрязнения продукта и значительно продлевает сроки хранения готовой продукции [4]. Как правило, технологию SV используют для размягчения жестких видов мяса. Например, в Таиланде технологию применяют в отношении местной говядины (*Bos indicus*), т.к. она дешевле импортной, но имеет более жесткую структуру и требует длительного приготовления [5].

В научной литературе имеются результаты исследований влияния температуры на микроструктурные изменения мяса сельскохозяйственных животных. Так подтверждаются данные о снижении потерь приготавливаемой продукции по технологии SV на примере свиных щечек, приготавливаемых при 60 °С [6]. В работе указано, что образцы, приготовленные

при 80 °С в течение 12 часов, имеют более низкие значения для большинства текстурных параметров, чем все другие типы образцов. Отмечено, что вакуумная упаковка не оказала влияния ни на один из определяемых текстурных параметров.

Имеются сведения комбинирования технологии SV и других способов обработки пищевых продуктов. Усвояемость белков мяса увеличивается на 29 %, если совместно с SV применять импульсную обработку электрическим полем [7]. В сочетании с механическими импульсами высокого давления, генерируемыми в жидкостях или газах, так называемая ударно-волновая обработка способствует снижению энтальпии и температуры термической денатурации белков соединительной ткани [8]. Авторами также отмечено, что в таком сочетании именно технология SV способствует уменьшению площади сечения мышечных волокон и увеличению внеклеточного пространства – при обработке говядины в течение 12 часов при температуре 60 °С. Процесс сопровождается сокращением мио-фибриллярных белков, наряду со сморщиванием соединительной ткани, что приводит к вытеснению воды из мышц. Образцы тайской говядины, обработанные в сочетании с SV и менее резким давлением (200, 300 кПа) при температуре 60 °С, были ярче, более нежными и сочным, а также имели меньшие потери при варке, чем образцы, приготовленные при атмосферном давлении. Однако авторы отмечают, что различия стали значимыми только после 3 ч варки – на 11,1 %. Кроме того, создание условий умеренного давления (200–300 кПа) является менее затруднительным, в сравнении с высоким (300–600 МПа): например, скороварка способна обеспечить 180–200 кПа (абсолютное) – что упрощает процесс приготовления [9].

Подобные исследования показывают, что сочетание обработки SV с нетепловыми процессами может повысить безопасность и качество мяса и мясных продуктов, а также ускорить время приготовления, регулируя желаемое сочетание температуры, времени и дополнительных способов воздействия: обработка электрическим полем, гидростатическим давлением (НРР), ударно-волновая, ультразвук и гамма-облучение [10].

Коллаген имеет важную роль во время приготовления пищи. При нагреве коллагеновые волокна сжимаются, что приводит к

потере жидкости и снижению сочности мяса. Исследованиями подтверждается сохранение влаги в большей степени в мышечных волокнах, приготовленных методом SV, нежели традиционным способом [11].

Жесткость мяса зависит от гидрофобности миофибрилл. Чем выше этот показатель, тем более жесткой структурой обладает мясо. Гидрофобность миофибрилл с увеличением температуры повышается. Отмечается, что миофибриллярные изменения, происходящие в процессе варки, изучены недостаточно [12].

Целью данной работы являлось изучение влияния температуры и времени ее воздействия на морфологические изменения мяса. Был проведен сравнительный анализ происходящих изменений в условиях варки традиционным способом и по технологии sous-vide. Полученные результаты расширяют знания о механизмах формирования показателей качества мясной продукции, подвергнутой тепловой обработке, представлены исследования, которые дополняют накопленный опыт в отношении технологии SV. Подробнее рассмотрено влияние варки мяса в вакуумной среде при 70 °С на морфологические изменения, в сравнении с традиционной варкой при 100 °С. Описаны морфометрические изменения, происходящие в процессе варки: толщина мышечного волокна и их элонгация.

Материалы и методы исследования

Исследованиям подвергали мясо говядины, в частности, лопаточную часть туши, содержащую мышечную, соединительную ткань при практическом отсутствии жировой и костной тканей. По состоянию мясо было охлажденным, на момент исследования прошло 3 суток после убоя животного. Исследования проводили на однократно приобретенном мясе в условиях первичной подготовки и обработки, схожих с производственными условиями предприятий общественного питания и пищевой промышленности.

Для исследований из части туши подготовили образцы размером 50x50x15 мм, массой 50 г. Полученные образцы подвергали тепловой обработке по традиционной технологии (варка при 100 °С) и по технологии SV (варка в вакууме при 70 °С). Анализ данных структуры тканей после тепловой обработки при разных условиях дает подробное представление о происходящих процессах в процессе приготовления пищи и их влиянии на

качественные и количественные показатели готовой продукции.

Известно, что в процессе варки при 100°C, мышечное волокно сырого мяса теряет свою структуру. Белки коллагена и эластина теряют свою нативную форму, что приводит к разрушению сарколеммы, потере саркоплазмы (клеточного сока), мясо становится более мягким по консистенции, приобретает вкус, запах, цвет и становится пригодным для употребления в пищу. Однако в процессе варки происходит потеря пищевой ценности мяса, снижается количество белков, жиров, микронутриентов, которые переходят в жидкую часть (бульон). Чем длительнее процесс, тем бульон становится более насыщенным соединениями, перешедшими после разрушения мышечного волокна, а вес самого мяса снижается. Затяжной процесс варки может привести к полному разрушению мышечных волокон, потере плотности, отсутствию формы мясного продукта, к низким органолептическим показателям. Варка образцов традиционным способом осуществлялась в большом количестве воды, в соотношении мяса к воде – 1:2, что соответствует рекомендованным нормам расхода воды на варку по сборнику рецептов. Для приготовления по технологии SV кусочки мяса упаковывали в термостойкие пакеты и вакуумировали с извлечением воздуха внутри до 99 %. Все подготовленные образцы одновременно закладывали в воду с температурой необходимой для варки – 100 и 70 °C соответственно. Образцы для варки при 100 °C закладывали отдельно друг от друга в разные емкости, крышкой в процессе варки не накрывали. Образцы для варки при 70 °C закладывали в одну емкость водяной бани и готовили при закрытой крышке. Каждые 15 минут после начала варки образцы извлекали, охлаждали при температуре (20 ± 2) °C до 20-25 °C и проводили исследования. В ходе работы были получены образцы, отличающиеся друг от друга временем воздействия температуры и самой температурой приготовления: 14 образцов после варки при 100 °C; 14 образцов после варки при 70 °C; один сырой образец без тепловой обработки (контроль).

Все исследуемые образцы мяса говядины подвергали микроскопированию. В работе применяли метод световой микроскопии, который позволяет увидеть структурные изменения мышечных волокон под воздейст-

вием температур. Образцы срезов мяса говядины размерами 5x5x0,5 мм окрашивали, после исследовали с помощью световой микроскопии. При подготовке препаратов для световой микроскопии процессы уплотнения и фиксации материала могут оказать влияние на видимые в приборе структуры: саркоплазму, мифибриллы и другие. Поэтому в данном исследовании анализ срезов тканей мяса проводили без фиксации, чтобы исключить возможные дефекты, образуемые в процессе подготовки [13].

Оценку проводили на основе анализа фотографий электронного микроскопа марки «Микромед» 2 вар. 3-20 с видеоокуляром TourCam 5,1 Мпк. Определяли состояние мышечных волокон и их изменения в процессе тепловой обработки при разных температурах. Линейные размеры мышечных волокон и других структур мяса говядины определяли при помощи программы TourTek NoupView (версия: x64, 4.7.14011.20190228).

В работе применяли ручные морфометрические методы определения качественных и количественных показателей исследуемых образцов. На полученных микрофотографиях определяли площади и формы структур мышечных волокон.

Форму микрообъектов как один из показателей изучали путем определения близости формы объектов к эталону (сфера, эллипсоид и др.) и определения степени изменения форм, степени различий в индивидуальной форме нескольких мышечных волокон. Определяли фактор элонгации (FL) для количественной оценки изменения форм микрообъектов.

Результаты и их обсуждение

Кулинарная обработка в зависимости от вида ее воздействия на продукт в разной степени влияет на приобретаемые показатели качества. При тепловом воздействии на продукт происходит потеря макро- и микронутриентов, что снижает пищевую ценность. Однако для большинства пищевых продуктов, в том числе мясных, кулинарная обработка является обязательной, так как способствует повышению усвояемости продукта организмом человека и обеспечивает безопасность. Происходящая денатурация, коагуляция белков отражаются на структурных элементах тканей мяса. В процессе приготовления пищи формируются качественные свойства продукта, выраженные основными органолептическими

показателями: для мяса это приобретаемая консистенция. По ней могут определять готовность мяса и его пригодность к употреблению. Недостаточная тепловая обработка может приводить к сохранению жесткости мяса, как следствия сохранения нативности коллагеновых и эластиновых белков. Коллагеновые и эластиновые белки входят в состав оболочек мышечного волокна, разрушающихся при высоких температурах и длительном воздействии [13, 14]. Длительная тепловая обработка разрушает их и способствует размягчению мяса, при этом одновременно увеличивая потери связанной и несвязанной воды, придающей сочность готовым изделиям.

Исследуемые образцы относятся к поперечнополосатой мышечной ткани, являющейся основной в мясе убойных животных. В основе строения поперечнополосатой мышечной ткани лежат мышечные волокна, в каждой из которых различают наружную оболочку (сарколемму), саркоплазму, ядра, миофибриллы и др. Белое мясо характеризуется большим содержанием миофибрилл и меньшим саркоплазмы (цитоплазмы), которая содержит миоглобин придающий коричневый оттенок. В красном мясе наоборот миофибрилл меньше, но больше саркоплазмы [2].

По ряду источников и опыту собственных исследований, мясная продукция, приготовленная в диапазоне температур от 60 °С до 80 °С обладает высокими органолептическими показателями. Мясо сохраняет целостность, становится нежным, остается сочным, чего не наблюдается у мяса, отваренного традиционным способом по рекомендациям сборника рецептур при 100 °С –

мясо становится жестким, плотным. Такие результаты подтверждаются исследованиями мяса куриной грудки, конины и других видов [15, 16].

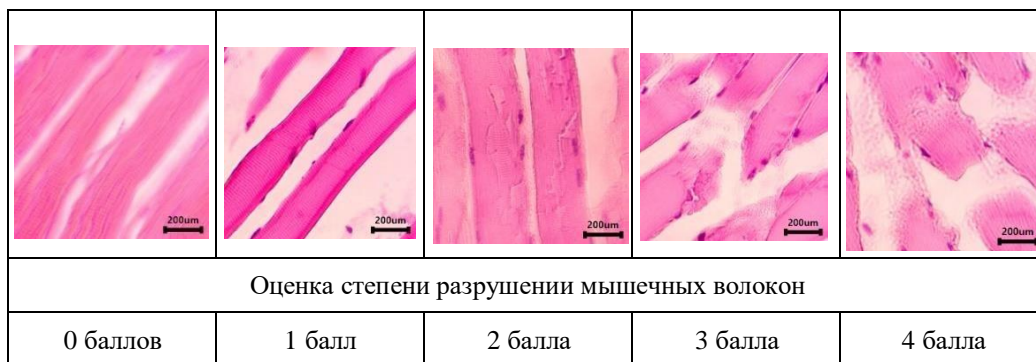
В работе изучали показатели качества отварного мяса говядины по микроструктурным изменениям мышечного волокна в сравнении двух способов тепловой обработки: традиционная варка и SV. Данные о механизмах, происходящих в процессе варки мяса, расширяют знания в отношении потерь пищевых веществ в кулинарной продукции и могут представлять интерес при расчетах пищевой ценности готовой продукции, составлении рационов питания, формировании принципов здорового и лечебно-профилактического питания.

Для оценки изменений внешних показателей качества тканей под действием температур была разработана шкала степени микроструктурных разрушений мышечных волокон, видимых при проведении микроскопирования со степенью увеличения объектива 40x и с окуляром на 10x. Характеристика степени разрушений была определена путем многократных наблюдений тканей мясных продуктов, подверженных воздействию разных температур, а также с учетом микроструктурных характеристик мяса, приведенных в ГОСТ 19496-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования». Шкала включает 4-х балльную систему, где 1 балл соответствует минимальным разрушениям, 4 балла - максимальным. Нами подобраны фотографии мышечных волокон, соответствующих указанному в ГОСТ степеням разрушения с описанием (табл. 1). Нулевой балл соответствует описанию сырого мяса без тепловой обработки.

Таблица 1. Микроструктурные характеристики мяса в зависимости от степени разрушения под действием тепловой обработки

Балл	Микроструктурная характеристика
0	Сырое. В срезах мяса отсутствуют поперечно-щелевидные нарушения целостности и фрагментация отдельных мышечных волокон. Видна поперечная и продольная исчерченность.
1	В срезах мяса обнаруживаются поперечно-щелевидные нарушения целостности или фрагментация отдельных мышечных волокон при сохранении во фрагментах структуры ядер, поперечной и продольной исчерченности.
2	В срезах обнаруживаются многочисленные поперечно-щелевидные нарушения целостности или фрагментации многих мышечных волокон при сохранении во фрагментах структуры ядер, поперечной и продольной исчерченности.
3	В срезах обнаруживаются многочисленные поперечно-щелевидные нарушения целостности или фрагментации многих мышечных волокон. Поперечная исчерченность не различима. Появление зернистой массы саркомер.
4	В срезах мяса обнаруживается распад отдельных фрагментов на миофибриллы, а миофибрилл – на саркомеры в виде зернистой массы, местами заключенной в эндомиоциты.

Таблица 2. Микрофотографии гистологических срезов мышечных волокон мяса говядины разной степени разрушения с общим увеличением изображений 400х



На основе предложенной балльной оценки степени изменения микроструктур мышечного волокна мяса (табл. 1) был проведен анализ более 30 образцов мяса говядины, подвергнутых варке при 70 °C (SV) и 100 °C в течение 3,5 часов с интервалом

извлечения для замеров – 15 минут. В таблице 2 приведены результаты качественной оценки образцов. Полиномиальные линии тренда указывают на усредненные значения полученных результатов при варке традиционным способом (100 °C) и технологии SV (70 °C).

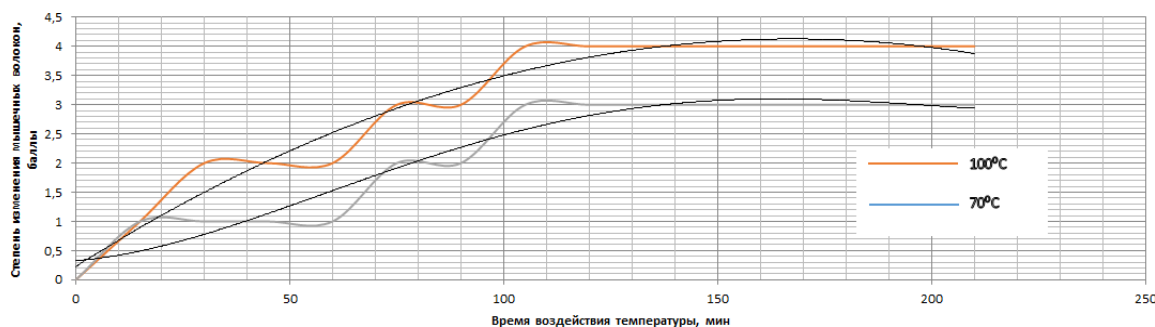


Рисунок 1. График влияния температуры и продолжительности ее воздействия на микроструктурные изменения мяса говядины

Из рисунка 1 видно, что образцы, подвергнутые 100 °C, имеют степень разрушения выше, чем при 70 °C на всех этапах варки. Определено, что степень разрушения мышечных волокон по технологии SV достигает значения, идентичного варке при 100 °C в среднем за 25-35 минут. Однако с учетом максимально отведенного для варки времени образцы SV так и не достигли степени разрушения, соответствующей 4-м баллам, в отличие от образцов традиционной варки. Предполагаем, что это связано с условиями варки при 100 °C, когда продукт погружен в большое количество кипящей воды и отсутствуют факторы, способствующие сохранению формы (вакуума, термостойкого пакета, применяемых в SV). Из полученных результатов следует, что мясо, подвергнутое варке при 70 °C, лучше сохраняет свою микроструктуру, чем приготовленное при 100

°C. Отсюда можно предположить, что мясная продукция, полученная таким способом, имеет более высокую пищевую ценность.

Проведен морфометрический анализ микроструктур мышечного волокна мяса говядины, подвергнутого варке в изучаемых условиях. Проведены замеры ширины мышечных волокон в процессе варки и расчет фактора элонгации (FL), который выражает изменение толщины мышечного волокна по всей видимой части, попадающей в окуляр микроскопа. Значение, приближенное к единице характеризует форму мышечного волокна как ровную без выраженных узких и широких участков. Для расчета FL изучали изображения с увеличением в 10 раз. Обработку данных проводили в программе Microsoft Excel, результаты отражены в таблице 3.

Таблица 3. Морфометрические показатели мышечных волокон, подвергнутых разной температуре и длительности ее воздействия ($M \pm m$)

№	Время, мин	Ширина (диаметр), мм		FL, мм	
		0,13±0,01		0,91±0,04	
		Температура			
		70 °С	100 °С	70 °С	100 °С
1.	15	0,08±0,01	0,09±0,01	1,00±0,00	0,87±0,17
2.	30	0,08±0,01	0,09±0,01	1,00±0,00	0,71±0,24
3.	45	0,09±0,01	0,06±0,02	0,90±0,00	0,89±0,05
4.	60	0,07±0,01	0,06±0,01	0,90±0,00	0,76±0,13
5.	75	0,05±0,01	0,05±0,01	0,84±0,01	0,76±0,16
6.	90	0,05±0,01	0,07±0,01	0,90±0,01	0,77±0,20
7.	105	0,04±0,01	0,07±0,01	0,77±0,04	0,53±0,34
8.	120	0,06±0,01	0,07±0,01	0,86±0,01	0,62±0,06
9.	135	0,05±0,01	0,07±0,02	0,95±0,02	0,85±0,02
10.	150	0,04±0,01	0,07±0,01	0,89±0,12	0,86±0,10
11.	165	0,05±0,01	0,06±0,01	0,86±0,14	0,76±0,08
12.	180	0,05±0,01	0,07±0,01	0,87±0,11	0,77±0,10
13.	195	0,05±0,01	0,06±0,01	0,87±0,20	0,84±0,20
14.	210	0,05±0,01	0,06±0,01	0,75±0,01	0,67±0,05

Из данных таблицы видно, что в первые 15 минут тепловой обработки происходят изменения, выраженные более значительно, чем в последующее время. Диаметр мышечных волокон уменьшается в среднем на 35%, через 3 часа этот показатель уменьшается на 60%.

Изменение диаметра связано с увеличением гидрофобности мышечных волокон. Саркоплазма, покидая волокна, уносит с собой растворенные в ней вещества. Чем длительнее процесс варки, тем меньше влаги остается в мясе.

В сыром виде мышечные волокна имеют ровную структуру без поперечно-щелевидных и фрагментарных нарушений. В процессе воздействия температур наблюдаются разрушения и изменения внешнего вида волокон. Степень их изменения выражена фактором элонгации (FL), который показывает более выраженные изменения у мяса, приготовленного при 100°C, чем при SV.

Полагаясь на проведенные исследования, нами выдвинуто предположение о возможных стадиях изменений, происходящих в микро-структуре мышечных волокон под действием температур, которые можно наблюдать через микроскоп:

0 стадия. Микроструктуры сырого мяса соответствуют общеизвестным данным. Мышечные волокна ровные, цилиндрические, со слегка заостренными краями, плотно

прилегают друг к другу. Миофибриллы ровные, плотно прилегают друг к другу. Сарколемма без нарушений, удерживает саркоплазму и пучки миофибрилл в ней. Обнаруживаются анизотропные (темные) и изотропные (светлые) диски. Ядро овальное. Различима система кровеносных сосудов мышечных волокон.

1 стадия. Начало разрушения сарколеммы, перемещение саркоплазмы в пространство между волокнами – сопровождается неравно-мерным разрушением. В поперечном разрезе мышечные волокна имеют разный диаметр сечения. Крупные сохраняют структуру сарколеммы, и саркоплазма в них содержится, а уменьшенные в диаметре можно характеризовать как волокна, потерявшие часть саркоплазмы. Саркоплазма, как более подвижная часть микро-структур, при малейших нарушениях клеточных мембран перемещается в межклеточную среду. Межклеточное расстояние увеличено. Обнаруживаются анизотропные и изотропные диски, плотно прилегающие друг к другу.

2 стадия. Уменьшается выделение основной части саркоплазмы. Мышечные волокна уменьшены в поперечном сечении, имеют схожий диаметр. Обнаруживаются незначительные поперечнощелевидные нарушения целостности сарколеммы. Система кровеносных сосудов, опоясывающая мышечное волокно,

разрушена. Мышечные волокна ровные и плотно прилегают друг к другу.

3 стадия. Появляются многочисленные поперечно-щелевидные нарушения в оболочке сарколеммы. Диаметр мышечных волокон мало изменяется, имеет слегка искривленную форму вдоль клетки. Анизотропные и изотропные диски искажены, имеют смещение относительно друг друга.

4 стадия. Обнаруживаются многочисленные поперечно-щелевидные нарушения в оболочке сарколеммы. Диаметр мышечного волокна по длине различный, форма искажена. Клетки имеют разрывы. Обнаруживаются щелевидные нарушения в пучках миофибрилл. Теряют вид анизотропные и изотропные диски, имеют многочисленные смещения относительно друг друга.

5 стадия. Обнаруживается распад мышечного волокна на отдельные фрагменты миофибрилл, которые в свою очередь разрушены до саркомеров в виде зернистой массы, местами заключенной в эндомизий.

По результатам проведенных испытаний можно выделить соответствия стадий разрушения мышечных волокон и времени воздействия температур. 1 стадия соотносится к варке при 100 °С в течение первых 30 минут или варке SV 70 °С в течение 45 минут. 2 стадия наблюдается через 45 минут при 100°С и через 105 минут при варке SV 70 °С. 3 стадия соответствует варке при 100 °С после 75 минут при SV этот этап наблюдается после 150 минут. 4 стадия наблюдается при варке традиционным способом после 105 минут. Для SV 4, 5 стадии в отведенный временной промежуток не наблюдали. 5 стадию наблюдали при 100 °С через 3 часа варки.

Заключение, выводы

Варка влияет на морфологические показатели качества мяса, процесс сопровождается деформацией мышечных волокон, потерей саркоплазмы, образованием поперечнощелевидных нарушений, последующей фрагментарностью и разрушением до саркомеров в виде зернистой массы. Степень изменения зависит от температуры и времени воздействия. Из исследования получено, что при технологии SV разрушения органелл мышечных волокон менее выражены, чем при 100 °С. Потери саркоплазмы более выражены при традиционном способе варки. Технология SV в меньшей степени влияет на гидрофобность мышечных волокон, тем самым

способствует сохранению воды и, как следствие, сочности мяса. Мышечные волокна становятся более рыхлыми при длительной варке мяса традиционным способом, однако, оно менее сочное. Мясо, приготовленное по технологии SV 70 °С, также становится мягким, но при этом больше сохраняется воды в мышечном волокне.

В работе предложены стадии изменения микроструктур мышечного волокна в процессе варки. Результаты показывают характер зависимости морфологических показателей от температуры и времени варки. Подтверждаются сведения о том, что технология SV положительно влияет на органолептические показатели мяса. Подтверждаются сведения о повышающейся гидрофобности мышечных волокон при высоких температурах и длительности времени воздействия. Сравнительный анализ стадий разрушения при традиционной варке и SV показал отличия, происходящие в процессе. Быстрее разрушаются мышечные волокна при 100 °С. При длительной варке (более 3 часов) в условиях SV не наблюдаются многочисленные разрывы, дефрагментация и зернистость мышечных волокон. Этот факт дает частичное объяснение сохранению сочности мяса при длительной варке в условиях SV в отличии от традиционной при 100 °С.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sous vide processing: a viable approach for the assurance of microbial food safety / H. Onyeaka, O. Nwabor, S. Jang [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2022. – Vol. 102, №9. – pp. 3503-3512. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11836>.
2. Sultana, K. Chemistry of Animal Tissues / K. Sultana, K. Jayathilakan, V. A. Sajeekumar // Advances in Food Chemistry / In: Chauhan OP, editor. – Singapore: Springer, 2022. – pp. 385–437. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4796-4_11.
3. Oz, F. The Effects of Different Cooking Methods on Some Quality Criteria and Mineral Composition of Beef Steaks / F. Oz, M. I. Aksu, M. Turan // Journal of Food Processing and Preservation. – 2017. – Vol. 41, №4. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13008>.
4. Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов / А. А. Семенова, В. В. Насонова, Н. М. Ревуцкая [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 161–174. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-161-174>.
5. Supaphon, P. Physical characteristics and their relationship with surface-physical properties of Thai local beef during sous-vide processing / P. Supaphon, T.

Astruc, S. Kerdpiboon // *Agriculture and Natural Resources*. – 2020. – Vol. 54, №1. – pp. 25-32. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2020.54.1.04>.

6. Pulgar, J. S. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time / J. S. Pulgar, A. Gázquez, J. Ruiz-Carrascal // *Meat Science*. – 2012. – Vol. 90, №3. – pp. 828-835. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.024>.

7. Effects of Pulsed Electric Field Processing and Sous Vide Cooking on Muscle Structure and In Vitro Protein Digestibility of Beef Brisket / F. M. Chian, L. Kaur, I. Oey [et al.] // *Foods*. – 2021. – Vol. 10, №3. <https://doi.org/10.3390/foods10030512>.

8. Shockwave processing of beef brisket in conjunction with sous vide cooking: Effects on protein structural characteristics and muscle microstructure / F. M. Chian, L. Kaur, T. Astruc // *Food Chemistry*. – 2021. – Vol. 343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128500>.

9. Novel sous-vide pressure technique affecting properties of local beef muscle / N. Chotigavin, W. L. Kerr, W. Klaypradit, S. Kerdpiboon // *LWT*. – 2023. – Vol. 175. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114439>.

10. Thatsarani, A. P. K. Current status and future trends of sous vide processing in meat industry; A review / A. P. K. Thatsarani, A. U. Alahakoon, R. Liyanage // *Trends in Food Science & Technology*. – 2022. – Vol. 129. – pp. 353-363. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.009>.

11. Effect of heat treatments on the physicochemical and sensory properties of the longissimus thoracis muscle in unweaned Limousin calves / A. Kaliniak-Dziura, P. Domaradzki, M. Kowalczyk [et al.] // *Meat Science*. – 2022. – Vol. 192. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108881>.

12. Dominguez-Hernandez, E. Effect of LTLT heat treatment on cathepsin B and L activities and denaturation of myofibrillar proteins of pork / E. Dominguez-Hernandez, P. Erbjerg // *Meat Science*. – 2021. – Vol. 175. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108454>.

13. Антипова, Л. В., Слободяник, В. С., Сулейманов, С. М. Анатомия и гистология сельскохозяйственных животных. – М.: КолосС, 2005. – 384 с.

14. Ayub, H. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat / H. Ayub, A. Ahmad // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. – 2019. – Vol. 17. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100145>.

15. Identification and studying the factors forming quality of meat semi-finished products with use of sous vide technology / A. A. Koksharov, L. A. Mayurnikova, R. Z. Grigor'eva [et al.] // *AIP Conference Proceedings*. – Ekaterinburg, 2021. – Vol. 2419, №1. <https://doi.org/10.1063/5.0069972>.

16. Намсараева, З. М. Технология приготовления функционального продукта из конины в соусе / З. М. Намсараева, И. В. Хамаганова, Т. Ц. Дамдинова // *Техника и*

технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 1. – С. 77–85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-77-85>.

REFERENCES

1. Onyeaka H, Nwabor O, Jang S, Obileke K, Hart A, Anumudu C, et al. Sous vide processing: a viable approach for the assurance of microbial food safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022;102(9): 3503-3512. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11836>.

2. Sultana K, Jayathilakan K, Sajeevkumar VA. Chemistry of Animal Tissues. In: Chauhan OP, editor. *Advances in Food Chemistry*. Singapore: Springer, 2022. pp. 385–437. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4796-4_11.

3. Oz F, Aksu MI, Turan M. The Effects of Different Cooking Methods on Some Quality Criteria and Mineral Composition of Beef Steaks. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017;41(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13008>.

4. Dostizheniya i perspektivy` razvitiya polimernoj upakovki myasa i polufabrikatov [Achievement and Future Developments of Polymer Materials for Meat and Semi-finished Products.] / A. A. Semenova, V. V. Nasonova, N. M. Revuczskaya [i dr.] // *Tekhnika i tekhnologiya pishhevy`kh proizvodstv*. – 2018. – Т.48, # 3. – pp. 161–174. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-161-174.016/j.meatsci.2021.108454>. (Russian).

5. Supaphon P, Astruc T, Kerdpiboon S. Physical characteristics and their relationship with surface-physical properties of Thai local beef during sous-vide processing. *Agriculture and Natural Resources*. 2020;54(1):25-32. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2020.54.1.04>.

6. Pulgar JS, Gázquez A, Ruiz-Carrascal J. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*. 2012;90(3):828-835. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.024>.

7. Chian FM, Kaur L, Oey I, Astruc T, Hodgkinson S, Boland M. Effects of Pulsed Electric Field Processing and Sous vide Cooking on Muscle Structure and In Vitro Protein Digestibility of Beef Brisket. *Foods*. 2021;10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030512>.

8. Chian FM, Kaur L, Astruc T, Vénien A, Stübler A-S, Aganovic K, et al. Shockwave processing of beef brisket in conjunction with sous vide cooking: Effects on protein structural characteristics and muscle microstructure. *Food Chemistry*. 2021;343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128500>.

9. Chotigavin N, Kerr WL, Klaypradit W, Kerdpiboon S. Novel sous-vide pressure technique affecting properties of local beef muscle. *LWT*. 2023;175. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114439>.

10. Thatsarani APK, Alahakoon AU, Liyanage R. Current status and future trends of sous vide

processing in meat industry; A review. Trends in Food Science & Technology. 2022; 129:353-363. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.009>.

11. Kaliniak-Dziura A, Domaradzki P, Kowalczyk M, Florek M, Skąłeczki P, Kędzierska-Matysek M, et al. Effect of heat treatments on the physicochemical and sensory properties of the longissimus thoracis muscle in unweaned Limousin calves. Meat Science. 2022;192. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108881>.

12. Dominguez-Hernandez E, Ertbjerg P. Effect of LTLT heat treatment on cathepsin B and L activities and denaturation of myofibrillar proteins of pork. Meat Science. 2021;175. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108454>.

13. Antipova LV, Slobodyanik VS, Suleymanov SM. Anatomiya i gistologiya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Anatomy and histology of farm animals]. Moscow: KolosS; 2005. 384 p. (Russian).

14. Ayub H, Ahmad A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. International Journal of Gastronomy and Food Science. 2019;17. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100145>.

15. Koksharov AA, Mayurnikova LA, Grigor'eva RZ, Petkovich AI, Krapiva TV. Identification and studying the factors forming quality of meat semi-finished products with use of sous vide technology. AIP Conference Proceedings. 2021;2419(1). <https://doi.org/10.1063/5.0069972>.

16. Tekhnologiya prigotovleniya funkczional'nogo produkta iz koniny` v sousе . [New Functional Product from Horsemeat in Sauce.] / Z. M. Namsaraeva, I. V. Khamaganova, T. Cz. Damdinova // Tekhnika i tekhnologiya pishhevyy`kh proizvodstv. – 2021. – T. 51, # 1. – S. 77–85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-77-85>.

МРНТИ 65.55.37

DOI <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-4-174-181>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА СУХИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ КОСТОЧЕК ВИНОГРАДА И СЕМЯН ЛЬНА

¹У.У. ТАСТЕМИРОВА , ²Р.Б. МҰХТАРХАНОВА , ¹А.У. ШИНГИСОВ 

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Аэзова, Казахстан, 160000, г. Шымкент, пр. Таукехана, 5

²Алматинский технологический университет, Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)

Электронная почта автора-корреспондента: ib_tu@mail.ru*

Процесс экстракции является одним из наиболее широко применяемых в пищевой промышленности способов получения биологически активных веществ, необходимых для обогащения пищевых продуктов. Целью этой работы является исследование влияния температуры, продолжительности экстракции и содержания растительного сырья (косточки винограда и семена льна) в экстрагенте на выход сухих веществ. Установлено оптимальное влияние продолжительности процесса экстрагирования на выход сухих веществ: для косточек винограда - 70 минут, для семян льна - 65 минут. Было доказано, что оптимальным содержанием семян льна и косточек винограда в экстрагенте является 12% от массы экстрагента, при температуре экстрагирования 40°C. Применение метода низкочастотной ультразвуковой технологии совместно с вакуумом позволяет получить максимальный выход сухих веществ из состава растительного сырья. Для исследованных продуктов максимальный выход сухих веществ составлял 17,5%. По результатам проведенных исследований, при низкочастотной вакуум-ультразвуковой экстракции из комбинированного раствора (50% виноградной косточки и 50% семян льна), рекомендуемый технологический режим был следующим: частота колебаний 22 кГц, мощность ультразвука 0,3кВт, остаточное давление 0,09 МПа и продолжительность воздействия 15 мин.

Ключевые слова: вакуум-ультразвуковая экстракция, косточки винограда, семена льна, интенсификация процесса экстракции, биологически активная добавка, экстрагент.