

ТЕХНОЛОГИЯ СУ-ВИД — НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Фофанова Т.С.

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

Ключевые слова: су-вид, мясные продукты, качество, микробиологическая безопасность

Аннотация

Ухудшение демографической ситуации (сокращение рождаемости, увеличение количества пожилых людей и др.), изменение привычек питания, связанных с изменениями темпов жизни, желанием все большего числа людей питаться «здоровыми» продуктами и при этом не тратить много времени на их приготовление привели к повышению спроса на готовые к кулинарной обработке мясные продукты быстрого приготовления, сохраняющие полезные для здоровья компоненты. В результате все большее применение находят технологии минимальной обработки, такие как су-вид. Су-вид — технология низкотемпературного приготовления продуктов питания в вакууме. Приготовление пищи методом су-вид позволяет осуществлять надежный контроль за вкусовыми показателями и микробиологической безопасностью продуктов при строгом соблюдении температурно-временных режимов обработки и хранения, учитывая то, что относительно мягкая термическая обработка может не обеспечить гибель всех вегетативных клеток и не инактивирует споры. Для улучшения микробиологических показателей таких продуктов могут быть применены дополнительные способы обработки с использованием натуральных антимикробных средств. В статье представлен обзор научных исследований, направленных на изучение влияния технологии су-вид на изменение качественных показателей и микробиологическую безопасность продуктов, произведенных с использованием данной технологии.

Review paper

SOUS VIDE TECHNOLOGY — SEVERAL ASPECTS OF QUALITY AND MICROBIOLOGICAL SAFETY

Tatyana S. Fofanova

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: sous vide, meat products, quality, microbiological safety

Abstract

Worsening of the demographic situation (a decline in the birth rate, a growth in the proportion of the elderly and so on), changes in eating habits associated with the changes in the pace of life, a desire of the increasing number of people to consume «healthy» products and not to spend much time on their preparation led to an increase in the demand for convenient ready-to-cook meat products that retain healthy components. As a result, the minimal processing technologies such as sous vide are finding ever increasing use. Sous vide is a technology of low temperature thermal processing of food under vacuum. Preparation of food by sous vide technology allows reliable control of product sensory indicators and microbiological safety with strict adherence to the temperature-time regimes of processing and storage taking into consideration the fact that relatively mild thermal processing may not ensure death of all vegetative cells and does not inactivate spores. To enhance the microbiological safety of these products, several additional methods of treatment with the use of natural antimicrobial substances can be applied. The paper presents a review of scientific studies aimed at investigation of an effect of the sous vide technology on changes in quality indicators and microbiological safety of sous vide products.

Многочисленными исследованиями доказано — от качества питания и сбалансированности рациона по всем пищевым веществам зависит поддержание здоровья, работоспособность, умственное развитие и продолжительность жизни человека, что лежит в основе концепции сбалансированного питания. В связи с этим, растет спрос на функциональные продукты, способствующие повышению резистентности организма к неблагоприятным факторам окружаю-

щей среды, а также на минимально обработанные пищевые продукты, которые подвергаются щадящей технологической обработке, не содержат синтетических пищевых добавок или содержат их в ограниченном количестве [1,2].

Кроме того, изменение стиля жизни, увеличение числа работающих женщин и пожилых людей предопределяют повышение спроса на полуфабрикаты и готовые к употреблению пищевые продукты, и ве-

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Фофанова Т.С. Технология су-вид — некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности. Теория и практика переработки мяса. 2018;3(1): 59–68. DOI: 10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68

FOR CITATION: Fofanova T.S. Sous vide technology — several aspects of quality and microbiological safety. Theory and practice of meat processing. 2018;3(1):59–68. (In Russ.) DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68

дут к расширению рынка продукции быстрого приготовления. В последние годы активно увеличивается рынок готовых к употреблению пищевых продуктов, таких как полностью готовые к употреблению (RTE), готовые к употреблению в пищу после подогрева (RTH), готовые к кулинарной обработке мясные продукты (RTC) [3].

Данные тенденции стимулируют разработку готовых к употреблению охлажденных пищевых продуктов, выработанных с применением технологий тепловой обработки при низкотемпературных режимах с предварительным вакуумированием полуфабриката в упаковку из полимерного материала, что позволяет производить продукты, удобные для потребителей по простоте и скорости приготовления, являясь в то же время химически и микробиологически безопасными при сохранении желаемых вкуса, аромата, цвета и текстуры пищевых продуктов [2,4].

Одним из видов минимальной обработки является технология су-вид, что в переводе с французского означает «под вакуумом» [5]. Существуют разные мнения о том, когда начали применять эту технологию. Некоторые авторы считают, что технология су-вид появилась в конце 1960-х годов, когда французские и американские инженеры использовали вакуумную упаковку для герметизации и пастеризации промышленных пищевых продуктов с целью увеличения продолжительности их хранения [6]. Другие утверждают, что система су-вид была разработана в середине 1970-х годов во Франции [7, 8, 9] и использована французским поваром George Pralus для снижения потерь в гусиной печени, которые при использовании традиционных методов достигали 40% из-за высокого содержания в ней жира. Применение метода су-вид с термообработкой при более низкой и точно контролируемой температуре позволяло снизить потери до 5% с одновременным значительным улучшением флейвора готового продукта [10].

Возможности процесса су-вид в отношении увеличения срока хранения минимально обработанных пищевых продуктов активно изучаются с 1990-х годов [11] для достижения соответствия двум конфликтующим требованиям — минимальному нагреванию для сохранения полезных для здоровья компонентов продукта и повышенной продолжительности хранения [5,8,12].

Обработка су-вид — это процесс термической обработки сырья, герметично упакованного в термостабильные пластиковые пакеты под вакуумом, осуществляемый при строго контролируемых умеренных температурах (обычно 65–95 °С) в течение длительного времени с последующим быстрым охлаждением (как правило до достижения температуры 3 °С в центре продукта) [13,14] или в некоторых случаях замораживанием [11] и хранением при низкой температуре (0–3 °С в случае охлажденных продуктов) [7,11,15].

Точный контроль температуры дает хорошую воспроизводимость и обеспечивает более высокий контроль готовности по сравнению с традиционными методами термообработки [11].

Технология су-вид может обеспечить преимуществами при решении многих проблем и задач, стоящих перед пищевой промышленностью и крупными предприятиями общественного питания при приготовлении пищевых продуктов и их транспортировке на длительные расстояния [10].

Герметичная упаковка под вакуумом позволяет теплу эффективно переноситься от воды (пара) в пищевой продукт [15]. Термообработка пищевых продуктов при оптимальных температурах в центре продукта устраняет чрезмерное нагревание продукта, и желаемая степень готовности может быть достигнута во всем объеме мясного продукта, что обеспечивает более стабильное качество [10].

Кроме того, вакуумная упаковка и, соответственно, удаление кислорода из окружающей среды продукта, приводит к снижению окисления продукта, уменьшению потерь влаги и летучих вкусо-ароматических веществ, снижению необходимых количеств соли, специй и трав, так как их действие в условиях термообработки су-вид усиливается. Обработка су-вид позволяет сохранять витамины и минеральные вещества внутри продукта при термообработке, что делает продукт более питательным [10]. Система су-вид приводит к более высокому выходу и лучшей текстуре мясных продуктов, в частности, изготовленных из говядины, по сравнению с традиционной обработкой [16].

Помимо этого, данная технология приводит к улучшению органолептических характеристик мясных продуктов, которые играют большую роль в принятии потребителями решения о покупке.

Как известно, мясо является важной частью рациона человека на протяжении тысячелетий. Однако в последние десятилетия произошли значительные изменения качества мяса. В настоящее время мясо, включая мясо птицы, поступает от более молодых и менее жирных животных [11,17]. Традиционные методы термообработки, применяемые при переработке такого мяса, часто приводят к сухим и безвкусным продуктам [11]. Для того, чтобы натуральный продукт из мяса, например, мяса птицы был более сочным и нежным, температура термообработки не должна превышать 60–65 °С [17], что может быть обеспечено применением метода су-вид. В результате нагревания при более низких температурах по сравнению с традиционными в течение длительного периода времени происходит тендеризация мяса, способствуя получению особенно вкусных и питательных продуктов даже из менее дорогих отрубов [7,10,15,18].

Длительное время термообработки, как полагают, способствует большей растворимости коллагена, и, таким образом, снижению жесткости мяса. Кроме

того, термообработка мяса при этих умеренных температурах приводит к более низкой коагуляции миофибриллярных белков, которая для большинства белков этого типа происходит при температурах свыше 70–80 °С, что, несомненно, имеет большое значение для текстуры мяса, так как коагуляция миофибриллярного белка считается одной из причин увеличения жесткости мяса во время термообработки. Так, свиная щековина, обработанная методом су-вид, при температуре 80 °С в течение длительного времени имела меньшую жесткость по сравнению с продуктом, приготовленным традиционным методом [18].

В исследовании, проведенном в Испании, была установлена целесообразность применения метода су-вид для производства продуктов из баранины. Сектор баранины традиционно является основополагающим элементом экономики нескольких регионов Испании. Однако в последние 10–20 лет, отмечается снижение потребления на душу населения баранины, в том числе и из-за методов ее приготовления в соответствии с традиционной рецептурой. Производство готовых к употреблению блюд из баранины с использованием метода су-вид является перспективной альтернативой традиционным методам для успешной коммерциализации данного вида мяса [14].

Еще один пример возможного применения технологии су-вид при изготовлении национальных мясных продуктов — это производство донер-кебаба для розничной торговли. Донер-кебаб — это традиционный турецкий продукт, который широко потребляется не только в Турции, но и во всем мире, особенно в Германии, Греции, Великобритании, США, Канаде, Пакистане и Саудовской Аравии [19]. В настоящее время для реализации в розничной торговле донер-кебаб упаковывается после термообработки и предлагается к продаже в замороженном или охлажденном виде. Обработка донер-кебабов методом су-вид может рассматриваться как новый метод производства и упаковки этого вида продукта при существенном улучшении таких органолептических характеристик продукта, как запах, вкус, нежность и сочность по сравнению традиционной технологией [19].

Технология су-вид также может успешно применяться при производстве продуктов из мяса птицы, например, для улучшения их органолептических показателей, позволяя вырабатывать продукты с приемлемыми сочностью, флейвором, цветом и текстурой [8,20].

Учитывая вышеизложенное, неудивительно, что эта технология широко используется в ресторанах, предприятиях общественного питания и индустрии производства готовых к употреблению продуктов [14,20] для обработки различных типов пищевых продуктов, в том числе из мяса разных видов животных, позволяя готовить практически любой кусок мяса, таким образом, что оно становится сочным, мягким и вкусным [11].

Однако необходимо подчеркнуть, что производство продуктов с высокими питательными и органолептическими свойствами безусловно не должно сопровождаться ухудшением их микробиологической безопасности.

В продуктах су-вид относительно низкие температуры тепловой обработки, длительное холодильное хранение, неадекватный контроль температуры при производстве и на всем протяжении холодильной цепи от дистрибуции до розничной торговли [4,21] могут создавать условия для развития как патогенов, так и микроорганизмов, вызывающих порчу, например, молочнокислых бактерий (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella* и *Carnobacterium*), приводящих к образованию постороннего запаха и вкуса, слизистых экссудатов молочного цвета и CO₂, а также дрожжей и плесеней [12,13,22].

Среди патогенов наиболее важными в мясных продуктах су-вид, несомненно, являются спорообразующие микроорганизмы. Умеренная термообработка, применяемая к пищевым продуктам су-вид, как правило, приводит к разрушению вегетативных клеток бактерий, но их споры термоустойчивы. При неадекватном охлаждении или нарушении температурных режимов при хранении, существует вероятность прораствания активированных спор с последующим размножением вегетативных клеток [3].

Clostridium botulinum, например, обладает способностью расти при температуре между 3,3 °С и 45 °С в вакуум-упакованных продуктах [23,24,25], причем некоторые непротеолитические штаммы *C. botulinum* могут вырабатывать нейротоксин даже при температуре 3,3 °С при продолжительном хранении [23]. Другими представляющими опасность для здоровья спорообразующими микроорганизмами являются *Bacillus cereus*, вырабатывающий энтеротоксины и рвотный токсин, вызывая диарейный и рвотный синдромы, соответственно [26], а также *Clostridium perfringens*, который также способен вырабатывать энтеротоксин в желудочно-кишечном тракте человека, приводя к пищевым отравлениям [3].

Кроме того, в продуктах су-вид могут представлять опасность для здоровья человека и неспорообразующие патогенные бактерии, в частности, *Listeria monocytogenes*. *L. monocytogenes* — один из наиболее важных с точки зрения здравоохранения неспорообразующих микроорганизмов, контаминирующих готовые к употреблению охлажденные пищевые продукты [27] и считается одним из основных критериев безопасности мясных продуктов [28], что связано с его способностью расти при низких положительных температурах [11,24,27,28] в различных пищевых продуктах (включая те, которые содержат хлорид натрия или нитрат натрия в качестве консервантов) и в течение длительного времени колонизировать производственную среду пищевых предприятий [27].

При оценке микробиологического риска продуктов су-вид также необходимо принимать во внимание такие патогены, как *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio* spp. (в морепродуктах), патогенные штаммы *Escherichia coli* [13,24].

Как уже было отмечено выше, для обеспечения микробиологической безопасности таких продуктов огромное значение имеет адекватная термическая обработка в течение строго определенного периода времени в соответствии с типом вырабатываемого продукта и видом микроорганизмов. Так, например, было установлено, что значение D для вегетативных клеток *C. perfringens* в свином закусочном рулете было 16,3 мин. при 55°C; 8,5 мин. при 60°C и 0,8 мин. при 65°C, а для спор 30,6 мин. при 90°C; 9,7 мин. при 95°C и 1,9 мин. при 100°C. Значение D для вегетативных клеток *V. cereus* было в диапазоне от 1 мин. (60°C) до 33,2 мин. (50°C), а для спор от 2,0 мин. (95°C) до 29,5 мин. (85°C) [29]. В вакуум-упакованном курином мясе су-вид для достижения количеств клеток ниже предела обнаружения была необходима термообработка при 55°C в течение 40 мин., при 60°C в течение 20 мин., при 65°C в течение 2,5 мин. для *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 и термообработка при 55°C в течение 60 мин., при 60°C в течение 30 мин, при 65°C в течение 3 мин. для штамма *Clostridium perfringens* NCAIM B01417^T [30].

При условии соблюдения разработанных и научно-обоснованных режимов производства возможно обеспечение микробиологической безопасности продуктов су-вид в течение более длительного времени по сравнению с другими методами [7], что, не в последнюю очередь, обусловлено предотвращением повторной контаминации микроорганизмами продукта после обработки благодаря предварительной герметичной упаковке [10]. Многочисленные исследования подтверждают, что обработка методом су-вид позволяла эффективно ингибировать рост бактерий и получать продукты, которые по микробиологическим показателям не уступали традиционным. Так, исследование нескольких видов мясных продуктов су-вид (мясные фрикадельки, свиные ребрышки, бараньи ребрышки, бефстроганов, гамбургеры, жареная свинина, тушеное мясо и др.), подвергнутых обработке су-вид при температурах от 85 до 100°C в течение 10–60 мин., показало отсутствие или низкие количества психротрофных, токсигенных штаммов *Bacillus* и *Clostridium* в процессе хранения при низких положительных температурах [31].

При обработке методом су-вид баранины с исходной микробиологической обсемененностью, не превышавшей уровня, указанные в Регламенте ЕС 2073/2005 [32], количества психротрофных бактерий, молочнокислых бактерий, грамположительных кокков, *Enterobacteriaceae* и колиформ снижались более, чем в 3 раза [14].

Обработка донер-кебабов методом су-вид при 70°C в течение 2 мин. после достижения температуры в центре продукта 70°C приводила к снижению приблизительно на 1 log КОЕ/г общего количества аэробных мезофильных бактерий, аэробных психрофильных бактерий, молочнокислых бактерий, дрожжей и плесеней [19].

В свиной корейке после обработки методом су-вид при поддержании температуры внутри продукта 70°C в течение 11 ч с последующим охлаждением при 3°C, количества психротрофов, *Enterobacteriaceae*, молочнокислых бактерий, дрожжей и плесеней оставались низкими на протяжении всего периода холодильного хранения при 2°C. Интересно отметить, что в данном продукте органолептическая порча предшествовала микробиологической [13].

Результаты микробиологического анализа фрикаделек из мяса кур, обработанных методом су-вид (90°C в течение 10 или 20 мин.) показали отсутствие *Listeria* spp. и *Cl. perfringens* в процессе холодильного хранения [1].

Не наблюдали роста *C. perfringens* и в процессе хранения при низких положительных температурах корейского традиционного продукта «Galbijjim» (рёберный край говяжьей грудинки, маринованной в соевом соусе и с овощами), обработанного с применением технологии су-вид при 90°C в течение 90 мин. [3].

В куриной грудке, изготовленной методом су-вид с тепловой обработкой при 61°C в течение 35 мин. (после достижения температуры в центре продукта 61°C) отмечено снижение общих количеств жизнеспособных микроорганизмов и колиформ в процессе хранения при 4°C в течение 14 дней [20].

Приемлемые микробиологические показатели продукта были достигнуты даже при применении более низких температур тепловой обработки в трехэтапном методе су-вид (39°C — 1 ч, 49°C — 1 ч и 59°C — 4 ч). Снижение естественной микрофлоры на говядине было сопоставимо с таковым при использовании обычного одноэтапного метода су-вид [33].

При обсуждении вопроса микробиологической безопасности продуктов, при производстве которых применяется технология су-вид, хотелось бы подчеркнуть необходимость применения концепции НАССР с использованием таких критических контрольных точек как качество сырья, герметичность упаковки, температурно-временные режимы термообработки, и, конечно же, соответствующая температура на протяжении всей холодильной цепи от производителя до потребителя [31], так как хранение при температуре менее 3°C препятствует росту патогенных бактерий в пищевых продуктах су-вид на основе мяса [13].

Микробиологические показатели продуктов су-вид могут быть дополнительно улучшены, используя концепцию барьерной технологии, разработанной Л. Ляйснером [34]. Технология су-вид, в целом, полага-

ется на два основных барьера для обеспечения микробиологической безопасности продукта: применение нагревания при пастеризации продукта с последующим быстрым охлаждением до температуры ниже 3 °C и холодильным хранением [35]. Мульти-барьерный подход, который является наиболее надежным для контроля микробиологического роста и обеспечивает минимальное снижение качества пищевых продуктов [34], может эффективно применяться для усиления этих двух барьеров за счет применения консервантов, ингибирующих рост пищевых патогенов, как например, лактат натрия, который используется при производстве мясных продуктов и продуктов из мяса птицы. Так, применение 2,4% лактата натрия при изготовлении продуктов, обработанных методом су-вид, ингибировало рост *Listeria monocytogenes*. Хотелось бы отметить, однако, что в более высоких дозах лактат натрия приводил к соленому вкусу продукта [35].

Вместе с тем, увеличивающийся потребительский спрос на «натуральные» минимально обработанные продукты с «натуральными» добавками, делает особенно актуальными исследования по применению консервантов растительного происхождения в продуктах су-вид.

В ряде работ была продемонстрирована эффективность применения натуральных добавок для повышения микробиологической безопасности продуктов. Так, добавление препарата Citricidal® (экстракт грейпфрута) в маринованные продукты из мяса птицы, подвергнутые обработке методом су-вид, приводило

к снижению роста *Clostridium perfringens* без заметного влияния на цвет, усилие среза или окисление липидов [4]. В говядине, обработанной методом су-вид (55 °C/65 мин.), отмечено снижение количества *L. monocytogenes* в процессе холодильного хранения при добавлении эфирного масла розмарина в качестве натурального консерванта [36]. Интересно отметить, что наряду с антимикробным эффектом розмарин обладает и антиоксидантным действием, что было продемонстрировано при разработке технологии су-вид для колбас из мяса птицы с использованием смеси фенольных дитерпенов розмарина, содержащей карнозиновую кислоту и карнозол, в качестве источника натуральных антиоксидантов для удлинения продолжительности холодильного хранения продукта [37]. Применение лимонного сока удлиняла срок хранения мерланга, обработанного методом су-вид (70 °C/10 мин.) и хранившегося при 4 °C [38].

Таким образом, технология су-вид предлагает решение многих проблем, стоящих перед пищевой промышленностью, позволяя вырабатывать безопасные с микробиологической точки зрения и высококачественные минимально обработанные готовые к употреблению пищевые продукты с сохранением нутриентов и пониженным содержанием соли при надлежащем мониторинге критических параметров производства на протяжении всего процесса производства и хранения с применением концепции НАССР и дополнительной обработки с использованием натуральных антимикробных средств.

Several studies have proved that nutritionally balanced diets and nutrition quality affect health maintenance, job performance, mental development and an increase in life duration, which underlies the concept of well-balanced nutrition. In this connection, there is a growing demand for functional foods that facilitate an increase in the organism resistance to unfavorable environmental factors, as well as for minimally processed foods that undergo mild technological processing, do not contain synthetic food additives or contain them in a lesser amount [1,2].

In addition, changes in life style, an increase in the number of women having full-time jobs and the elderly predetermine a growth in the demand for semi-prepared products and ready-to-eat foods, which leads to an expansion of the convenience food market. Recently, the market of ready-to-eat (RTE), ready-to-heat (RTH) and ready-to-cook (RTC) meat-based meals has been dynamically growing [3].

These trends stimulate the development of ready-to eat (RTE) refrigerated foods produced by the technologies of low temperature heat treatment with preliminary vacuum packaging of a semi-prepared product in the polymer package, which allows producing products that are convenient for consumers due to simplicity and quickness of

preparation, retain the desired taste, aroma, color and texture being at the same time chemically and microbiologically safe [2,4].

One of the types of minimal processing is sous vide, which translates from French as «under vacuum» [5]. There are different opinions about the beginning of the use of this technology. Some authors believe that sous vide appeared at the end of the 1960s, when the French and American engineers used vacuum packaging for sealing and pasteurization of industrial foods to prolong their shelf life [6]. Others state that the sous vide system was developed in the middle of the 1970s in France [7,8,9] and used by French cooker George Pralus to reduce losses in goose liver, which were 40% when using the traditional methods due to its high fat content. The use of sous vide with heat treatment at lower and strictly controlled temperature allowed reducing losses up to 5% with simultaneous significant improvements in finished product flavor [10].

The possibilities of sous vide regarding an extension of shelf life of minimally processed foods have been extensively studied since the 1990s [11] in order to achieve two conflicting requirements: minimal heating to preserve healthy components of a product and prolonged storage duration [5,8,12].

Sous vide — is a process of thermal treatment of raw material hermetically packaged in thermally stable packages under vacuum, which is performed at strictly controlled mild temperatures (usually 65–95 °C) during long time with following quick chilling, as a rule, until reaching a temperature of 3 °C in the product center [13,14] or in some cases freezing [11] and storage at low temperatures (0–3 °C in case of chilled foods) [7,11,15]. The strict temperature control ensures good reproducibility and higher control of readiness compared to tradition thermal treatment methods [11].

Sous vide can provide advantages in solving many problems and tasks facing food industry and big catering enterprises upon food production and transportation over long distances [10].

Hermetic sealing under vacuum allows effective heat transfer from water (steam) into food [15]. Thermal treatment of foods at optimal core temperatures eliminates an excessive product heating, and a desired degree of readiness can be achieved throughout the whole meat product ensuring more stable quality [10].

In addition, vacuum packaging and, consequently, removal of oxygen from the product environment lead to a decrease in product oxidation, losses of moisture and volatile flavor substances, as well as to a reduction in the required amount of salt, spices and herbs as their effects in the conditions of sous vide treatment are enhanced. Sous vide allows preservation of vitamins and minerals inside a product upon treatment, which makes a product more nutritious [10]. The sous vide system results in higher yield and better texture of meat products, for example prepared from beef, compared to traditional treatment [16].

Moreover, this technology results in an improvement of meat product sensory properties, which play an important role in consumer purchase decisions.

It is known that meat is an important part of the human diet over thousands of years. However, in recent decades, significant changes in meat quality have occurred. Today, meat including poultry meat comes from younger and less fatty animals [11,17]. Traditional heat treatment methods used in processing of such meat often lead to dry and tasteless products [11]. To make natural meat-based foods, for example, products from poultry meat, juicier and more tender, cooking temperature should not be higher than 60–65 °C [17], which can be provided by the sous vide technology. Long-term heating at lower temperatures compared to those that are used for conventional foods results in meat tenderization, and facilitates production of particularly tasty and nutritious products even from cheaper cuts [7,10,15,18].

It is suggested that long processing time facilitates higher collagen solubilization, and, consequently, reduction of meat toughness. In addition, meat thermal treatment at these mild temperatures leads to lower coagulation of myofibrillar proteins, which occurs for most proteins of this type at temperatures higher than 70–80 °C. Obviously,

ly, this is very important for meat texture as myofibrillar protein coagulation is regarded as one of the reasons of an increase in meat toughness during cooking. For example, pork cheeks processed by the sous vide method at a temperature of 80 °C for a long period of time were less tough than a conventionally cooked product [18].

In the Spanish study, the expediency of using sous vide cooking for manufacturing foods from lamb meat was established. The lamb meat sector traditionally is a basic element of the economy in several Spanish regions. However, during the last 10–20 years, a decrease in the per capita consumption of lamb meat has been observed, which is, to a large extent, conditioned by the methods of its preparation according to the traditional recipes. Production of ready-to-eat meals from lamb meat using sous vide cooking is a promising alternative to the conventional methods of its production for successful commercialization of this meat type [14].

Another example of the possible use of the sous vide technology when manufacturing national meat products is production of doners for retail sale. Doner is a traditional Turkish meat product, which is widely consumed not only in Turkey, but also in Germany, Greece, UK, USA, Canada, Pakistan and Saudi Arabia [19]. At present, doners are packed after thermal treatment and sold frozen or chilled. Processing of doners by the sous vide technology can be considered a new method for production and packaging of this product with a significant improvement of product sensory characteristics such as odor, taste, tenderness and juiciness compared to the conventional technology [19].

Sous vide cooking can also be successfully used in manufacturing products from poultry meat, for example, to improve their sensory characteristics ensuring production of foods with acceptable juiciness, flavor, color and texture [8,20].

Taking into consideration the above-mentioned, it is not surprising that this technology is widely used in restaurants, catering enterprises and ready-to-eat industry [14,20] for processing various types of foods, including meat from different animals, as it allows preparation of practically any meat cut in such a way that it becomes juicy, tender and tasty [11].

However, it is necessary to emphasize that manufacture of products with high nutritional and sensory properties, undoubtedly, should not be accompanied with impairment of their microbiological safety.

Relatively low heat processing temperatures and long-term refrigerated storage of sous vide products, inadequate temperature control in production and throughout the cold chain from distribution to retail sale [4,21] can create conditions for development of both pathogens and spoilage microorganisms such as lactic acid bacteria (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella* and *Carnobacterium*), which lead to off-flavor, slimy milky exudates and CO₂ production, as well as yeasts and molds [12,13,22].

Among pathogens, the most important in sous vide meat products, certainly, are spore-forming microorganisms. Mild heat treatment applied to sous vide foods results, as a rule, in destruction of the vegetative bacterial cells, but their spores are thermally stable. Upon inadequate chilling or abuses in storage temperature regimes, there is a possibility for germination of activated spores with the following multiplication of the vegetative cells [3].

For example, *Clostridium botulinum* has an ability to grow in vacuum-packed products in the temperature range from 3.3°C and 45°C [23,24,25]; with that, some non-proteolytic *C. botulinum* strains can form the neurotoxin even at a temperature of 3.3°C during prolonged storage [23]. Other hazardous spore-forming microorganisms are *Bacillus cereus*, which produces enterotoxins and the emetic toxin causing diarrheal-type syndrome and the emetic-type syndrome, respectively [26], as well as *Clostridium perfringens*, which can also produce the enterotoxin in the human gastrointestinal tract causing food poisoning [3].

In addition, non-spore-forming bacterial pathogens, such as *Listeria monocytogenes*, in sous vide products can also constitute a serious hazard for human health. *L. monocytogenes* is one of the most important non-spore-forming microorganisms that contaminate ready-to-eat refrigerated foods [27] and is regarded as one of the main criteria of meat product safety [28], which is associated with its ability to grow at low temperatures [11,24,27,28] in different food products, including those that contain sodium chloride or sodium nitrate as a preservative, and colonize food production environment for long periods [27].

When assessing the microbiological risks in sous vide products, it is also necessary to take into consideration such pathogens as *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio* spp. (in seafood) and pathogenic strains of *Escherichia coli* [13,24].

As was already noticed above, adequate thermal treatment of sous vide products during strictly determined time and according to a manufactured product type and microbial species is of great importance for assurance of their microbiological quality. For example, it was established that in pork luncheon roll the D value for *C. perfringens* was 16.3 min. at 55°C; 8.5 min. at 60°C and 0.8 min. at 65°C for the vegetative cells; and 30.6 min. at 90°C; 9.7 min. at 95°C and 1.9 min. at 100°C for spores. The D value for the vegetative cells of *B. cereus* was in a range from 1 min. (60°C) to 33.2 min. (50°C), and for spores from 2.0 min. (95°C) to 29.5 min. (85°C) [29]. To achieve the cell number lower than the limit of detection in sous vide chicken meat, it was necessary to use thermal treatment at 55°C during 40 min., at 60°C during 20 min., at 65°C during 2.5 min. for *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 and thermal treatment at 55°C during 60 min., at 60°C during 30 min., at 65°C during 3 min. for *Clostridium perfringens* NCAIM B01417^T [30].

Provided that there is a strict adherence to the developed and scientifically substantiated production regimes,

it is possible to ensure microbiological safety of sous vide products over longer time compared to other methods [7], not least because of prevention of microbial recontamination after thermal treatment due to preliminary hermetic packaging [10]. Many studies confirm that sous vide processing allowed effective inhibition of bacterial growth and manufacture of products that were not inferior to the traditional in terms of microbiological indicators. For example, analysis of several meat product types (meat balls, ribs of pork, spareribs of lamb, beef stroganoff, hamburgers, fried pork, stew of meat and others) processed by sous vide at temperatures from 85 to 100°C during 10–60 min. showed an absence or low numbers of psychrotrophic, toxigenic *Bacillus* and *Clostridium* strains in the process of storage at low temperatures [31].

When using the sous vide method in processing lamb meat with the initial microbial load not higher than the level indicated in the Regulation EC 2073/2005 [32], the number of psychrotrophic bacteria, lactic acid bacteria, gram-positive cocci, *Enterobacteriaceae* and coliforms decreased more than threefold [14].

Production of doners by the sous vide technology at a temperature of 70°C for 2 min. after achieving the core temperature of 70°C led to a reduction by about 1 log CFU/g of the total number of mesophilic aerobic bacteria, psychrophilic aerobic bacteria, lactic acid bacteria, yeasts and molds [19].

In pork loin processed by sous vide at a core temperature of 70°C during 11 hours with the following chilling at 3°C, the numbers of psychrotrophs, *Enterobacteriaceae*, lactic acid bacteria, yeasts and molds remained to be low throughout refrigerated storage at 2°C. It is interesting to note that in this product, sensory spoilage preceded microbiological [13].

The results of the microbiological analysis of chicken meat balls cooked using sous vide treatment (90°C for 10 or 20 min.) showed an absence of *Listeria* spp. and *Cl. perfringens* during refrigerated storage [1].

The growth of *C. perfringens* was not observed during refrigerated storage of the Korean traditional product «Galbijjim» (beef short ribs marinated in soy sauce and cooked with vegetables) after its processing by sous vide technology at 90°C for 90 min. [3].

In chicken meat processed by sous vide method with thermal treatment at 61°C for 35 min. (after achieving the core temperature of 61°C), a decrease in the total number of viable microorganisms and coliforms was observed in the process of storage at 4°C for 14 days [20].

Acceptable microbiological quality of a product was achieved even at low temperatures of thermal treatment when using the three-step sous vide process (39°C — 1 hour, 49°C — 1 hour and 59°C — 4 hours). A decrease in the natural microflora on beef when using the three-step sous vide method was comparable to that in a product treated by the conventional single-stage sous vide technology [33].

When discussing the microbiological safety of food products manufactured by the sous-vide technology, it is worth emphasizing the necessity of using the HACCP concept with such critical control points as raw material quality, hermetic sealing of a package, temperature-time regimes of thermal treatment and, of course, adequate temperature regimes throughout the entire cold chain from production to consumers [31] as storage at temperatures lower than 3°C prevents the growth of pathogenic bacteria in sous vide meat-based foods [13].

The microbiological quality of sous vide products can be additionally improved using the concept of the hurdle technology proposed by L. Leistner [34]. The sous vide technology, largely, relies on two main hurdles to ensure microbiological safety: the use of heating upon product pasteurization with the following quick chilling to a temperature lower than 3°C and refrigerated storage [35]. The multi-hurdle approach, which is most reliable for controlling the microbial growth and ensures a minimal decrease in food quality [34], can be effectively applied to enhance these two hurdles due to the use of preservatives inhibiting the growth of food pathogens, such as sodium lactate, which is applied in manufacturing meat products and products from poultry. For example, the use of 2.4% sodium lactate in sous-vide products inhibited the growth of *Listeria monocytogenes*. It is necessary to note, however, that the higher doses of sodium lactate led to salty taste of products [35].

At the same time, an increasing consumer demand for «natural» minimally processed foods with «natural» addi-

tives, makes the studies on the use of the plant-derived preservatives in sous-vide products especially topical.

Several works demonstrated the effectiveness of the use of natural additives to increase microbiological safety of foods. For example, addition of Citricidal[®] (grapefruit extract) into sous vide marinated poultry products reduced the growth of *Clostridium perfringens* without noticeable effect on color, share force or lipid oxidation [4]. In beef subjected to sous vide treatment (55°C/65 min.), the counts of *L. monocytogenes* decreased during refrigerated storage upon addition of rosemary essential oil as a natural preservative [36]. It is interesting to note that along with the antimicrobial effect, rosemary has the antioxidant activity, which was demonstrated in the development of the sous vide technology for poultry sausages with the use of rosemary diterpene mixture containing carnosic acid and carnosol as a source of a natural antioxidant to prolong duration of product refrigerated storage [37]. The use of lemon juice for treatment of whitening (*Merlangius merlangus euxinus*), which was produced by the sous vide method (70°C/10 min.) and stored at 4°C, extended its shelf life [38].

Therefore, the sous vide technology provides a solution to many problems facing food industry allowing production of microbiologically safe and high-quality minimally processed ready-to-eat products with preserved nutrients and lowered salt content provided that there is adequate monitoring of the critical production parameters throughout the manufacturing process and storage with the use of the HACCP concept and additional treatment with natural antimicrobial substances.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Can, Op., Harun F. (2015). Shelf Life of Chicken Meat Balls Submitted to Sous Vide Treatment. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(2), 137–144
2. Bansal V., Siddiqui M.W., Rahman Sh. (2015). Minimally Processed Foods: Overview. In *Minimally Processed Foods. Technologies for Safety, Quality, and Convenience*. Chapter 1– P. 1–15. Switzerland: Food Engineering Series, 313 pages
3. Shin W.S., Moon G. — S., Park J. — H. (2014). Growth of *Clostridium perfringens* Spores Inoculated in Sous-vide Processed Korean Traditional Galbijim under Different Storage Conditions/ W.S. Shin, Moon G. — S., Park J. — H. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 505–509
4. Juneja V. K., Fan X., Pena-Ramos A., Diaz-Cinco M., Pacheco-Aguilar R. (2006). The effect of grapefruit extract and temperature abuse on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula in marinated, sous-vide chicken products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, 100–106
5. Sous vide. Food safety precautions for restaurants. NSW/FA/CP058/1207. [Electronic resource http://www.foodauthority.nsw.gov.au/_Documents/scienceandtechnical/sous_vide_food_safety_precautions.pdf/ Access date 16.02.2018]
6. Hesser, A. Under Pressure. *New York Times*. — August. 14, 2005. [Electronic resource <http://www.nytimes.com/2005/08/14/magazine/under-pressure.html?mcubz=1> / Access date 16.02.2018]
7. Rinaldi M., Dall'Asta Ch., Meli F.A., Morini E., Pellegrini N., Gatti M., Chiavaro E. (2013). Physicochemical and Microbiological Quality of Sous-Vide-Processed Carrots and Brussels Sprouts. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3076–3087
8. Ramane K., Galoburda R., Murniece I., Dukalska L. (2010). Physical-chemical evaluation of sous vide cooked parents stock hen and broiler breast meat during refrigerated storage. In *Research for Rural Development 2010: Annual 16th International scientific conference, Jelgava, Latvia*, 1, 159–162, Jelgava.: Latvia University of Agriculture
9. Tansey F.S. (2005). Sous Vide. Freezing Technology for Ready Meals/ Gormley T.R. In *Novel Food Processing Technologies*. Edited by Gustavo V. Barbosa-Canovas, Maria S. Tapia, M. Pilar Cano. — CRC Press, 720 pages, Chapter 22. P. 477–490.
10. Hoeche U. (2016). The Sous Vide Revolution: Coming Full Circle and Beyond. Dublin Gastronomy Symposium. *Food and Revolution*, 109–114
11. Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 15–30
12. Wang, S. H., Chang M. J., Chen T. C. (2004). Shelf-life and microbiological profiler of chicken wing products following sous vide treatment. *International Journal of Poultry Science*, 3 (5), 326–332
13. Diaz P., Nieto G., Garrido M. D., Banon S. (2008). Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80, 287–292
14. Roldan M., Antequera T., Martin A., Mayoral A. I., Ruiz J. (2013). Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93, 572–578
15. Remya, S., Mohan C.O., Ravishankar C.N., Srinivasa Gopal T.K., Venkateshwarlu G. (2015). Want to keep your fish fresh longer? Adopt Reduced Oxygen Packaging (ROP) Technologies. *Fishing Chimes*. 34 (11), 49–52
16. Fabiane de Moraes. (2016). Sous vide of bovine meat (muscle semitendinosus): effects of processing conditions and comparison with cook chill and conventional systems/Theses of Doctoral Dissertation. — Campinas, [Electronic resource <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/321384> / Access date 16.02.2018]

17. Soletska A., Krasota A. (2015). Prospects of applying vacuum technology in the manufacture of culinary poultry meat products. *Food and Environment Safety*, XV(1), 3–9
18. Pulgar J.S., Gazquez A., Ruiz-Carrascal J. (2012). Physicochemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90, 828–835
19. Soncu E. D., Haskaraca G., Kolsarici N. (2016). Microbiological, physicochemical, and sensorial characteristics of sous vide «Doner». 62 International Congress of Meat Science and Technology, 14–19 August 2016, Bangkok, Thailand, P 09–38
20. Hong G.E. (2015). Changes in Meat Quality Characteristics of the Sous-vide Cooked Chicken Breast during Refrigerated Storage/ Kim J.H., Ahn S.J., Lee C. — H. // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6), 757–764
21. Hyytiä-Trees E., Skyttä E., Morkkila M., Kinnunen A., Lindström M., Lähteenmäki L., Ahvenainen R., Korkeala H. (2000). Safety Evaluation of Sous-Vide-Processed Products with Respect to Non-proteolytic *Clostridium botulinum* by Use of Challenge Studies and Predictive Microbiological Models. *Applied And Environmental Microbiology*, 66(1), 223–229
22. Nyati, H. (2000). An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf life products. *Food Control*, 11(6), 471–476
23. Marth E. H. (1998). Extended Shelf Life Refrigerated Foods: Microbiological Quality and Safety. *Food Technology*, 52 (2), 57–62
24. Guidelines for restaurant sous vide cooking safety in British Columbia. (2016). Prepared by the Sous Vide Working Group, BC Centre for Disease Control. [Electronic resource http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/EH/FPS/Food/SVGuidelines_FinalforWeb.pdf / Access date 16.02.18]
25. Borch, E., Arinder P. (2002). Bacteriological safety issues in red meat and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Science*, 62, 381–390
26. Logan Niall A., De Vos Paul Bacillus. (2015). *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, Online © 2015 Bergey's Manual Trust. DOI: 10.1002/9781118960608.gbm00530. Published by John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust Electronic resource <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118960608.gbm00530/pdf> Access date 16.02.18]
27. McLauchlin J., Rees Catherine E. D. (2015). *Listeria* // *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, Online © 2015 Bergey's Manual Trust. DOI: 10.1002/9781118960608.gbm00547. Published by John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.
28. Костенко, Ю.Г. (2015). Руководство по санитарно-микробиологическим основам и предупреждению рисков при производстве и хранении мясной продукции. М, ТЕХНОСФЕРА.— 640 с. ISBN: 978–5–94836–418–6
29. Byrne B., Dunne G., Bolton D.J. (2006). Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiology*, 23, 803–808
30. Vajda K. (2015). Enhancement of the microbiological quality of sous-vide cook-chill food preservation system. Theses of Doctoral (PhD) Dissertation. — Mosonmagyaróvár,— 16 p.
31. Nissen H., Rosnes J.T., Brendehaugand J., Kleiberg G.H. (2002). Safety evaluation of sous vide-processed ready meals. *Letters in Applied Microbiology*, 35, 433–438
32. Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 of 15 November (2005) on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 338, 1–26.
33. Wang H., Badoni M., Zawadski S., McLeod B., Uttaro B., Yang X. (2017). Effects on beef microflora of a three-step sous-vide method. 63 International Congress of Meat Science and Technology.— 13th – 18th August, 2017, Cork, Ireland. 484 p.
34. Leistner L. Gould G.W. (2002). Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety and quality. New York: Kluwer Academic. Plenum Publishers, 194 p.
35. Bolton D. J. (1998). The microbiological safety and quality of foods processed by the «sous vide» system as a method of commercial catering. Teagasc, Project Armis No. 4031, Final Report
36. Gouveia A.R., Alves M., Silva J. A., Saraiva C. (2016). The Antimicrobial Effect of Rosemary and Thyme Essential Oils Against *Listeria monocytogenes* in Sous Vide Cook-Chill Beef During Storage. *Procedia Food Science*, 7, 173–176
37. Khansole P.S. (2016). Effect of rosemary diterpene phenols on the quality and storage stability of sous vide cooked chicken sausage. Thesis submitted to the Sri P.V.Narsimha Rao Telangana State University for Veterinary, Animal and Fishery Sciences, Hyderabad, in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of veterinary science (livestock products technology). Hyderabad. 161 p.
38. Cosansu S., Mol S., Alakavuk D. U., Ozturan S. (2013). The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of Sous Vide Packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). *Food and Bioprocess Technology*, 6, 283–289

REFERENCES

1. Can, Op., Harun F. (2015). Shelf Life of Chicken Meat Balls Submitted to Sous Vide Treatment. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(2), 137–144
2. Bansal V., Siddiqui M.W., Rahman Sh. (2015). Minimally Processed Foods: Overview. In *Minimally Processed Foods. Technologies for Safety, Quality, and Convenience*. Chapter 1– P. 1–15. Switzerland: Food Engineering Series, 313 pages
3. Shin W.S., Moon G. — S., Park J. — H. (2014). Growth of *Clostridium perfringens* Spores Inoculated in Sous-vide Processed Korean Traditional Galbijjim under Different Storage Conditions/ W.S. Shin, Moon G. — S., Park J. — H. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 505–509
4. Juneja V. K., Fan X., Pena-Ramos A., Diaz-Cinco M., Pacheco-Aguilar R. (2006). The effect of grapefruit extract and temperature abuse on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula in marinated, sous-vide chicken products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, 100–106
5. Sous vide. Food safety precautions for restaurants. NSW/FA/CP058/1207. [Electronic resource http://www.foodauthority.nsw.gov.au/_Documents/scienceandtechnical/sous_vide_food_safety_precautions.pdf / Access date 16.02.2018]
6. Hesser, A. Under Pressure. *New York Times*. — August. 14, 2005. [Electronic resource <http://www.nytimes.com/2005/08/14/magazine/under-pressure.html?mcubz=1> / Access date 16.02.2018]
7. Rinaldi M., Dall'Asta Ch., Meli F.A., Morini E., Pellegrini N., Gatti M., Chiavaro E. (2013). Physicochemical and Microbiological Quality of Sous-Vide-Processed Carrots and Brussels Sprouts. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3076–3087
8. Ramane K., Galoburda R., Murniece I., Dukalska L. (2010). Physical-chemical evaluation of sous vide cooked parents stock hen and broiler breast meat during refrigerated storage. In *Research for Rural Development 2010: Annual 16th International scientific conference*, Jelgava, Latvia, 1, 159–162, Jelgava: Latvia University of Agriculture
9. Tansey F.S. (2005). Sous Vide. Freezing Technology for Ready Meals/ Gormley T.R. In *Novel Food Processing Technologies*. Edited by Gustavo V. Barbosa-Canovas, Maria S. Tapia, M. Pilar Cano. — CRC Press, 720 pages, Chapter 22. P. 477–490.
10. Hoeche U. (2016). The Sous Vide Revolution: Coming Full Circle and Beyond. Dublin Gastronomy Symposium. *Food and Revolution*, 109–114
11. Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 15–30
12. Wang, S. H., Chang M. J., Chen T. C. (2004). Shelf-life and microbiological profiler of chicken wing products following sous vide treatment. *International Journal of Poultry Science*, 3 (5), 326–332
13. Diaz P., Nieto G., Garrido M. D., Banon S. (2008). Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80, 287–292
14. Roldan M., Antequera T., Martin A., Mayoral A. I., Ruiz J. (2013). Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93, 572–578
15. Remya, S., Mohan C.O., Ravishankar C.N., Srinivasa Gopal T.K., Venkateswarlu G. (2015). Want to keep your fish fresh longer? Adopt Reduced Oxygen Packaging (ROP) Technologies. *Fishing Chimes*. 34 (11), 49–52
16. Fabiane de Moraes. (2016). Sous vide of bovine meat (muscle semitendinosus): effects of processing conditions and comparison with cook chill and conventional systems/Theses of Doctoral Dissertation. — Campinas, [Electronic resource <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/321384> / Access date 16.02.2018]
17. Soletska A., Krasota A. (2015). Prospects of applying vacuum technology in the manufacture of culinary poultry meat products. *Food and Environment Safety*, XV(1), 3–9

18. Pulgar J.S., Gazquez A., Ruiz-Carrascal J. (2012). Physicochemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90, 828–835
19. Soncu E. D., Haskaraca G., Kolsarici N. (2016). Microbiological, physicochemical, and sensorial characteristics of sous vide «Doner». 62 International Congress of Meat Science and Technology, 14–19 August 2016, Bangkok, Thailand, P 09–38
20. Hong G.E. (2015). Changes in Meat Quality Characteristics of the Sous-vide Cooked Chicken Breast during Refrigerated Storage/ Kim J.H., Ahn S.J., Lee C. — H. // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6), 757–764
21. Hyttiä-Trees E., Skyttä E., Morkkila M., Kinnunen A., Lindström M., Lähteenmäki L., Ahvenainen R., Korkeala H. (2000). Safety Evaluation of Sous Vide-Processed Products with Respect to Non-proteolytic *Clostridium botulinum* by Use of Challenge Studies and Predictive Microbiological Models. *Applied And Environmental Microbiology*, 66(1), 223–229
22. Nyati, H. (2000). An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf life products. *Food Control*, 11(6), 471–476
23. Marth E. H. (1998). Extended Shelf Life Refrigerated Foods: Microbiological Quality and Safety. *Food Technology*, 52 (2), 57–62
24. Guidelines for restaurant sous vide cooking safety in British Columbia. (2016). Prepared by the Sous Vide Working Group, BC Centre for Disease Control. [Electronic resource http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/EH/FPS/Food/SVGuidelines_FinalforWeb.pdf / Access date 16.02.18]
25. Borch, E., Arinder P. (2002). Bacteriological safety issues in red meat and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Science*, 62, 381–390
26. Logan Niall A., De Vos Paul Bacillus. (2015). *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, Online © 2015 Bergey's Manual Trust. DOI: 10.1002/9781118960608.gbm00530. Published by John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust Electronic resource <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118960608.gbm00530/pdf> Access date 16.02.18]
27. McLauchlin J., Rees Catherine E. D. (2015). *Listeria* // *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, Online © 2015 Bergey's Manual Trust. DOI: 10.1002/9781118960608.gbm00547. Published by John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.
28. Kostenko Yu. G. (2015). Guideline of sanitary microbiological principles and prevention of risks upon meat product production and storage. Moscow: TEKHNOFERA.—640 p. ISBN: 978–5–94836–418–6. (in Russian).
29. Byrne B., Dunne G., Bolton D.J. (2006). Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiology*, 23, 803–808
30. Vajda K. (2015). Enhancement of the microbiological quality of sous-vide cook-chill food preservation system. Theses of Doctoral (PhD) Dissertation. — Mosonmagyaróvár,— 16 p.
31. Nissen H., Rosnes J.T., Brendehaugand J., Kleiberg G.H. (2002). Safety evaluation of sous vide-processed ready meals. *Letters in Applied Microbiology*, 35, 433–438
32. Commission Regulation (EC) No. 2073/2005 of 15 November (2005) on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 338, 1–26.
33. Wang H., Badoni M., Zawadski S., McLeod B., Uttaro B., Yang X. (2017). Effects on beef microflora of a three-step sous-vide method. 63 International Congress of Meat Science and Technology.— 13th – 18th August, 2017, Cork, Ireland. 484 p.
34. Leistner L. Gould G.W. (2002). Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety and quality. New York: Kluwer Academic. Plenum Publishers, 194 p.
35. Bolton D. J. (1998). The microbiological safety and quality of foods processed by the «sous vide» system as a method of commercial catering. Teagasc, Project Armis No. 4031, Final Report
36. Gouveia A.R., Alves M., Silva J. A., Saraiva C. (2016). The Antimicrobial Effect of Rosemary and Thyme Essential Oils Against *Listeria monocytogenes* in Sous Vide Cook-Chill Beef During Storage. *Procedia Food Science*, 7, 173–176
37. Khansole P.S. (2016). Effect of rosemary diterpene phenols on the quality and storage stability of sous vide cooked chicken sausage. Thesis submitted to the Sri P.V.Narsimha Rao Telangana State University for Veterinary, Animal and Fishery Sciences, Hyderabad, in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of veterinary science (livestock products technology). Hyderabad. 161 p.
38. Cosansu S., Mol S., Alakavuk D. U., Ozturan S. (2013). The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of Sous Vide Packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). *Food and Bioprocess Technology*, 6, 283–289

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Фофанова Татьяна Сергеевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН
109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: +7-495-676-61-01
E-mail: t.fofanova@fncps.ru

Критерии авторства

Автор написал рукопись и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Поступила 24.01.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Tatyana S. Fofanova — candidate of technical sciences, senior research scientist, V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences
109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: +7-495-676-61-01
E-mail: t.fofanova@fncps.ru

Contribution

The author wrote the manuscript, and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest

Received 24.01.2018