

БАРООБРАБОТКА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА МЯСНОГО СЫРЬЯ С НЕХАРАКТЕРНЫМ ХОДОМ АВТОЛИЗА

Е. В. САМОХВАЛОВА, аспирант,
Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75)

С. Л. ТИХОНОВ
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
Н. В. ТИХОНОВА

доктор технических наук, доцент, профессор,
Уральский государственный экономический университет
(620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 62)

О. В. ЕВДОКИМОВА, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой,
Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева
(302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95)

Ключевые слова: обработка высоким давлением, мясо, срок годности.

Охлажденное мясо с признаками DFD, в силу высокой ВСС и pH, неустойчиво к микробиологической порче при хранении. Одним из перспективных способов увеличения срока хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе, мяса с нехарактерным ходом автолиза является обработка его высоким давлением. Проведены исследования по определению рациональных режимов обработки мяса с признаками DFD высоким давлением и проектирование устройства для его барообработки. Для эксперимента сформировали три группы образцов мяса говядины с DFD – свойствами массой 500 г по 5 в каждой, упакованного в вакуумную упаковку. Образцы мяса контрольной группы давлением не обрабатывали, мясо второй группы обрабатывали давлением в 800 МПа в течение 5 минут, третьей – давлением 1000 МПа в течение 5 минут с помощью экспериментальной установки гидростат. Мясо хранили при температуре от 0 до +4 °С. В результате проведенных исследований установлено, что образцы мяса второй и третьей группы через 60 суток холодильного хранения по органолептическим показателям соответствовали свежему мясу с признаками DFD. Установлено, что КМАФАнМ и дрожжей в контрольных образцах мяса через 60 суток превышает требования технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Все исследуемые микробиологические показатели мяса опытных групп после 60 суток холодильного хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011. Перекисное число в контрольных образцах мяса через 60 суток хранения составляет 0,09 миллимоль активного кислорода на 1 кг, в то время как в образцах мяса второй и третьей опытной групп 0,01 и 0,02, соответственно. Увеличение давления до 1000 МПа усиливает окислительные процессы в продукте. Результаты исследований косвенно подтверждают изменение антиоксидантной активности (АОА) мяса при его обработке давлением. АОА активность образцов мяса второй и третьей опытной групп составила 0,37 и 0,35, в контрольных образцах 0,23 моль экв./дм³. Следовательно, наиболее рациональным режимом обработки охлажденного мяса в вакуумной оболочке следует считать: 800 МПа в течение 5 минут. По результатам исследований спроектировано устройство, предназначенное для обработки мяса высоким давлением.

PRESSURE PROCESSING AS THE FACTOR OF ENSURING QUALITY OF RAW MEAT WITH UNCHARACTERISTIC AUTOLYSIS DEVELOPMENT

E. V. SAMOKHVALOVA, graduate student,
Southern Ural State Agrarian University
(75 Lenin Ave, 454080, Chelyabinsk)

S. L. TIKHONOV, doctor of engineering, professor, head of the department,
N. V. TIKHONOVA, doctor of engineering, associate professor, professor,
Ural State Economic University

(62 8 Marta Str., 620144, Ekaterinburg)

O. V. EVDOKIMOVA, doctor of engineering, professor, head of the department,
Orel State University of I. S. Turgenev
(95 Komsomolskaya Str., 302026, Orel)

Keywords: high pressure processing, the meat shelf life.

Chilled meat with signs of DFD, because of the high VSS and pH, is unstable to microbial spoilage during storage. One of the promising ways to increase the shelf life of food raw materials and food products, including meat from an uncharacteristic course of autolysis is the treatment of its high pressure. The study on the definition of rational modes of processing of meat with signs DFD high pressure and design of the device for its pressure processing. For the experiment three groups of samples of beef with DFD were formed – the properties of mass 500 g for 5 each, packed in vacuum packaging. Samples of meat of the control group pressure was not treated, the meat of the second group was treated with a pressure of 800 MPa for 5 minutes, and the third a pressure of 1000 MPa for 5 minutes using the experimental setup humidistat. Meat stored at temperatures from 0 to +4 °C. As a result of researches it is established that samples of meat of the second and third groups after 60 days of cold storage on organoleptic indicators meet the fresh meat with signs of DFD. It is established that QMA&OAMO and yeast in the control samples of meat after 60 days which exceeds the requirements of the technical regulations of the Customs Union “On safety of food products” (CU TR 021/2011). All the studied microbiological indicators of meat of the experimental groups after 60 days of refrigerated storage consistent with the requirements of TR CU 021/2011. Peroxide value in the control beef samples after 60 days of storage is 0.09 millimole of active oxygen per 1 kg, while in samples of meat of the second and third experimental groups, 0.01, and 0.02, respectively. The increase of pressure up to 1000 MPa enhances the oxidative processes in the product. The research results are indirectly confirmed by the change of antioxidant activity (AOA) of meat at its processing pressure. AOA activity of the samples of meat of the second and third experimental groups was 0.37 and 0.35 in the control samples of 0.23 mol EQ./dm³. Therefore, the most rational mode of treatment of chilled meat vacuum wrapper should be considered: 800 MPa for 5 minutes. The results of studies designed device intended for processing of meat by high pressure.

Положительная рецензия представлена И. Ю. Резниченко, доктором технических наук, профессором,
заведующей кафедрой товароведения и управления качеством
Кемеровского технологического института пищевой промышленности.

Одной из проблем отечественной мясной отрасли в настоящее время является нестабильное качество мясного сырья – наличие мяса с DFD и PSE-свойствами. Для мяса DFD характерны низкие органолептические показатели, в частности, темный, почти коричневый цвет, высокая водосвязывающая способность (ВСС) и величина pH (более 6,4). Мясо PSE отличается светлой, бледной окраской и низкой pH – 5,4. Охлажденное мясо с признаками DFD, в силу высокой ВСС и pH, неустойчиво к микробиологической порче при хранении. Для регуляции функционально-технологических характеристик такого мясного сырья в рецептуре мясопродуктов используют различные комплексные пищевые добавки, с целью увеличения срока годности применяют различные упаковки с модифицированной газовой средой (МГС) и вакуумом, способствующие снижению микробиологической порче продукта [1].

Но вместе с тем МГС-упаковка не решает проблему хранения охлажденного мяса с DFD-свойствами, так содержание кислорода в количестве 80 % и более инициирует окислительные процессы липидов и приводит к образованию нежелательных привкусов и ухудшает консистенцию продукта.

Одним из перспективных способов увеличения срока хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе, мяса с нехарактерным ходом автолиза является обработка его высоким давлением [2–5], что позволяет обеспечить гибель микроорганизмов как на поверхности так внутри мышечной ткани, путем разрыва клеточной мембраны и разрушения органоидов микробной клетки [6–9]. Но вместе с тем необходимо установить рациональный режим обработки мяса, позволяющий предупредить денатурационные процессы, сохранить его структуру и не спровоцировать процессы окисления липидов.

Цель и методика исследований. Целью исследований является определение рациональных режимов обработки мяса с признаками DFD высоким давлением и проектирование устройства для его барообработки.

Объекты исследований: Для эксперимента сформировали три группы образцов мяса говядины с DFD – свойствами массой 500 г по 5 в каждой, упакованного в вакуумную упаковку. Образцы мяса контрольной группы давлением не обрабатывали, мясо второй группы обрабатывали давлением в 800 МПа в течение 5 минут, третьей – давлением 1000 МПа в течение 5 минут с помощью экспериментальной установки гидростат в НИИ физики металлов Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург). Исследование качества мяса в процессе хранения проводили на базе кафедр пищевой инженерии, физики и химии УрГЭУ (г. Екатеринбург) по общепринятым методикам, описанных в действующей нормативной документации. Мясо хранилось при температуре от 0 до +4 °С.

Результаты исследований обрабатывали математически с использованием коэффициента Стьюдента.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований установлено, что образцы мяса второй и третьей группы через 60 суток холодильного хранения по органолептическим показателям соответствовали свежему мясу с признаками DFD. Цвет темно-красный, мышцы на разрезе слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге, консистенция плотная и упругая, ямка, образующаяся при надавливании пальцем быстро выравнивается. Мясо имеет запах, свойственный говядине, бульон ароматный и прозрачный. Образцы мяса контрольной группы серовато-коричневого цвета, имеют дряблую консистенцию и кислый запах. Бульон при варке мяса мутный с неприятным запахом.

Таким образом, опытные образцы мяса с DFD-свойствами в вакуумной упаковке соответствовали по органолептическим показателям свежему мясу, в то время как контрольные отнесены к несвежему.

Проведены исследования микробиологических показателей мяса в процессе хранения. Установлено, что КМАФАнМ и дрожжей в контрольных образцах мяса через 60 суток составляет $3,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г и $5,1 \cdot 10^5$ КОЕ/г, соответственно, что превышает требования технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Все исследуемые микробиологические показатели мяса опытных групп после 60 суток холодильного хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011. Из анализа литературных данных следует, что обработка мяса высоким давлением может вызывать окислительную порчу продукта. В связи с этим, проведены исследования перексидного числа, изменение которого свидетельствует о активации процессов окисления. Установлено, что перексидное число в контрольных образцах мяса через 60 суток хранения составляет 0,09 миллимоль активного кислорода на 1 кг, в то время как в образцах мяса второй и третьей опытной групп 0,01 и 0,02, соответственно. Таким образом, увеличение давления до 1000 МПа усиливает окислительные процессы в продукте. Результаты исследований косвенно подтверждаются изменением антиоксидантной активности (АОА) мяса при его обработке давлением. АОА активность образцов мяса второй и третьей опытной групп составила 0,37 и 0,35, в контрольных образцах 0,23 моль экв./дм³.

В связи с тем, что зарубежное оборудование по обработке пищевых продуктов высоким давлением достаточно дорогостоящее, нами спроектировано отечественное оборудование для обработки мяса и других продуктов питания с целью увеличения его срока годности не уступающее по технологическим параметрам зарубежным аналогам. Схематично гидростат высокого давления представлен на рисунке.

Для его изготовления проведены прочностные расчеты гидроцилиндра камеры сжатия.

Прочностные расчеты гидроцилиндра сжатия гидростата высокого давления. Расчет давлений в гидроцилиндре сжатия гидростата.

Расчетное давление по условию прочности $P_{пр1}$, МПа

$$P_{пр1} = P_{1max} - P_{атм}, \quad (1)$$

где P_{1max} – максимальное избыточное давление внутри гидроцилиндра гидростата, МПа;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа.

К расчету принимаем $P_{1max} = 1200$ МПа; $P_{атм} = 0,1$ МПа.

Тогда расчетное давление по условию прочности согласно (1)

$$P_{пр1} = 1200 - 0,1 = 1199,9 \approx 1200 \text{ МПа.}$$

Так как давлений меньше атмосферного в гидроцилиндре гидростата не предполагается, то расчет камеры проводится только по условиям прочности.

Расчет толщины стенки гидроцилиндра по теории прочности. Цилиндр изготовлен из автофретированной высокопрочной стали марки О-АБ.

Проектная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия, S_1 мм:

$$S_1 = S_{p1} + C_1, \quad (2)$$

где S_{p1} – расчетная толщина стенки гидроцилиндра, мм;

C_1 – прибавка к расчетной толщине, учитывающая процесс коррозии материала, мм;

Прибавка к расчетной толщине, учитывающая процесс коррозии материала, C_1 мм

$$C_1 = A \cdot t, \quad (3)$$

где A – расчетная скорость коррозии материала конструкции, мм/год;

t – плановый срок службы гидростата, год.

К расчету принимаем $t = 10$ лет, $A = 0,005$ мм/год согласно стандарту на сосуды и аппараты под давлением.

$$C_1 = 0,005 \cdot 10 = 0,05 \text{ мм/год.}$$

Расчетная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия, S_{p1} мм

$$S_{p1} = \max\{S_{n1}; S_{y1}\}, \quad (4)$$

В качестве расчетной толщины стенки гидроцилиндра выбирается наибольшая из полученных значений по условиям прочности, S_{n1} мм, и устойчивости, S_{y1} мм.

Так как расчет по условиям устойчивости не проводится, то $S_{p1} = S_{n1}$.

Расчетный радиус гидроцилиндра камеры сжатия по условиям прочности, R_k см

$$R_k = R_0 \sqrt{\frac{\sigma_p + 0,4P_y}{\sigma_p - 1,3P_y}}, \quad (5)$$

где R_0 – внутренний радиус корпуса гидроцилиндра, достаточный для размещения в нем образцов

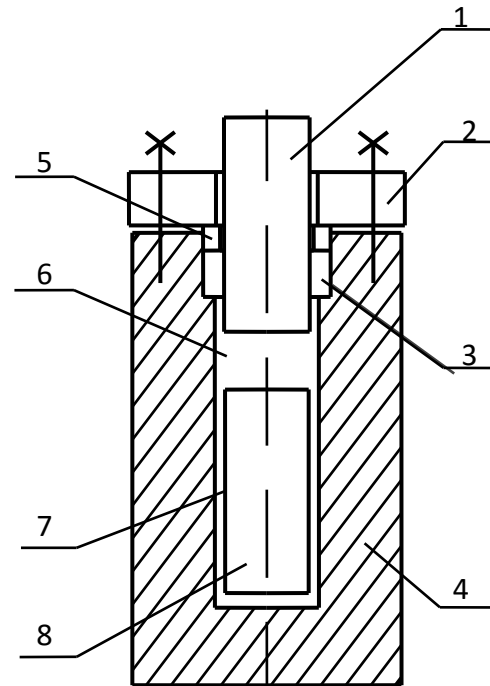


Рис. 1. Схематическое устройство гидростата высокого давления для обработки объектов жидкостью в условиях всестороннего сжатия.

1 – пуансон; 2 – фланец; 3 – уплотнение; 4 – рабочая камера; 5 – шайба; 6 – рабочая жидкость; 7 – оболочка; 8 – объект исследования (продукт).

Fig. 1. Schematical device of a hydrostat of high pressure for processing of objects liquid in the conditions of all-round compression. 1 – punch; 2 – flange; 3 – multiplexing; 4 – working camera; 5 – washer; 6 – working liquid; 7 – jacket; 8 – object of a research (product).

пищевых продуктов и полуфабрикатов. Принимаем $R_0 = 100$ мм;

σ_p – допустимое напряжение на растяжение материала корпуса, Для автофретированной высокопрочной стали О-АБ $\sigma_p \geq 50$ МПа;

P_y – расчетное давление рабочей жидкости ($P_y = 1,2P_p$);

$$P_y = 1,2 \cdot 1200 = 1440 \text{ МПа.}$$

$$R_k = 10 \sqrt{\frac{5000 + 0,4 \cdot 1440}{5000 - 1,3 \cdot 1440}} = 13,35 = 14 \text{ см.}$$

Расчетная толщина стенки гидроцилиндра, S_{n1} см

$$S_{n1} = R_k - R_0 \quad (6)$$

$$S_{n1} = 14 - 10 = 4 \text{ см} = 40 \text{ мм.}$$

Проектная толщина стенки гидроцилиндра камеры сжатия, S_1 , мм

$$S_1 = 40 + 0,05 = 40,5 \text{ мм}$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного $S_1 = 42$ мм. Проведенные расчеты позволяют приступить к проектированию гидростата высокого давления для обработки пищевых продуктов в условиях всестороннего сжатия.

В результате проведенных исследований органолептических, микробиологических показателей, процессов окислительной порчи и антиоксидантной активности охлажденного мяса в вакуумной оболоч-

ке, установлено, что обработка его высоким давлением в 800 и 1000 МПа в течение 5 мин увеличивает его срок хранения до 60 суток и более хранения. Все исследуемые показатели свежести, микробиологической безопасности мяса обработанного высоким давлением соответствовали требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Установлено, что увеличение давления с 800 до 1000 МПа при

обработке мяса с отклонениями в процессе автолиза может инициировать процессы окисления продукта. Следовательно, наиболее рациональным режимом обработки охлажденного мяса с DFD-свойствами в вакуумной оболочке следует считать: 800 МПа в течение 5 минут. По результатам исследований спроектировано устройство, предназначенное для обработки мяса и других пищевых продуктов высоким давлением.

Литература

1. Кудряшов Л. С., Ваганов Е. Г., Шихалев С. В., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Стрессоустойчивость и качество мяса цыплят-бройлеров // *Мясная индустрия*. 2015. № 7. С. 44–47.
2. Saiz A. H., Mingo S. T., Balda F. P., Samson C. T. Advances in design for successful commercial high pressure food processing // *Food Australia*. 2008. Vol. 60. № 4. P. 154–156.
3. Hayman M., Baxter I., Oriordan P. J., Stewart C. M. Effects of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats // *Journal of Food Prot.* 2004. Vol. 67. № 8. P. 1709–1718
4. Margosch D., Ehrmann M. A., Buckow R., Heinz V., Vogel R. F., Gänzle M. G. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature // *Applied and Environmental Microbiology*. 2006. Vol. 72. № 5. P. 3476–3481
5. Matser A. M., Krebbers B., Berg, R. W., Bartels P. V. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products // *Trends in Food Science and Technology*. 2004. Vol. 15. № 2. P. 79–85
6. Margosch D., Ehrmann M. A., Buckow R., Heinz V., Vogel R. F., Gänzle M. G. 2006. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature // *Applied and Environmental Microbiology*. 2006. Vol. 72. № 5. P. 3476–3481
7. Rastogi N. K., Raghavarao K. S., Balasubramaniam V. M., Niranjan K., Knorr D. Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods. Taylor & Francis Group, 2010. P. 69–112.
8. Turek E. J., Farkas D., Balasubramaniam V. M. Preserving foods by destroying pathogenic and spoilage organisms while keeping food chemistry basically intact, high-pressure technology enables pasteurization of foods with minimal effects on taste, texture, appearance, or nutritional value // *Food Technology*. 2008. P. 32–38.
9. Винникова Л. Г., Прокопенко И. А. Применение высокого давления в качестве альтернативы тепловой обработки мяса птицы // *Восточно-Европейский Журнал Передовых Технологий*. 2015. № 10. С. 31–36.

References

1. Kudryashov L. S., Vaganov E. G., Shikhalev S. V., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Stress-resistance and quality of meat of broilers // *Meat industry*. 2015. № 7. P. 44–47.
2. Saiz A. H., Mingo S. T., Balda F. P., Samson C. T. Advances in design for successful commercial high pressure food processing // *Food Australia*. 2008. Vol. 60. № 4. P. 154–156.
3. Hayman M., Baxter I., Oriordan P. J., Stewart C. M. Effects of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats // *Journal of Food Prot.* 2004. Vol. 67. № 8. P. 1709–1718
4. Margosch D., Ehrmann M. A., Buckow R., Heinz V., Vogel R. F., Gänzle M. G. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature // *Applied and Environmental Microbiology*. 2006. Vol. 72. № 5. P. 3476–3481
5. Matser A. M., Krebbers B., Berg, R. W., Bartels P. V. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products // *Trends in Food Science and Technology*. 2004. Vol. 15. № 2. P. 79–85
6. Margosch D., Ehrmann M. A., Buckow R., Heinz V., Vogel R. F., Gänzle M. G. 2006. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature // *Applied and Environmental Microbiology*. 2006. Vol. 72. № 5. P. 3476–3481
7. Rastogi N. K., Raghavarao K. S., Balasubramaniam V. M., Niranjan K., Knorr D. Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods. Taylor & Francis Group, 2010. P. 69–112.
8. Turek E. J., Farkas D., Balasubramaniam V. M. Preserving foods by destroying pathogenic and spoilage organisms while keeping food chemistry basically intact, high-pressure technology enables pasteurization of foods with minimal effects on taste, texture, appearance, or nutritional value // *Food Technology*. 2008. P. 32–38.
9. Vinnikova L. G., Prokopenko I. A. Use of high pressure as an alternative thermal treatment of fowl // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. № 10. P. 31–36.