

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОСОЛА МЯСА ПТИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИОННО АКТИВИРОВАННЫХ ЖИДКИХ СРЕД

И.Ю. Потороко, Л.А. Цирульниченко

В статье рассмотрен процесс посола мяса птицы как одним из наиболее значимых операций технологического цикла производства полуфабрикатов. Авторы дают теоретические аспекты классических методов посола и рассматривают факторы, оказывающие определяющее влияние на качество готовых изделий. Большое внимание уделено внешним факторам, обусловленным свойствами внешней среды, а именно: концентрация, состав и температура рассола, скорость движения рассола и его чистота (количество примесей в поваренной соли); предварительная обработка мяса птицы (глубина автолитических процессов, действие высоких и низких температур, механическая обработка), а также различные химические, биохимические и физические и другие воздействия. Кроме того, уделено внимание внутренним факторам, обусловленным свойствами внутренней среды (мясо): первоначальная структура, морфологический и химический состав мяса, pH, температура и другие.

В статье проведен анализ основных направлений интенсификации процесса посола. Как один из перспективных электрофизических методов авторами более подробно рассмотрено воздействие акустических колебаний, а именно возникающие при этом эффекты кавитации, т. е. использование кавитационно-активированной воды на этапах хранения и переработки мясного сырья. Суть организации рассматриваемого авторами процесса приготовления активированных электролитов – в первичной ультразвуковой обработке воды и последующим смешиванием с ней остальных компонентов рассола и последующее внесение в мясное сырье.

Авторами экспериментально получены данные, дана оценка перспектив использования эффектов кавитации в технологии посола мяса птицы и даны практические рекомендации по совершенствованию существующих технологий.

Ключевые слова: посол, интенсификация, мясо птицы, электрофизическое воздействие, ультразвук, эффекты кавитации.

Посол является одной из наиболее значимых операций технологического цикла производства полуфабрикатов из мяса птицы и представляет собой сложную совокупность различных по своей природе процессов: массообмен (накапливание в мясном сырье в необходимых количествах компонентов посолочной смеси и их равномерное перераспределение по всему объему продукта), переход водорастворимых веществ мяса в водную фракцию рассола; гидролиз белковых структур и других нутриентов мяса, изменения влажности и водосвязывающей способности мясного сырья, которые также сопровождаются изменением массы; изменения микроструктуры продукта в связи с развитием ферментативных процессов в присутствии посолочных веществ, а также за счет механических воздействий; образование вкуса и аромата в результате развития ферментативных процессов и использования вкусовых веществ

и ароматизаторов в составе посолочных смесей; стабилизация окраски продукта [1–3].

Среди классических методов посола выделяют сухой, мокрый и смешанный. В теоретическом плане их изучения процесс сводится к мокрому посолу. Массообменные процессы между посолочными веществами и растворимыми нутриентами продукта любого метода сводятся к системе рассол–мясо.

К факторам системы рассол–мясо, оказывающим определяющее влияние на качество готовых изделий, относят:

– внешние факторы (обусловленные свойствами внешней среды): концентрация, состав и температура рассола, скорость движения рассола и его чистота (количество примесей в поваренной соли); предварительная обработка мяса птицы (глубина автолитических процессов, действие высоких и низких температур, механическая обработка), а также различные химические, биохимические и физические и другие воздействия;

– обусловленные свойствами внутренней среды (мясо): первоначальная структура, морфологический и химический состав мяса, рН, температура и другие.

Процесс накопления посолочных веществ в тканях при традиционном мокром посоле по своей физико-химической сущности относится к диффузионным процессам и представляет собой перемещение посолочных веществ в гетерогенной системе рассол–мясо.

Следовательно, этот процесс должен представлять собой проникновение молекул одного вещества в другое вещество с последующим самопроизвольным выравниванием концентрации молекул этих веществ в обеих фазах, то есть в диффузии, эффективность которой в целом определяется принципом Ле Шателье-Брауна – если на систему, находящуюся в условиях равновесия, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия, то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешних воздействий.

Движущей силой процесса посола является разность концентраций соли в системе рассол–продукт. Все факторы, воздействие которых приводит к повышению концентрации соли на поверхности продукта, катализируют этот процесс [4].

Анализ исследований, проводимых современными учеными в данной области, позволяет выделить основные направления интенсификации процесса посола (рис. 1).

Одним из перспективных электрофизических методов является воздействие акустических колебаний. Применение ультразвукового воздействия представляет немалый интерес с точки зрения их влияния на физико-химические и другие свойства сырья и готовой продукции в пищевой и перерабатывающей промышленности.

Известно, что воздействие ультразвука (УЗ) на химико-технологические процессы осуществляется через эффекты первого порядка и второго порядка. К эффектам первого порядка относят частоту, интенсивность и скорость акустических колебаний. К эффектам второго порядка относят нелинейные эффекты, развивающиеся в жидкости при распространении мощных акустических – кавитация (разрыв сплошности жидкости), акустические течения (звуковой ветер), пульсация газовых пузырьков и т. п.

Использование кавитационно-активированной воды на этапах хранения и переработки сельскохозяйственного сырья позволяет достичь интенсификации процессов массопереноса, существенно катализирует биохимические процессы, протекающие в нем. Кроме того, научно-обоснованные параметры применения акустических колебаний в присутствии кавитации позволяет значительно улучшить микробиологические показатели объектов, подвергнутых обработке.

Учитывая высокую способность кавитационно-дезинтегрированной воды дислоцировать и растворять компоненты рассолов, в пищевой промышленности разработаны способы приготовления водных растворов электролитов [5–7]. Суть организации процесса приготовления активированных электролитов сводится к первичной ультразвуковой обработке воды и последующему смешиванию с ней остальных компонентов рассола. В такой воде ионы электролита приобретают плотные сольватные оболочки из свободных молекул воды, т. е. иммобилизуются ими, что препятствует их ассоциации.

Подобные способы производства электролитов увеличивают стойкость оборудования для ультразвуковой кавитации к эрозии и



Рис. 1. Способы интенсификации посола мяса

коррозии. Полученные подобным способом электролиты рекомендованы авторами [8] к использованию в технологических процессах посола сырья в технологии мясопродуктов. Активирование рассола при этом рекомендовано осуществлять при отношении максимальной внутри реактора амплитуды давления акустической волны в пределах от 2 до 23 к значению гидростатического давления в реакторе.

Наиболее перспективным и относительно новым способом акустического воздействия является кавитационная дезинтеграция, обладающая достаточно широким спектром положительного влияния на эффективность тех или иных процессов пищевой промышленности. Особый интерес в технологии пищевых продуктов представляет способность к гидратации биополимеров, а также выраженное бактерицидное действие таких кавитационно-активированных сред.

В публикациях имеются сведения об использовании кавитационно активированной воды и рассолов на ее основе для интенсификации процесса посола мяса. Исследования, проведенные В.М. Горбатовым и другими учеными в области применения активированных жидкостей в мясной отрасли, определили

основные направления их использования для производства соленых мясных изделий. Установлено, что применение рассолов на основе электроактивированной воды при производстве соленых мясопродуктов способствует более равномерному распределению посолочных ингредиентов, а также ускоряет физико-химические и биохимические процессы, происходящие при посоле мяса [4].

Однако данные о характере проникновения кавитационно активированных жидких сред в мышечную ткань мяса птицы практически полностью отсутствуют. Поэтому в рамках данной работы был изучен характер проникновения кавитационно активированных рассолов в мышечную ткань мяса птицы в стационарном режиме.

Ниже приведены результаты исследования и сравнительный анализ характера распределения посолочных веществ в грудной и бедренной мышце цыпленка-бройлера. Для проведения эксперимента были использованы рекомендации Борисенко применительно к мясным продуктам [4].

Из кускового сырья выделяли два образца кубической формы по 225 г каждый, заливали в соотношении 1:1 16 %-ными рассолами, приготовленными на основе кавитационно

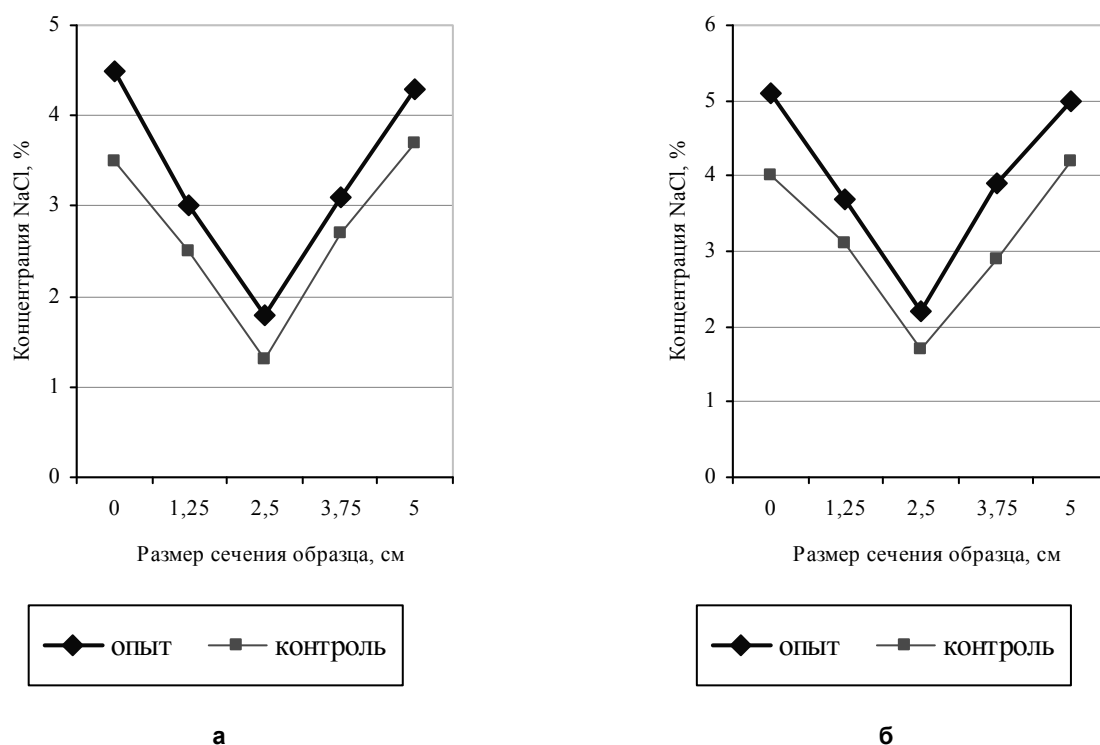


Рис. 2. Накопление поваренной соли в мясе цыпленка-бройлера в зависимости от вида рассола: а – грудная мышца, б – бедренная мышца

активированной (опыт) и питьевой воды (контроль).

По истечении 24 часов отбирали пробы из поверхностного, промежуточного и центрального слоев каждого образца для установления концентрации поваренной соли. Результаты (рис. 2) свидетельствуют о том, что характер проникновения NaCl зависит от вида мясного сырья и свойств рассолов.

При применении кавитационно активированных жидких сред (опыт) отмечается наибольшая степень накопления поваренной соли в мясном сырье.

Такой результат может быть объяснен описанными ранее эффектами ультразвукового воздействия, проявляющимися в жидких средах, в том числе способностью ультразвука повышать растворяющую и экстракционную способность воды в составе активированных жидких сред и, как следствие, катализировать диффузию соли в систему пор и капилляров, пронизывающих ткани.

В условиях перемешивания основное сопротивление диффузионному потоку в рассоле оказывает диффузионный пограничный слой, лежащий на границе раздела системы. Ускорение движения рассола и переход от ламинарного потока к турбулентному влечет за собой уменьшение толщины пограничного слоя и, как следствие, увеличение скорости процесса.

Согласно некоторым данным [9, 10], на процесс растворения оказывает влияние значительное звуковое давление, которое способствует проникновению жидкости в трещины и капилляры. Также ультразвук с большой интенсивностью вызывает звуковой ветер, быстрые течения и образует кавитационные эффекты, в совокупности определяющие ускорение процесса растворения.

Воздействие ультразвука на жидкую среду позволяет снизить значение динамической вязкости полярных жидкостей; одновременно увеличиваются в размерах микротрещины и поры, образующие твердую фазу за счет турбулизации микропотоков.

На основе результатов исследования можно предположить, что применение приготовленных под воздействием кавитации рассолов в технологии полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров должно позволить:

– увеличить выход готового продукта и сократить содержание влагоудерживающих добавок;

– ускорить проникновение посолочных веществ в мясное сырье и способствовать экстрагированию из него водо- и солерастворимых белков, тем самым интенсифицировать технологический процесс.

Было установлено, что интенсификация процесса посола при использовании активированных жидких систем более выражена относительно контрольных образцов.

В целом наблюдается рост значения показателя влагоудерживающей способности (ВУС). На первой стадии посола показатель ВУС составил для опытных образцов фаршей, изготовленных из охлажденного сырья – 82 %; для фаршей из замороженного МЦБ – 80 %; для образцов фаршей, выработанных из дефростированного сырья – 75 %, что несколько ниже контрольных образцов лишь на 3, 2 и 5 % соответственно.

Однако за счет активного упрочнения структуры фаршей на основе активированных жидких систем их ВУС быстро увеличивается в процессе посола, потери влаги минимизируются уже через 3 часа выдержки (см. таблицу, рис. 3–5).

Таким образом, использование эффектов кавитации дает возможность сохранить до 90 % влаги по истечении 2 часов выдержки для фаршей на основе охлажденного и замороженного сырья и через 2,5 часов для фаршей из дефростированного сырья. У охлажденного и размороженного мяса растворимость миозина понижена, так как он удерживается в структуре ткани в комплексе с актином, поэтому данный вид сырья требует более продолжительного посола. Удержание актомиозина в структуре миофибрилл ослабляется вследствие внедрения ионов соли и молекул воды.

Причем необходимо отметить, что потери при термической обработке, которые имеют контрольные образцы фаршей по истечении 16 часов – 10–14 %, достигаются для опытных образцов уже через 3 часа (рис. 6).

Это позволяет рекомендовать сокращение данного этапа технологического цикла (посола) в 2 раза. Однако с целью достижения минимальных потерь при термической обработке и более высоких потребительских достоинств готовых продуктов рекомендуемый срок посола должен составить 2 часа для фаршей из охлажденного и замороженного мяса и 2,5 часа для дефростированного сырья.

Таким образом, экспериментально полученные данные позволяют позитивно оценить

Технологические свойства фаршей из МЦБ для производства рубленых полуфабрикатов типа «Нагетсы»

Термическое состояние сырья	Охлажденное	Подмороженное	Дефростированное
ВСС, % к общей влаге			
Опыт	82,2 ± 0,3	80,4 ± 0,2	75,3 ± 0,5
Контроль	85,1 ± 0,2	82,7 ± 0,5	80,5 ± 0,4
Δ	-2,9	-2,3	-5,2
ВСС, % к общей влаге (через 2 часа)			
Опыт	93,2 ± 0,2	92,7 ± 0,2	89,2 ± 0,2
Контроль	89,1 ± 0,2	89,1 ± 0,2	85,0 ± 0,2
Δ	+4,1	+3,6	+4,2

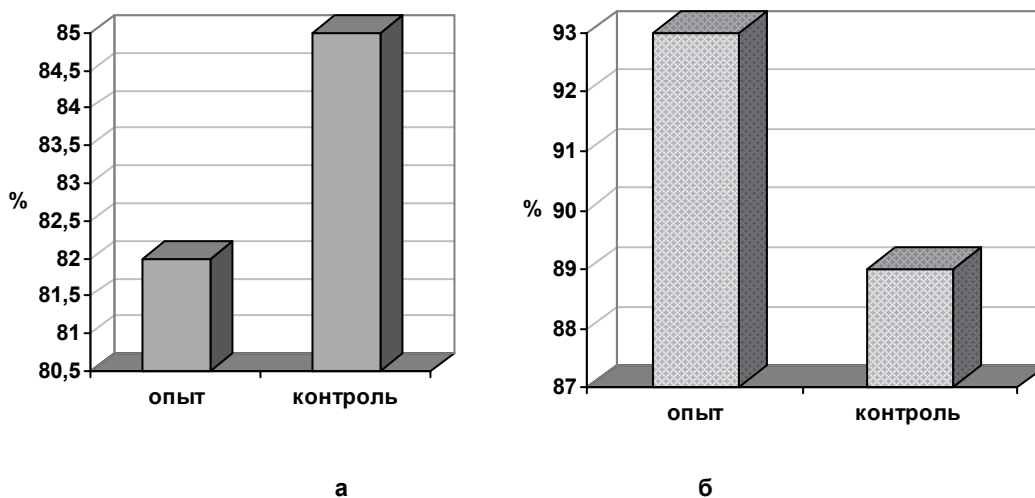


Рис. 3. Значение показателя ВУС фаршей из охлажденного МЦБ в начале посола (а) и по истечении 2 часов посола (б)

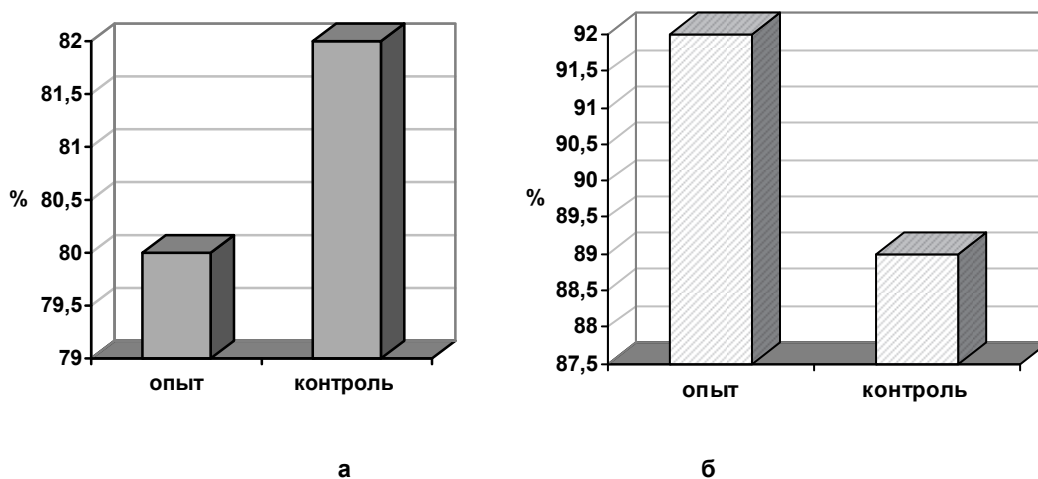


Рис. 4. Значение показателя ВУС фаршей из подмороженного МЦБ в начале посола (а) и по истечении 2 часов посола (б)

перспективы использования эффектов кавитации в технологии посола мяса птицы для производства полуфабрикатов и дать практи-

ческие рекомендации по совершенствованию существующих технологий.

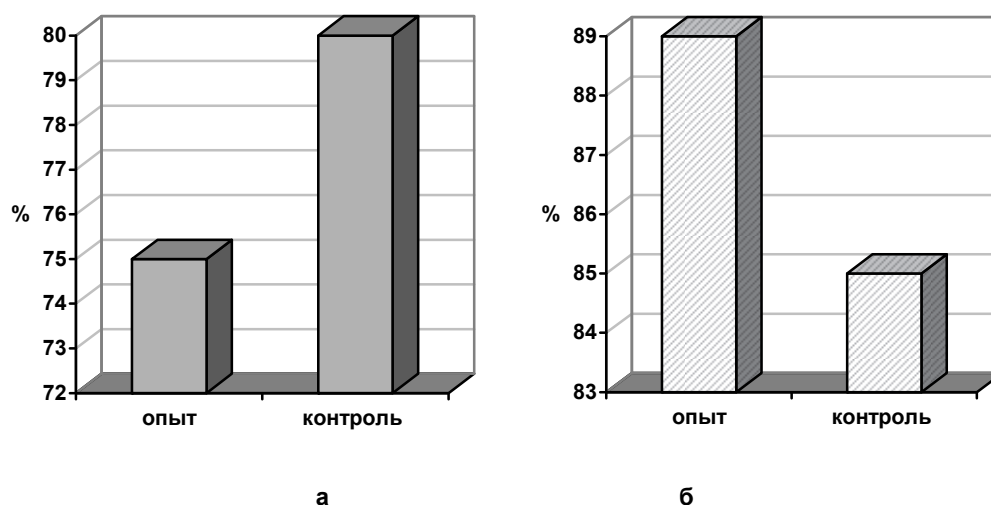


Рис. 5. Значение показателя ВУС фаршей из дефростированного МЦБ в начале посола (а) и по истечении 2 часов посола (б)

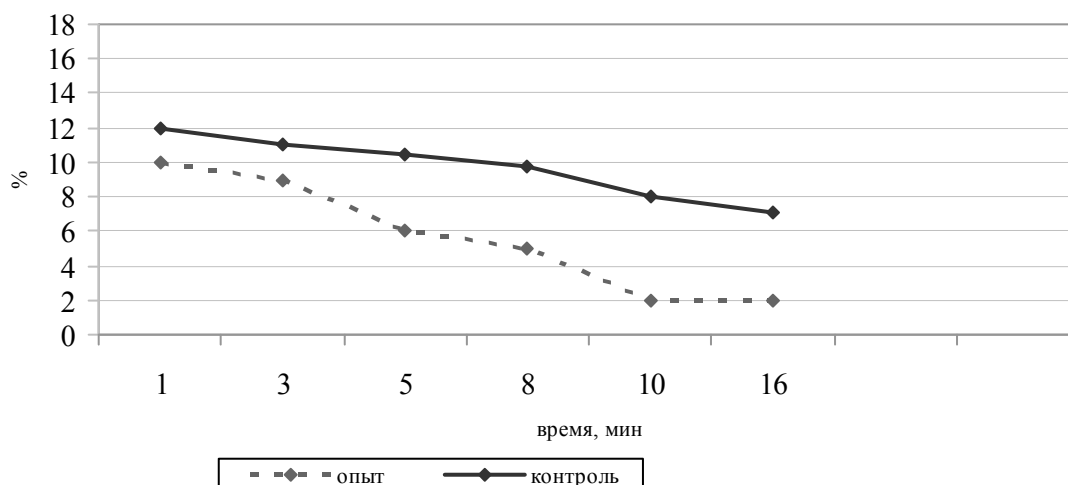


Рис. 6. Зависимость величины потерь при термической обработке от времени выдержки фаршей из мяса цыплят-бройлеров

Литература

1. Большаков, А.С. Совершенствование техники посола при производстве соленых продуктов из говядины, баранины, конины / А.С. Большаков, М.А. Эстебесов, А.Г. Забашта // *Мясная промышленность. Обзорная информация*. – М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1981. – С. 19.
2. Брацихин, А.А. Научно-практические аспекты интенсификации технологических процессов с использованием наноактивированных жидких сред при производстве мясных продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.А. Брацихин. – Ставрополь, 2009. – 48 с.
3. Ганоцкий, В.А. Особенности технологии производства полуфабрикатов из белого и красного мяса птицы / В.А. Ганоцкий, Л.П. Федина // *Мясная индустрия*. – 2004. – № 5. – С. 15–17.
4. Борисенко, Л.А. Научно-технические основы интенсивных технологий посола мяса с применением струйного способа инъектирования многокомпонентных и активизированных жидких систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Л.А. Борисенко. – М.: ВНИИМП, 1999. – 49 с.
5. Dowiercial R. Influence of tumbling and electrical stimulation on distribution and content of sodium nitrite and sodium chloride in bacon //

J. Food science. – 1980. – V. 45, № 5. – P. 1301–1304.

6. Patent 1609368 EP, Int Cl. A23B4/01, A23B4/02, A23B4/26, A23L1/30, A23L3/31, A23L3/025, A23L3/3 17. Method for producing meat foods / S.D. Shestakov, 2007.

7. Patent 1629885 EP, Int Cl. B 01 J 19/10. Kavitationsreaktor zur behandlung von flussigkeitsstrom / S.D. Shestakov, 2006.

8. Патент 2286205 РФ, МПК7 B01F11/02, B01J19/10. Кавитационный реактор / С.Д. Шестаков, 2006.

9. Шестаков, С.Д. Проблема оптимизации кондиционирования зерна в мукомольном процессе и один из путей ее решения / С.Д. Шестаков, Т.П. Волохова // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2000. – № 9. – С. 24–28.

10. Шестаков, С.Д. К теории кавитационного реактора / С.Д. Шестаков // *Сборник трудов XIII сессии Российского акустического общества.* – М.: ГЕОС, 2003. – Т. 1. – С. 252–255.

Потороко Ирина Юрьевна. Доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», зам. директора Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), i_potoroko@mail.ru.

Цирульниченко Лина Александровна. Старший преподаватель, аспирант кафедры товароведения и экспертизы потребительских товаров торгово-экономического факультета, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), linchikz@mail.ru

Поступила в редакцию 1 августа 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Food and Biotechnology"
2014, vol. 2, no. 3, pp. 21–28**

ANALYSIS OF KINETIC REGULARITIES OF POULTRY CURING WITH THE USE OF CAVITATING ACTIVE LIQUID MEDIA

I.Yu. Potoroko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

L.A. Tsirulnichenko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article considers the process of poultry curing as one of the most important operations of a technological cycle of prepared food production. The authors give theoretical aspects of traditional methods of salting and consider factors influencing the quality of finished products. Special attention is paid to external factors determined by the properties of environment such as concentration, content and temperature of brine, the speed of brine and its purity (the amount of admixtures in salt), poultry pre-processing (autolytic processes, effect of high and low temperatures, mechanical processing), and various chemical, biochemical and physical effect. Moreover, attention is paid to internal factors determined by the properties of internal environment (meat): original texture, morphological and chemical content of poultry, pH, temperature, others.

The article highlights the analysis of basic lines of salting intensification process. The effect of acoustic vibrations and cavitation effects in particular that is the use of cavitating active water at the stages of poultry storage and processing are thoroughly analyzed as one of the prospect electrophysical methods. The essence of active electrolytes formation process considered by the authors is in the primary ultrasonic water treatment and the following mixing of the components of brine and introduction it to poultry.

The authors obtain data experimentally, evaluate prospects of the use of cavitation effects in poultry curing and give practical recommendations on how to improve the technology.

Keywords: curing, intensification, poultry, electrophysical effect, ultrasonic sound, cavitation effects.

References

1. Bol'shakov A.C., Estebešov M.A., Zabašhta A.G. [Improvement of Curing Technology at Production of Beef, Lamb and Horse Salt Products]. *Myasnaya promyshlennost'. Obzornaya informat-siya* [Meat Industry. Review]. Moscow, 1981, pp. 19. (in Russ.)
2. Bratsikhin A.A. *Nauchno-prakticheskie aspekty intensivifikatsii tekhnologicheskikh protsessov s ispol'zovaniem nanoaktivirovannykh zhidkikh sred pri proizvodstve myasoproduktov*. Avtoref. diss. dokt. tekh. nauk [Science Practical Aspects of Intensification of Technological Processes with the Use of Nano-Active Liquid Media at Meat Products Production]. Stavropol', 2009. 48 p.
3. Ganotskiy V.A., Fedina L.P. [Features of White and Red Meat Semi-Prepared Products Production]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry]. 2004, no. 5, pp. 15–17. (in Russ.)
4. Borisenko L.A. *Nauchno-tekhnicheskie osnovy intensivnykh tekhnologiy posola myasa s primeneniem struyynogo sposoba in"etsirovaniya mnogokomponentnykh i aktivizirovannykh zhidkikh sistem*. Avtoref. diss. dokt. tekh. nauk [Scientific and Technological Basis of Intense Technologies for Meat Curing with the Use of jet Method of Injection of Multicomponent and Activated Liquid Systems]. Moscow, 1999. 49 p.
5. Dowiercial R. Influence of Tumbling and Electrical Stimulation on Distribution and Content of Sodium Nitrite and Sodium Chloride in Bacon. *J. Food science*, 1980, vol. 45, no. 5, pp. 1301–1304.
6. Shestakov S.D. Patent 1609368 EP, Int Cl. A23B4/01, A23B4/02, A23B4/26, A23L1/30, A23L3/31, A23L3/025, A23L3/3 17. Method for Producing Meat Foods, 2007.
7. Shestakov S.D. Patent 1629885 EP, Int Cl. V 01 J 19/10. Kavitationsreaktor zur Behandlung von Flussigkeitsstrom, 2006.
8. Shestakov S.D. *Kavitatsionnyy reaktor* [Patent 2286205 of the Russian Federation, МПК7 B01F11/02, B01H9/10. Cavitation Reactor], 2006
9. Shestakov S.D., Volokhova T.P. [Optimization of Grain Conditioning in a Milling Process and its Solution]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Agricultural Products Storage and Processing], 2000, no. 9, pp. 24–28. (in Russ.)
10. Shestakov S.D. [Theory of Cavitation Reactor]. *Sbornik trudov XIII sessii Rossiyskogo akusticheskogo obshchestva* [Collected Works of XIII of the Session of the Russian Acoustic Society]. Moscow, 2003, vol. 1, pp. 252–255. (in Russ.)

Potoroko Irina Yurievna, Doctor of Science (Engineering), associate professor, head of the Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, deputy director of the Institute of Economics, Trade and Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, i_potoroko@mail.ru

Tsirulnichenko Lina Aleksandrovna, senior lecturer, post-graduate student of Merchandizing and Examination of Consumer Goods Department, Trade and Economic Faculty, South Ural State University (Chelyabinsk), linchikz@mail.ru

Received 1 August 2014