

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОСОЛА МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВИРОВАННЫХ ЖИДКИХ СРЕД

Л.А. Цирульниченко, И.Ю. Потороко

Посол мяса можно рассматривать как один из приемов технологической обработки, позволяющий направленно модифицировать свойства основного сырья с целью получения продуктов, ориентированных на высокие потребительские свойства. Изучение химизма процесса посола мясного сырья, выявление основных закономерностей и факторов его интенсификации в сочетании с различными методами электрофизического воздействия составляет определенный интерес научных исследований в части перспектив разработки модифицированных способов посола в технологии продуктов переработки мяса птицы. В статье рассмотрен химизм процесса посола мясного сырья и факторы системы рассол – мясо, оказывающие влияние на качество готовых изделий. Проведена оценка отдельных операций технологического цикла с учетом их влияния на формирование потребительских достоинств готовых изделий. В статье приведен анализ различных методов интенсификации процесса посола мясного сырья. При этом основные исследования сосредоточены в части поиска нестандартных решений на основе использования активированных жидких сред под воздействием эффектов ультразвукового воздействия. Представлены результаты экспериментальных исследований о кинетических закономерностях проникновения активированных ультразвуком жидких пищевых сред (рассолов) в мясо цыплят-бройлеров. Установлено, что 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. Таким образом, результаты исследований показали, что использование кавитационно активированных рассолов для посола крупнокусковых мясопродуктов и фаршей способствует увеличению физико-химических и биохимических показателей процесса посола, что может быть использовано для интенсификации технологического процесса и, как следствие, улучшения потребительских свойств готовых продуктов, а также повышения их выхода.

Ключевые слова: посол, мясо птицы, ультразвук, кавитация, активированные жидкие среды.

Организация технологических процессов производства продуктов переработки мяса птицы традиционно включает ряд последовательных операций (подготовка сырья и сырьевых компонентов, посол, механическая и термическая обработка и др.), определяющих в итоге качество готового продукта. Однако в современных условиях требуется учитывать особенности исходного сырья и регулировать процессы производства, минимизируя недостатки сырья. Оценивая отдельные операции технологического цикла с учетом их влияния на формирование потребительских достоинств готовых изделий, можно выделить этап посола мясного сырья, который представляет собой сложную совокупность различных по своей природе процессов:

- массообмен (накапливание в мясном сырье в необходимых количествах компонен-

тов 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, 2, 3].

Среди классических методов посола выделяют сухой, мокрый и смешанный. В теоретическом плане их изучения процесс сводится к миграции сухих веществ на основе законов диффузии. Массообменные процессы между посолочными веществами и растворимыми нутриентами продукта любого метода сводятся к системе рассол – мясо.

Факторы системы рассол – мясо, оказывающие определяющее влияние на качество готовых изделий, можно подразделить на внешние, обусловленные свойствами внешней среды, и внутренние, обусловленные свойствами внутренней среды (рис. 1).

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, т. е. 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 рас-

сол – продукт. Все факторы, воздействие которых приводит к повышению концентрации соли на поверхности продукта, катализируют этот процесс [4].

В гетерогенной системе рассол – мясо-продукт диффузионный слой, лежащий на границе, оказывает сопротивление процессу распределения посолочных веществ диффузионному потоку и затрудняет его перемещение. Для уменьшения величины сопротивлений, оказываемых диффузионному потоку тканями продукта, увеличения скорости процесса и его перехода от ламинарного к турбулентному необходимо уменьшение толщины пограничного слоя. Критерием процесса посола служит коэффициент диффузии (проницаемости). Установлено, что количественное соотношение между проницаемостью мышечной, соединительной и жировой тканями мяса составляет 8:3:1 [5]. Отмечены анизотропные свойства мышечной ткани, т. е. ее проницаемость вдоль волокон приблизительно на 11 % выше, чем поперек, что свидетельствует о перемещении посолочных веществ, преимущественно по межклеточному пространству ткани.

В этой связи, очевидно, что воздействия, ведущие к ликвидации барьерного слоя и увеличению проницаемости тканевых мембран, способствуют более быстрому и равномерному распределению посолочных веществ и интенсификации технологического процесса.

Согласно второму закону Фика, диффузионный перенос веществ обуславливается наличием градиента концентрации в изотермических условиях. Температурный градиент

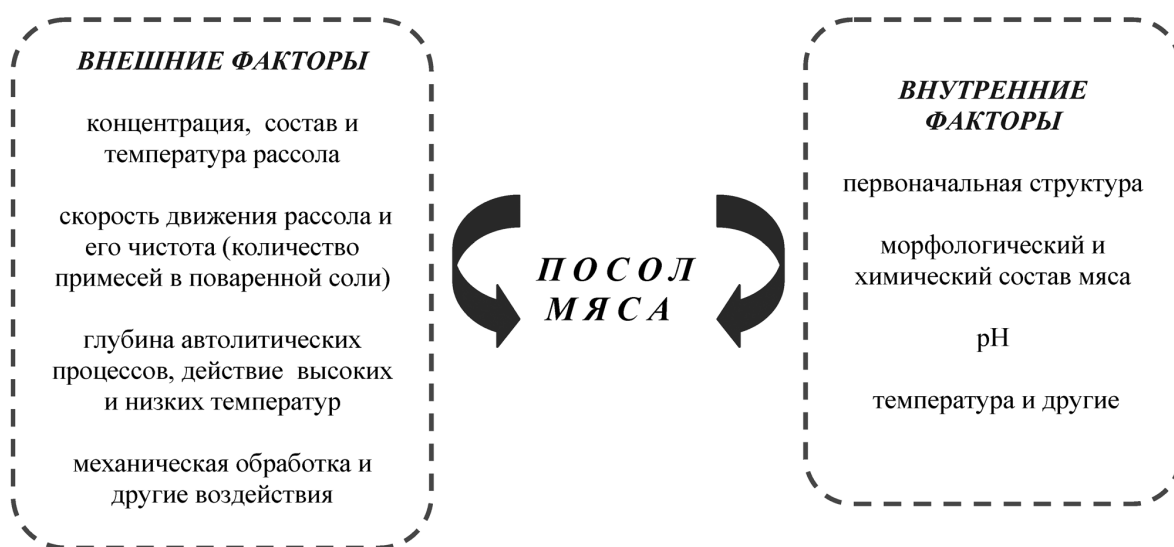


Рис. 1. Факторы системы рассол – мясо, оказывающие влияние на качество готовых изделий

вызывает дополнительное перемещение вещества в направлении теплового потока – термодиффузию. Следовательно, скорость распределения соли в системе рассол – продукт, а также внутри самого продукта, зависит от температуры, которая является фактором, наиболее существенно изменяющим величину коэффициента проникновения.

Таким образом, повышение температуры рассола способствует более быстрому распределению компонентов посолочных смесей при любом из указанных выше методов посола.

Поиску решений по интенсификации процесса посола посвящено достаточно большое количество научных работ разных ученых. При этом необходимо указать, что основные исследования сосредоточены в части поиска нестандартных решений посола для мяса убойных животных.

Современные технологии производства продуктов из мяса, в особенности цельномышечных, как правило, основаны на применении комбинации уже существующих способов интенсификации процесса посола или модификации основных режимов. Основные направления интенсификации направлены на сокращение длительности комплекса происходящих при посоле биохимических и микробиологических изменений в мясном сырье, обеспечивая получение продукта заданного качества.

Анализ исследований, проводимых современными учеными в данной области, позволяет выделить основные направления интенсификации процесса посола (рис. 2).

В настоящее время воздействие акустических колебаний используется в качестве стимулирующего, интенсифицирующего и опти-

мизирующего фактора практически во всех классах технологических процессов. Так, например, при акустическом диспергировании или акустической очистке проявляется их стимулирующий характер. Интенсификацию наблюдают при увеличении скорости процессов, примером могут служить акустическое растворение, акустическая кристаллизация и сушка. В тех случаях, когда за счет акустических колебаний наблюдается упорядочивание течения процесса (акустическая грануляция и акустическое центрифугирование), проявляется оптимизирующий характер их воздействия.

Известно, что воздействие ультразвука (УЗ) на химико-технологические процессы осуществляется через эффекты первого 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 колебаний – кавитация (разрыв сплошности жидкости), акустические течения (звуковой ветер), пульсация газовых пузырьков и т. п.

Применение УЗ представляет немалый интерес с точки зрения их влияния на физико-химические и другие свойства сырья и готовой продукции в пищевой и перерабатывающей промышленности.

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



Рис. 2. Методы интенсификации посола мяса

проведения эксперимента были использованы рекомендации Борисенко Л.А. и Борисенко А.А. применительно к мясным продуктам [6].

Из кускового сырья выделяли два образца кубической формы по 225 г каждый, заливали в соотношении 1:1 16 %-ными рассолами, приготовленными на основе кавитационно активированной (опыт) и питьевой воды (контроль).

По истечении 24 часов отбирали пробы из поверхностного (точка 1 и 1', рис. 3), промежуточного (точка 2 и 2', рис. 3) и центрального слоев (точка 3, рис. 3) каждого образца для установления концентрации поваренной соли. Результаты (см. рис. 3) 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. Так, концентрация соли в поверхностном слое грудных мышц составила 4,3–4,5 % (точки 1 и 1', рис. 3), в промежуточном слое 3,0–3,1 % (точки 2 и 2'), в центральном слое 1,8 %, что выше контроля на 1; 0,5 и 0,5 % соответственно.

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 исследованиям, проведенным Шестаковым С.Д., на процесс растворения оказывает влияние знакопеременное 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 сре-

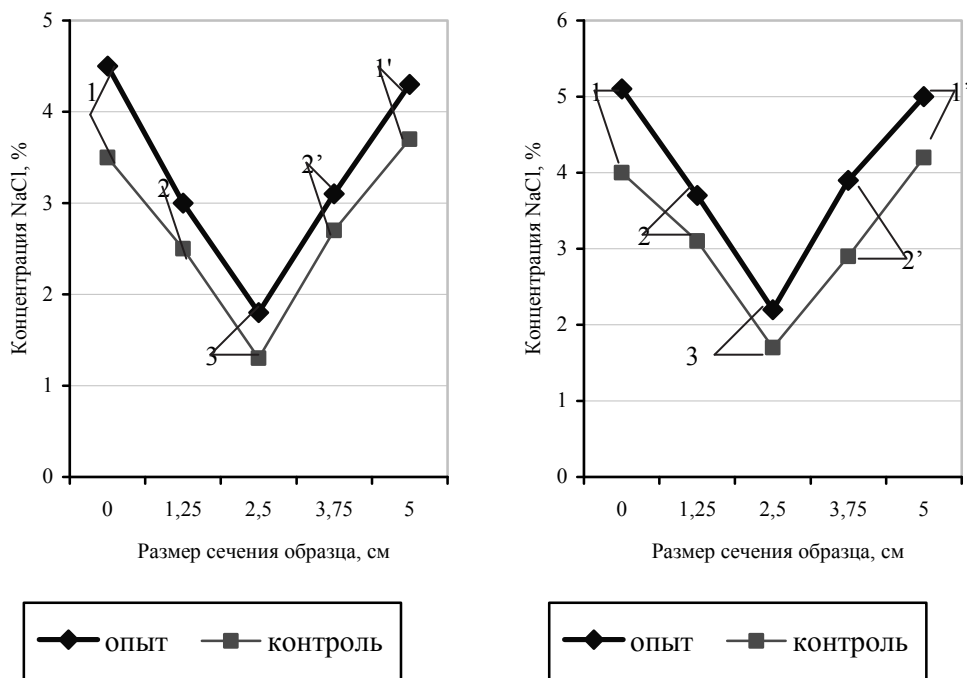


Рис. 3. Накопление поваренной соли в мясе цыпленка-бройлера в зависимости от вида рассола: а – грудная мышца, б – бедренная мышца

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

Таким образом, результаты исследований показывают, что использование кавитационно активированных рассолов для посола крупнокусковых мясopодуKтов и фаршей способствует увеличению физико-химических и биохимических показателей процесса посола, что может быть использовано для интенсификации технологического процесса и, как следствие, улучшения потребительских свойств готовых продуктов, а также повышения их выхода.

Литература

1. Антипова, Л.В. *Технология и оборудование производства колбас и полуфабрикатов: учебное пособие при подготовке бакалавров по направлению 260200 «Технология продуктов животного происхождения» (профиль «Технология мяса и мясных продуктов») / Л.В. Антипова, И.Н. Толтыгина, А.А. Калачев. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 596 с.*
2. Брацихин, А.А. *Научно-практические аспекты интенсификации технологических процессов с использованием nanoактивированных жидких сред при производстве мясopодуKтов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Ставрополь: 2009. – 48 с.*
3. Гоноцкий, В.А. *Особенности технологии производства полуфабрикатов из белого и красного мяса птицы / В.А. Гоноцкий, 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. – М.: ВНИИМП, 1999. – 49 с.*
5. Жаринов, А.И. *Основаы современных технологий переработки мяса. Эмульгированные и грубоизмельченные мясopодуKты / А.И. Жаринов. – М.: Пищевая промышленность, 1997. – 294 с.*
6. Борисенко, Л.А. *Биотехнологические основы интенсификации мясных соленых изделий / Л.А. Борисенко, А.А. Борисенко, А.А. Брацихин; под ред. проф. Л.А. Борисенко. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 163 с.*

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

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.

Поступила в редакцию 10 ноября 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series “Food and Biotechnology”
2014, vol. 2, no. 4, pp. 36–41**

ANALYSIS OF KINETICS FOR BROILER CHICKEN MEAT CURING WITH THE USE OF ACTIVATE LIQUID MEDIUM

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

Meat curing can be considered as one of the methods of processing which gives the possibility to modify the features of raw material directly to have products of a high consumer performance. The analysis of the process chemistry of meat curing, indication of basic rules and factors of its intensification combined with different methods of electrical and

physical effect is of a great interest for scientific research in terms of prospects of development of modified methods of curing in processing technology for poultry. The article considers the chemistry of meat curing process as well as factors for pickle-meat system, effecting the quality of final products. The assessment of the stages for a technological cycle due to their effect on the formation of consumer advantages of final products is performed. The article gives the analysis of different methods of intensification of the curing process for meat raw material. Basic analysis is focused on the search of nonstandard solutions based on the use of activate liquid medium under influence of ultrasonic exposure. The results of experimental research on kinetic features of activate ultrasonic liquid medium (pickle) in broiler chicken meat are given. It is stated that the influence of ultrasonic on liquid medium gives the possibility to reduce the parameter of dynamic viscosity of polar liquids, at the same time microfractures and pores are increased and perform solid body by means of eddy formation of microstreaming. Thus, the results of research show that the use of cavity activate pickle for lump meat products and minced meat curing contribute to the increase of physical and chemical and biochemical parameters of curing process which can be used to intensify technological process and improve consumer properties of final products as well as to increase their production.

Keywords: curing, poultry, ultrasonic, cavity, activate liquid medium.

References

1. Antipova L.V., Tolpygina I.N., Kalachev A.A. *Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva kolbas i polufabrikatov* [Technology and Equipment for Sausage and Prepared Food Industry]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2011. 596 p.
2. Bratsikhin A.A. *Nauchno-prakticheskie aspekty intensivatsii tekhnologicheskikh protsessov s ispol'zovaniem nanoaktivirovannykh zhidkikh sred pri proizvodstve myasoproduktov*. [Academic and Research Aspects of Intensification of Technological Processes with the Use of Nano-Activate Liquid Medium at Meat Products Production]. Author's Thesis Dr. Sc. (Engineering). Stavropol', 2009. 48 p.
3. Gonotskiy V.A., Fedina L.P. [Features of Manufacturing Process for Prepared Food of Red and White Poultry]. *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 struynogo sposoba in"etsirovaniya mnogokomponentnykh i aktivizirovannykh zhidkikh sistem* [Research and Development Basis for Intensive Technology of Meat Curing with the Use of Fluidic Method of Injection of Poly-Component and Activate Liquid Systems]. Author's Thesis Dr. Sc. (Engineering). Moscow, 1999. 49 p.
5. Zharinov A.I. *Osnovy sovremennykh tekhnologiy pererabotki myasa. Emul'girovannyye i gruboizmel'chennyye myasoprodukty* [Biotechnological Basis of Intensification of Cured Meat Products]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1997. 294 p.
6. Borisenko L.A., Borisenko A.A., Bratsikhin A.A. *Biotekhnologicheskie osnovy intensivatsii myasnykh solenykh izdeliy* [Basis of Modern Technology for Meat Processing. Emulsified and Coarse-Cut Meat Products]. Moscow, DeLi print Publ., 2004. 163 p.

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

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

Received 10 November 2014