

Распределение рассола в мышечной ткани при вакуум-механической обработке

А.С.БОЛЬШАКОВ, М.А.АНВАРОВ, Н.Н.ЛИПАТОВ, В.Г.БОРЕСКОВ, Ю.А.КИСЕЛЕВ

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, г.Москва, СССР

М.Н.РИЗАЕВ, М.Х.ХОДЖИБЕКОВ

Ташкентский филиал Всесоюзного научного центра хирургии, г.Ташкент, СССР

В настоящее время является общеизвестным тот факт, что длительность посола костного мясного сырья прежде всего определяется интенсивностью диффузионно-фильтрационно-осмотических процессов, в ходе которых осуществляются накопление и перераспределение посолочных веществ по всему объему продукта [1]. Для ускорения этих процессов в последние годы широкое распространение получило инъецирование рассола в ткани и механическая обработка сырья, позволяющая наряду с посолом несколько интенсифицировать сопровождающие биохимические процессы и значительно улучшить органолептические показатели готовой продукции [2]. В связи с этим следует отметить, что в отечественной [3] и зарубежной [4] литературе и патентных материалах все чаще и чаще упоминается об использовании вакуум-механических воздействий. Однако эти сообщения в большинстве своем весьма не конкретны и носят общий характер. Такое состояние вопроса заставило выполнить ряд исследований, с целью сопоставления эффективности влияния механической и вакуум-механической обработки (различной величиной разрежения в рабочей камере) обработки прошиприцованной мышечной ткани на интенсивность распределения рассола в мясном сырье, в частности, в конине.

Объектом исследования служил длиннейший мускул спины (*Longissimus dorsi*) четырех-летних лошадей, разрезанный на куски размером $(3 \times 3 \times 10) \cdot 10^{-2}$ м, массой $0,1 \pm 0,005$ кг. Температура образца перед шприцеванием 276 ± 1 К. Срок автолиза 48 часов.

Рабочий рассол, которым шприцевались исследуемые образцы конины, приготавливался путем смешивания 1 литра 18%-го водного раствора хлористого натрия и 0,2 мл изотонического раствора *Na₂S₂O₃*, общей радиоактивностью 100 мкюри. Температура рассола 276 ± 1 К. Шприцевание мышечной ткани осуществлялось с помощью медицинского шприца, снабженного иглой, при этом рассол вводился в геометрический центр образца в количестве 10% к его массе.

О характере распределения рассола в исследуемых образцах судили по интенсивности γ -излучения в специально выбранных областях, измерение которой осуществлялось с помощью автоматизированной сцинтиграфирующей установки, содержащей гамма-камеру "LFOV" с калиброванным для средних энергий γ -излучения. Для этого образцы конины, прошиприцованные радиоактивным рассолом, сразу же после шприцевания и через каждые последующие 15 минут механической обработки при атмосферном давлении или вакуум-механической обработки при остаточном давлении в барабане горизонтального лабораторного массажера $0,75 \cdot 10^5$ Па, $0,5 \cdot 10^5$ Па и $0,25 \cdot 10^5$ Па помещали в гамма-камеру и осуществляли сцинтиграфию радиоактивности. Частота измерения барабана массажера $\pi \text{ рад/с}$, его диаметр 0,2 м. Максимальная продолжительность измерения 60 минут.

Запись и обработка информации, получаемой в гамма-камере, выполнялась миникомпьютером "Digital PDP-11/34" в соответствии с тремя программами, разработанными сотрудниками Ташкентского филиала Всесоюзного научного центра хирургии [5].

Одна из них позволяла вывести на экран компьютера условное изображение исследуемого образца (прямоугольная область Σ), разделить его на девять прямоугольных областей одинаковой площади и определить интегральную радиоактивность рассола, проникшего в каждую из них. С помощью этой программы удалось получить данные, характеризующие равномерность накопления посолочных веществ в областях *B, F, H, D*, прилегающих к области максимальной первоначальной концентрации рассола и в наиболее удаленных от них областях *C, J, E, A* (см. рис. 1).

Другая программа позволяла выделить на условном изображении исследуемого образца контуры четырех "эквипотенциальных" зон, в которых концентрация посолочных веществ составляла: 100%; от 100% до 75%; от 75% до 50%; от 50% до 25% к их осредненной концентрации в данный момент времени в полуторомиллиметровой δ -окрестности геометрического центра области *E*.

И, наконец, третья программа позволяла моделировать на экране компьютера кривые распределения интегральной концентрации посолочных веществ по длине образца (см. рис. 1 и 6). Кроме того, специальная фотоприставка, входящая в комплект сцинтиграфирующей установки, позволяла получить фотографии соответствующих изображений с экрана при обработке компьютером любой из трех программ.

Теперь перейдем к обсуждению результатов эксперимента. Прежде всего были проанализированы кривые 1 и 2, построенные в ходе обработки данных, соответствующих первой программе компьютера, и изображенные на рис. 2. Кривая 1 представляет собой некий идеализированный график зависимости содержания посолочных веществ (уровня радиации) через 60 минут после шприцевания в центральной области *E* от условий воздействия на исследуемый образец. Кривая 2 - идеализированный график, характеризующий суммарное содержание посолочных веществ во всех восьми периферийных областях образца (область $\Sigma - E$). Как показало попарное сложение этих графиков, их сумма соответствует 100% содержанию посолочных веществ в полностью подтверждает достоверность экспериментальных результатов, свидетельствующих о том, что применение механической обработки (массирования) значительно интенсифицирует

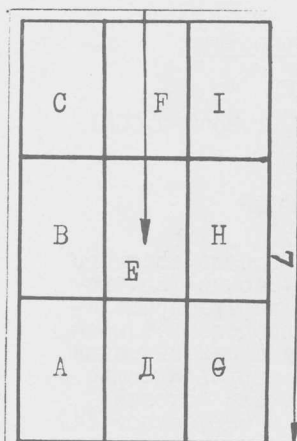


Рис. 1 Fig. 1

Схема разделения условного изображения исследуемого образца на области "интереса". Стрелка показывает направление введения рассола.

Scheme of a conditional image of the test sample into "interest" zones. The arrow indicates to the direction of brine injection.

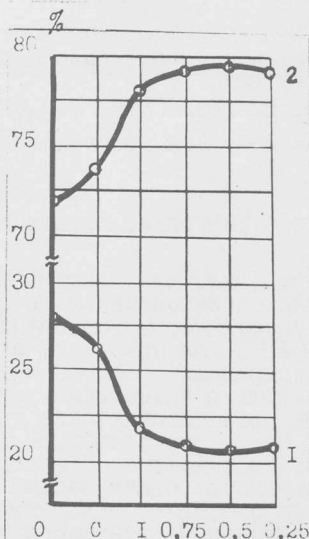


Рис. 2 Idealized relation of curing ingredients level in the zone E (% of the total amount injected). Curve 1 - curing ingredients level in the zone E (% of the total amount injected). Curve 2 - the total level of curing ingredients in the eight peripheral zones. On the x-coordinate: 0 - conditions for cure distribution corresponding to the end of sample injection; C - conditions for cure distribution 60 min after injection without mechanical treatment, 1; 0.75, 0.5, 0.25 - conditions for cure distribution 60 min after injection under mechanical and vacuum-mechanical treatment at (1, 0.75, 0.5 and 0.25) $\cdot 10^5$ Pa.

процесс диффузионного распределения рассола, имеющий место в образцах, выдерживаемых после шприцевания без механических воздействий. В частности, из графика 1 видно, что для конины количество посолочных веществ, перераспределившихся из области E на протяжении 60 минут после шприцевания в периферийные области, для образцов, подвергнутых массажированию при атмосферном давлении, в несколько раз превышает аналогичное количество для образцов, находящихся в состоянии покоя. Из характера кривых 1 и 2 следует также, что использование вакуума механических воздействий, то есть, осуществление массажирования прошприцованного сырья в условиях вакуума является еще более эффективным способом интенсификации процесса посолола. Наличие экстремумов у этих кривых, имеющих место для разрежения в барабане массажера, равного 0,5 $\cdot 10^5$ Па, позволило нам предположить, что именно такое давление следует считать оптимальным для массажирования конины. Ниже будет показано, что обработка информации, выданной компьютером в соответствии с программой 2 и программой 3, полностью подтверждает это предположение. В целом же совокупность данных, полученных в соответствии с первой программой, является косвенным подтверждением гипотезы советских ученых [6] о том, что в случае применения массажирования значительная часть посолочных веществ перераспределяется в объеме массируемого сырья не за счет диффузии, а за счет фильтрации, обусловленной периодически возникающими перепадами давлений.

На рис. 3, 4 и 5 приведены семейства кривых, характеризующих динамику изменения площадей "эквипотенциальных" зон радиоактивности и соответствующих различным условиям воздействий на образцы после их шприцевания рассолом. Площади этих зон определялись по фотографиям их контуров с помощью планиметра. Анализируя характеры изменения этих кривых, убеждаемся в том, что наиболее интенсивно изменяют свою площадь "эквипотенциальные" зоны соответствующих 75-50 процентной концентрации посолочных веществ. Максимальная же скорость увеличения площади такой "эквипотенциальной" зоны имеет место на протяжении первых 30 минут массажирования образцов при разрежении 0,5 $\cdot 10^5$ Па. Наименьшая скорость возрастания площадей для зон "эквипотенциальной" концентрации отмечается для случая выдержки образцов без механических воздействий.

Обобщение всей информации, выданной компьютером в соответствии со второй программой, позволяет сделать вывод о том, что за 30-45 минут массажирования прошприцованных образцов конины при разрежении 0,5 $\cdot 10^5$ Па достигается большая равномерность распределения посолочных веществ, чем при любых других условиях проведения настоящего эксперимента.

Окончательное подтверждение этого вывода было получено в результате анализа данных, выданных компьютером в ходе выполнения третьей программы. Построенные по ним сглаженные кривые распределения интегральной концентрации посолочных веществ по длине исследуемых образцов, приведенные на рис. 6, убедительно свидетельствуют о том, что и через 60 минут после шприцевания наиболее равномерное распределение посолочных веществ в исследуемых

Идеализированная зависимость содержания посолочных веществ от условий воздействия на исследуемый образец после инъекции рассола:

Кривая 1 - содержание посолочных веществ в зоне E (в % к их общему количеству, введенному в образец).

Кривая 2 - суммарное содержание посолочных веществ в восьми периферийных зонах. На оси абсцисс приведены следующие обозначения:

0 - условия распределения посолочных веществ, соответствующее окончанию шприцевания образца;

C - условия распределения посолочных веществ через 60 минут после шприцевания без механических воздействий на образец;

1; 0,75; 0,5; 0,25 - условия распределения посолочных веществ через 60 минут после шприцевания образца, подвергнутого механической и вакуум-механической обработке соответственно при давлении: 1 $\cdot 10^5$ Па; 0,75 $\cdot 10^5$ Па; 0,5 $\cdot 10^5$ Па; 0,25 $\cdot 10^5$ Па.

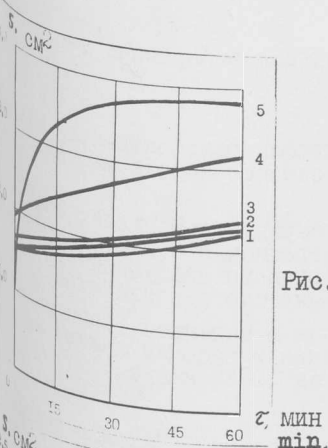


Рис. 3

Рис. 3 Динамика изменения площади зоны, в которой концентрация посолочных веществ убывает от 100% до 25% по отношению к их концентрации в ε -окрестности геометрического центра введения рассола;

Кривая 1 - условия, соответствующие отсутствию механической обработки;

Кривые 2, 3, 4 и 5 - условия, соответствующие механической и вакуум-механической обработке соответственно при давлении $1 \cdot 10^5$ Па; $0,75 \cdot 10^5$ Па; $0,25 \cdot 10^5$ Па; $0,5 \cdot 10^5$ Па.

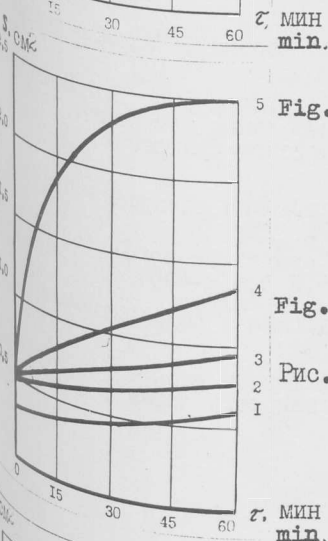


Рис. 4

Рис. 4 Динамика изменения площади зоны, в которой концентрация посолочных веществ убывает от 100% до 50% по отношению к их концентрации в ε -окрестности геометрического центра введения рассола;

Кривая 1 - условия, соответствующие отсутствию механической обработки;

Кривые 2, 3, 4 и 5 - условия, соответствующие механической и вакуум-механической обработке соответственно при давлении: $1 \cdot 10^5$ Па; $0,75 \cdot 10^5$ Па; $0,25 \cdot 10^5$ Па; $0,5 \cdot 10^5$ Па.

Fig. 3.

Dynamics of changes in the area of the zone where the concentration of curing ingredients decreases from 100 down to 25% relative to the one in the ε -environment of the geometrical centre of brine injection. Curve 1 - no mechanical treatment. Curves 2, 3, 4, 5 - mechanical and vacuum-mechanical treatment under (1, 0.75, 0.25, 0.5) $\cdot 10^5$ Pa (respectively).

Fig. 4.

Dynamics of changes in the area of the zone where concentration of curing ingredients decreases from 100 down to 50% relative to the one in the ε -environment of the geometrical centre of brine injection. Curve 1 - no mechanical treatment. Curves 2, 3, 4, 5 - mechanical and vacuum-mechanical treatment under (1, 0.75, 0.25, 0.5) $\cdot 10^5$ Pa (respectively).

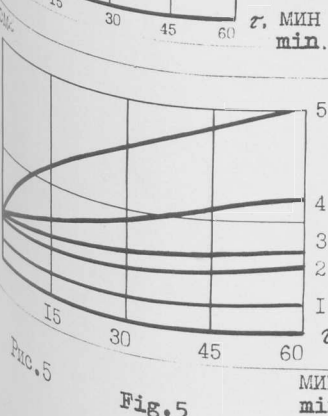


Fig. 5

Рис. 5 Динамика изменения площади зоны, в которой концентрация посолочных веществ убывает от 100% до 75% по отношению к их концентрации в ε -окрестности геометрического центра введения рассола;

Кривая 1 - условия, соответствующие отсутствию механической обработки;

Кривые 2, 3, 4 и 5 - условия, соответствующие механической и вакуум-механической обработке соответственно при давлении: $1 \cdot 10^5$ Па; $0,75 \cdot 10^5$ Па; $0,25 \cdot 10^5$ Па; $0,5 \cdot 10^5$ Па.

Dynamics of changes in the area of the zone where concentration decreases from 100 down to 75% relative to the one in the ε -environment of the geometrical centre of brine injection. Curve 1 - no mechanical treatment. Curves 2, 3, 4 and 5 - with mechanical and vacuum-mechanical treatment under (1, 0.75, 0.25, 0.5) $\cdot 10^5$ Pa (respectively).

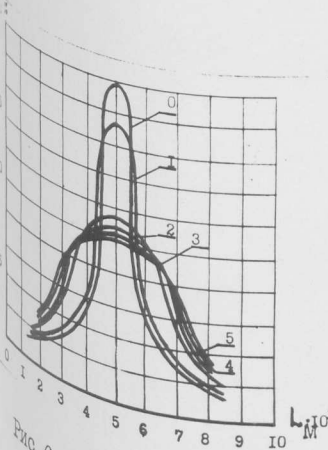


Fig. 6

Рис. 6 Кривые распределения интегральной концентрации посолочных веществ по длине исследуемого образца;

Кривая 0 - сразу после введения рассола;

Кривая 1 - через 60 минут после введения рассола, без механических воздействий;

Кривые 2, 3, 4, 5 - через 60 минут после введения рассола для условий механической и вакуум-механической обработки образцов соответственно при давлении: $1 \cdot 10^5$ Па; $0,75 \cdot 10^5$ Па; $0,25 \cdot 10^5$ Па; $0,5 \cdot 10^5$ Па. За 100% принято начальное содержание посолочных веществ в ε -окрестности геометрического центра введения рассола.

Distribution curves of integral concentration of curing ingredients along the test sample. Curve 0 - just after brine injection. Curve 1 - 60 min after brine injection, no mechanical treatment. Curves 2, 3, 4, 5 - 60 min after injection with mechanical and vacuum-mechanical treatments at (1, 0.75, 0.25, 0.5) $\cdot 10^5$ Pa (respectively). As 100%, the initial level of curing ingredients in the ε -environment of the geometrical centre of brine injection was taken.

образцах имеет место в случае их массирования при величине разрежения в барабане масса-жера, равной $0,5 \cdot 10^5$ Па.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально с помощью метода избирательной скитинграфии радиоактивного излучения исследовано влияние различной глубины вакуума при механической обработке мышечной ткани на закономерности распределения в ней посолочных веществ.
2. Вакуум-механическая обработка прошипованного мясного сырья обеспечивает значительное превосходство интегральной составляющей импульсного фильтрационного перераспределения посолочных веществ в мышечной ткани над величиной их непрерывного диффузионного переноса, имеющего место в случае выдерживания образцов без механического воздействия.
3. Наибольшие скорость и равномерность распределения рассола в мышечной ткани имеют место при вакуум-механической обработке сырья с глубиной разрежения в рабочей камере масса-жера, равной $0,5 \cdot 10^5$ Па. При этом требуемый эффект достигается за 30-45 минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.Большаков, Совершенствование производства ветчинных изделий. "Мясная индустрия СССР", 1977, № 1, с.33-35.
2. А.С.Большаков, В.Г.Боресков, А.Г.Забашта, Ю.А.Киселев, А.А.Сарычева, В.И.Рощупкин, А.П.Фролов. Влияние инъекции многокомпонентных рассолов в мышечную ткань и механических воздействий на свойства формованной ветчины. Доклад на XXIII Европейском конгрессе научных работников мясной промышленности.
3. А.И.Минаев, Е.В.Лабетский. Влияние вакуумной обработки сырья на распределение хлористого натрия. "Мясная индустрия СССР", 1980, № 2, с. 36-37.
4. L.W.Solomon, H.W.Norton, G.R.Schmidt. Effect of vacuum and rigor condition on sorption in tumbled porcine muscles. "J.Food Sci.", 1980, 45, N 3, 438-440.
5. М.Х.Ходжибеков, М.Н.Ризаев. Перфузионная скитинграфия легких с радиоактивным ксеноном. "Медицинская радиология", 1976, № 10.
6. А.П.Фролов, А.Г.Забашта, В.Г.Боресков, А.С.Большаков. Механизм распределения рассола в мышечной ткани при массировании. "Известия ВУЗов. Пищевая технология", 1976, № 4.