

Исследование процесса охлаждения баранины в электроконвективном воздушном потоке

Д-р техн. наук Б.С.БАБАКИН, М.И.ВОРОНИН, Н.БАЯРАА
Московский государственный университет прикладной биотехнологии

In Mongolia sheep carcasses are cut warm, preserving anatomical integrity of tissues of separate organs and parts of carcass, after which they are subjected to conditioning and intensive cooling. Use of chilling in electric-convective air flow, created by electrodes, connected with high voltage sources, allows chilling process to be intensified. The time of chilling of sheep carcasses parts was reduced by 1,2 – 1,6 times, and weight losses by 14 – 19 % as compared to chilling without electrical convection. Besides, electrical energy consumption for air ventilation in a cold room was considerably reduced.

В настоящее время во многих странах, в том числе и в Монголии, принято решение о выводе предприятий по убою скота из крупных населенных и промышленных центров и размещении их в сырьевых зонах. В связи с этим вопрос правильной организации технологической и холодильной цепи с учетом национальных особенностей переработки и потребления мясных продуктов является актуальным. При этом контроль потерь массы от усушки и микробиологической порчи сырья животного происхождения при его холодильной обработке и хранении важен не только с точки зрения количественных, но и качественных характеристик.

В сложившейся практике принято производить разделку туш и полутуш после их охлаждения до 4°C в толще мышц бедра (так называемая «классическая обвалка»). Но исследования, проведенные в Америке, Германии, Ирландии и во Франции, выявили ряд преимуществ разделки туши говядины в парном состоянии. При этом исключается процесс предварительного охлаждения, снижается энергопотребление, сокращаются потери массы, имеющие место при охлаждении туш после убоя*.

В Монголии тушу убойного животного для продажи в натуральном виде не разрезают на отдельные части, а расчленяют (разделяют) по анатомическим суставам в парном состоянии, сохраняя в большей степени анатомическую целостность отдельных тканей, принадлежащих тому или иному органу и частям тела. Туши или отрубы подвергают интенсивному охлаждению только после их выдержки в течение некоторого времени с целью предупреждения так называемого «холодного сокращения» мышц, нежелательного повышения жесткости мяса и обеспечения оптимальных условий его созревания.

Для совершенствования процесса охлаждения отрубов баранины, разделенной по анатомическим суставам на экспериментальном стенде, разработанном на кафедре

«Холодильная техника» МГУПБ, были проведены серии экспериментов с применением электроконвективного воздушного потока.

Принципиальная схема экспериментального стенда с контрольно-измерительной аппаратурой представлена на рис. 1.

В качестве контрольных и опытных образцов были подобраны задние конечности туши баранины, полученные

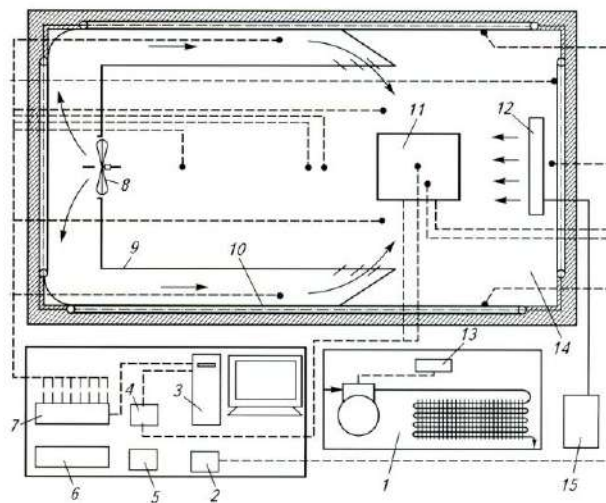


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда:
1 – компрессорно-конденсаторный агрегат;
2 – измеритель температуры ТК-5 с термопарами;
3 – компьютер; 4 – измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2 с зондами теплового потока и температуры;
5 – термоанемометр ТТМ-2; 6 – электронные весы;
7 – универсальный восьмиканальный прибор – измеритель температуры и влажности газовой среды с компьютерным мониторингом ИВТМ-7/8 Р-МК (первичный преобразователь ИПВТ-03М-01); 8 – электровентилятор; 9 – воздуховод;
10 – испаритель; 11 – продукт; 12 – электроконвективное охлаждающее устройство; 13 – контроллер для управления работой охлаждающей системы; 14 – холодильная камера;
15 – регулируемый источник высокого напряжения ИВНР-25/1

* Климов Б.А., Мусатов Н.В. Производство, хранение и транспортировка охлажденного жилованного мяса // Обзорная информация «Холодильная промышленность и транспорт». – М.: ЦНИИТЭИ, 1979.

при разделке туши по анатомическим суставам в парном состоянии и имеющие небольшую относительную массу.

Контрольный образец охлаждали в отсутствие электроконвекции в холодильной камере при температуре -1°C и скорости воздушного потока у образца 1 м/с , относительной влажности среды $87 - 93\%$.

Опытный образец охлаждали в холодильной камере с помощью электроконвективного воздушного потока. Температура и относительная влажность воздуха в холодильной камере поддерживались на том же уровне, как и при охлаждении контрольного образца. В процессе охлаждения напряженность электрического поля изменялась от $5 \cdot 10^5\text{ В/м}$ до $7,5 \cdot 10^5\text{ В/м}$, скорость электроконвективного воздушного потока у поверхности опытного образца составляла $0,8...1,5\text{ м/с}$.

Электроконвективное устройство 12, создающее в холодильной камере 14 электроконвективное движение воздушного потока, состоит из генерирующего и заземленного электродов, подключенных к источнику высокого напряжения постоянного тока. В ходе исследований были определены вольт-амперные характеристики электроконвективного устройства, динамика изменения средней скорости электроконвективного воздушного потока в зависимости от напряженности электрического поля, количества и характера размещения игольчатых элементов, являющихся элементной базой генерирующего электрода, на его поверхности и от расстояния от заземленного электрода. В процессе исследований изменялось общее число игольчатых элементов генерирующего электрода, но при этом плотность их размещения на поверхности генерирующего электрода оставалась постоянной. Отношение площади, занимаемой игольчатыми элементами на поверхности генерирующего электрода, к общей площади генерирующего электрода, т.е. коэффициент площади, занимаемой игольчатыми элементами, равен

$$n_i = F_n / F_3,$$

где F_n – площадь, занимаемая игольчатыми элементами; F_3 – общая площадь генерирующего электрода.

Результаты исследований представлены на рис. 2, 3, 4, 5.

Как видно из рис. 2, с увеличением коэффициента n_i величина силы тока возрастает, что позволяет подобрать рациональные режимные параметры процесса.

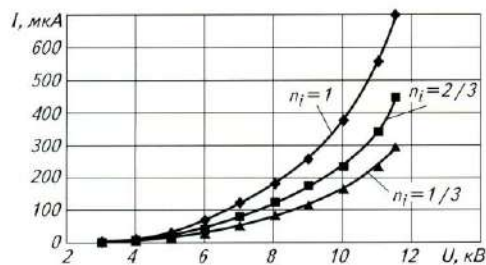


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика электроконвективного устройства при различном числе игольчатых элементов на поверхности генерирующего электрода

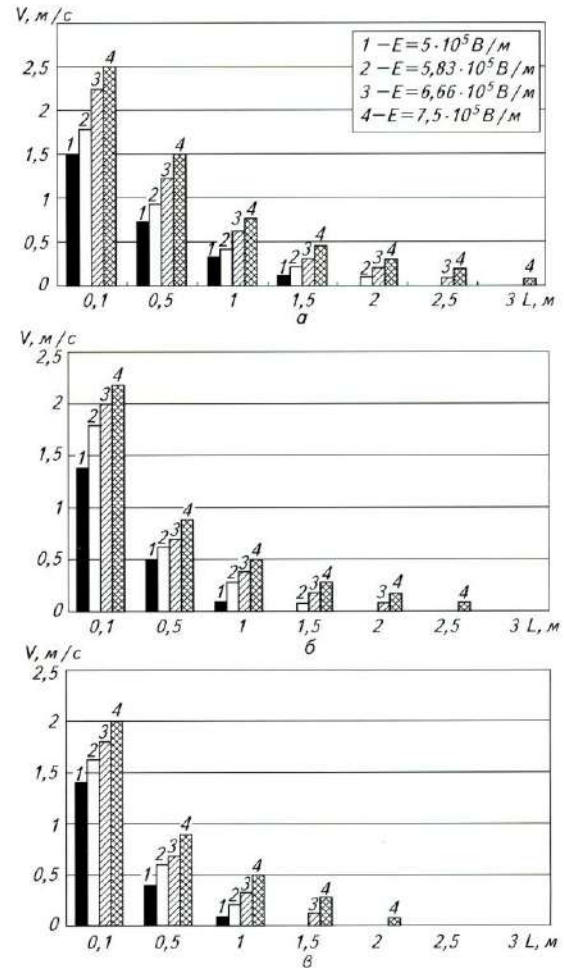


Рис. 3. Влияние напряженности электрического поля и количества игольчатых элементов на поверхности генерирующего электрода на среднюю скорость электроконвективного воздушного потока на различном расстоянии от заземленного электрода электроконвективного устройства: а - $n_i = 1$; б - $n_i = 2/3$; в - $n_i = 1/3$

Как видно из рис. 3, увеличение числа игольчатых элементов (рост n_i с $1/3$ до 1) на поверхности электрода приводит к возрастанию скорости электроконвективного воздушного потока на $15 - 25\%$ и дальности воздушной струи на $25 - 50\%$.

На основании анализа полученных экспериментальных данных были выбраны режимные параметры охлаждения опытного образца в электроконвективном воздушном потоке. На рис. 4 и 5 представлены результаты серии экспериментов.

В начальный период (до 10 мин) холодильной обработки образцов происходит интенсивное снижение температуры, затем процесс охлаждения идет более плавно с течением времени (см. рис. 4). Плотность отводимого от образца теплового потока при охлаждении в электроконвективном воздушном потоке выше, чем в отсутствие электроконвекции, в среднем на $5 - 20\%$.

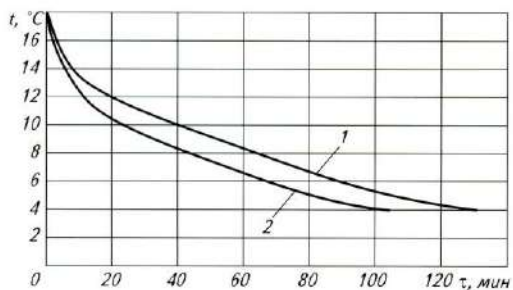


Рис. 4. Термограмма охлаждения образцов баранины (в геометрическом центре отрубов) в процессе их интенсивного охлаждения в отсутствие электроконвекции (1) и в электроконвективном воздушном потоке при мощности электроконвективного устройства, равной 1,62 Вт (2)

Результаты исследований показывают, что продолжительность охлаждения отрубов баранины в электроконвективном воздушном потоке уменьшались в 1,2 – 1,6 раза, потери массы при охлаждении сокращались на 14 – 19 % по сравнению с контрольным образцом, охлаждаемым в отсутствие электроконвекции. В результате совместного действия на мясо электроконвекции и процесса охлаждения на поверхности опытного образца образовалась плотная, тонкая асептическая корочка подсыхания.

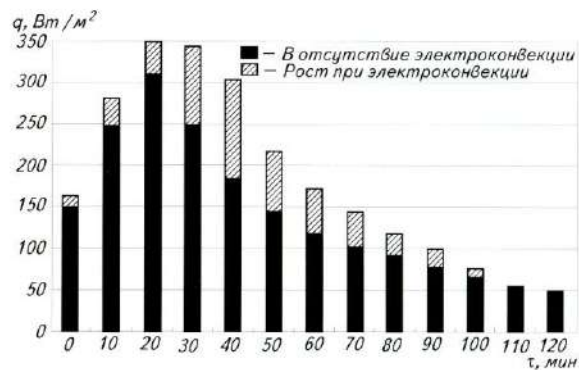


Рис. 5. Динамика изменения плотности теплового потока, отводимого от образцов, в процессе их охлаждения в отсутствие электроконвекции и в электроконвективном воздушном потоке при мощности электроконвективного устройства, равной 1,62 Вт

Полученные результаты исследований показывают эффективность применения электроконвективного воздушного потока для интенсификации процесса холодильной обработки отрубов баранины. Электроконвекция позволяет значительно снизить энергопотребление на вентиляцию воздуха в холодильной камере и потери массы при холодильной обработке.