

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Д-р техн. наук, проф. И. А. Рогов,
Технологический институт мясной и
молочной промышленности, Москва,
СССР

Уважаемые коллеги!

Нагревание является широко используемым универсальным способом обработки и консервирования мясопродуктов.

Подвергая мясопродукт этому виду обработки, сразу достигают нескольких целей: инактивации ферментных систем и микроорганизмов, создания определенных сенсорных качеств.

Существует множество способов и аппаратуры для тепловой обработки, однако все они основываются или на традиционной теплопередаче или на методах объемного нагрева, использующих внутренние источники тепла, получившие свое развитие за последние десятилетия.

Решение вопроса о целесообразности использования того или иного метода тепловой обработки требует комплексного подхода, учитывающего динамику в процессе нагрева, питательной ценности и вкусовых достоинств продукта, включая, прежде всего, характер и степень изменения белковых веществ и составляющих их аминокислот, а также ряда технико-экономических соображений. Можно выделить два важных фактора тепловой обработки, определяющих в основном характер и степень изменения белков, независимо от способа подвода тепла к объекту, это — продолжительность теплового воздействия и температурный уровень, при котором продукт доводится до заданной степени готовности. Аналитически связь этих параметров для пастеризации жидкостей была ранее установлена Г. Куком.

Достижение мясным продуктом кулинарной готовности определяется, как известно, совокупным результатом изменения двух групп бел-

ковых веществ – мышечных и соединительнотканых белков, причем основную роль играют денатурационные превращения белков.

Решение вопросов оптимизации процессов тепловой обработки мясо-продуктов требует проведения дальнейших исследований, направленных на изучение характера модификации отдельных белков при разных условиях теплового воздействия, их влияния на биологическую ценность продуктов и органолептические показатели с выяснением количественных зависимостей. Приходится констатировать, что энергетические аспекты денатурационных изменений при тепловой обработке мяса остаются практически неизученными.

В мясной промышленности тепловой обработке подвергают миллионы тонн сырья, при этом потребляются огромные количества энергии, поэтому системный подход к ее использованию является задачей первостепенной важности.

Рост влияния ограниченности имеющихся в мире запасов топлива на значимость отдельных видов энергоносителей и их роль в развитии энергетики вызван, с одной стороны, резким увеличением объемов потребления угля, нефти и газа (с 1940 по 1975 гг. добыча угля увеличилась в 4,2; нефти – 15,8; газа – 90,4 раза), что привело к сокращению запасов до десятилетий для нефти и газа и до столетий – для угля, а с другой стороны, открытием новых возможных направлений использования нефти и газа в качестве сырья для химической промышленности. В результате становится все более настоятельным всемирное ограничение использования нефти и газа как котельно-печного топлива и переход на другие виды топлива – уголь, сланцы, торф, гидро- и атомную энергию (Р.И. Агладзе, 1976).

В последние годы в связи с кризисной ситуацией в области энергетических ресурсов начали проводиться интересные исследования, ставящие своей целью рассмотрение оптимальных условий потребления энергии, в том числе, естественно, и тепловой.

Рассчитывать на достаточно обоснованные выводы при анализе различных методов обработки мяса можно лишь при системном подходе к изучению этой проблемы с учетом энергозатрат по всей цепи производства, хранения и подготовки продуктов к непосредственному использованию в пище.

В этой связи несомненный интерес представляют результаты исследований Löndåhe Göran (1977) по выяснению энергетических затрат при

холодильных и традиционных методах консервирования пищевых продуктов с указанием при этом преимуществ замораживания.

Не все выводы представляются бесспорными, взять хотя бы степень готовности: консервированные теплом продукты практически готовы к употреблению или требуют всего лишь разогрева, в то время, как замороженные нуждаются в размораживании, доведении до кулинарной готовности, что связано со значительным расходом энергии. Однако полезность исследований такого рода представляется весьма значительной как системного подхода к выбору метода обработки с учетом минимальных энергетических затрат.

По-видимому в ближайшее время следует развивать работы по исследованию и коренному пересмотру структуры энергетических ресурсов и широкому использованию методов регенерации энергии в мясной промышленности с глубоким анализом как технических, так и экономических ресурсов.

В этих условиях особую роль начинает играть коэффициент полезного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Повышение рациональности расходования ТЭР и экономия общественных затрат, которые достигаются в результате повышения этого показателя, остро ставят вопрос выбора оптимальной структуры потребления энергоносителей. С этой точки зрения на современном этапе развития энергетики там, где это возможно, вместо электроэнергии необходимо использовать непосредственно тепловую энергию или газ, а вместо теплоэнергии — газ. Например, в сфере приготовления пищи, по приближенным расчетам, использование газа эффективнее в 1,5-1,6 раза по сравнению с электроэнергией. Отсюда и необходимость преимущественного использования в технологических процессах производства прежде всего газа, а потом тепловой энергии. В каждом конкретном случае решение вопроса, естественно, должно быть обосновано технико-экономически.

Следует также подчеркнуть перспективность направления, включающего в эксергическое рассмотрение собственно пищи как продукта, полученного с использованием энергии и являющегося носителем энергии для человека. Возможно, в будущем этот метод приведет к разработке объективной оценки растительных пищевых продуктов по их эксергическим характеристикам.

Снижение материальных затрат и повышение производительности труда в сфере производства мясопродуктов приводят к тенденции уве-

личения геометрических размеров изделий. Такое положение вполне оправдано, однако несколько противоречиво. В условиях традиционной теплопередачи градиентность нагрева является движущей силой процесса.

Отметив эти обстоятельства и учитывая чрезвычайно низкий коэффициент теплопроводности мяса, мы вынуждены признать, что, как следствие этого, возникает и градиентность качества, нивелировка которого при увеличении размеров изделия ведет к снижению средних качественных показателей. Кроме того, непрерывная интенсификация длительных по времени тепловых процессов приводит к противоречию двух тенденций: непрерывного ускорения процессов тепловой обработки и ограничению скорости процесса в связи с недостаточностью, по современным воззрениям, физико-химических изменений в продукте, чтобы признать его готовым.

Вполне возможно, что последняя тенденция в ряде случаев дает традиционное представление о степени готовности изделия, отражающее не только теплофизические и биохимические характеристики, но и национальные особенности продукта.

Очевидно, что скорость нагрева теплопередачей ограничивается еще и теплофизическими характеристиками самого продукта, которые, как известно, для мяса достаточно низки, да и сама методика определения не представляется бесспорной (В.М. Горбатов, В.И. Масюков, Г.К. Бабанов, 1960-1973). Все это дает основание утверждать, что существуют естественные пределы, ограничивающие скорости тепловых процессов.

Выход из этой ситуации может быть найден в использовании нетрадиционных методов подвода тепла: электроконтактного, инфракрасного, сверхвысокочастотного, а в ряде случаев и пароконтактного, хотя в большинстве случаев они требуют применения высокопотенциальной энергии. Поэтому выбор метода наиболее правильное решать на основе эксергического подхода. Существующая классификация физических методов (И.А. Рогов, А.В. Горбатов, 1974) указывает, что энергии квантового излучения в этом случае явно недостаточно для возникновения нежелательных побочных химических реакций.

Использование современных технических средств и методов нагрева позволяет при необходимости сократить до нескольких минут продолжительность термообработки практически независимо от геометрических размеров изделий при приемлемой экономичности производства.

Однако в ряде случаев приходится учитывать факторы (обезвоживание периферийных слоев мясопродуктов, незавершенность реакции цветообразования и т.д.), которые ограничивают применение слишком высоких скоростей нагрева (более 10°C в минуту).

Сравнение аминокислотного состава (качественное и количественное) мышечной ткани говядины, свинины, баранины, мяса птицы показало, что существенных отличий, ухудшающих аминокислотную формулу белка после сверхвысокочастотной (СВЧ) обработки, не наблюдается. Более того, в ряде случаев эта формула больше подходит для образцов мяса, приготовленных в СВЧ-шкафах.

Рядом исследователей было высказано предположение о возможном "специфическом" воздействии СВЧ-обработки на биологические объекты (Р.Шван, А.Пресман, А.Девятков, 1964-1973) и его использовании с целью подавления микробиологических процессов. Однако последующие исследования показали некоторую возможность этих эффектов только в миллиметровом диапазоне, который не используется для нагрева.

Расчетные и экспериментальные данные свидетельствуют о весьма низкой вероятности специфического деструктивного воздействия СВЧ-электромагнитного поля на белки и составляющие их аминокислоты. Значительное несовпадение энергии кванта СВЧ-излучения используемых в пищевой промышленности частот (915 и 2400 МГц) и первого потенциала ионизации практически исключает возможность резонансного поглощения его молекулами аминокислот. Поскольку энергетические уровни вращательных переходов молекул лежат в области частот, в 10^3 раз более высоких, вероятность колебательного возбуждения молекул также исчезающе мала.

Преимущества объемного нагрева с его возможностями быстрого достижения высоких температур с ограниченной продолжительностью воздействия хорошо реализуются для мясных продуктов, кулинарная готовность которых определяется прежде всего денатурацией белков мышечной ткани, т.е. для приготовления блюд из частей мяса с низким содержанием соединительной ткани, либо для изделий из измельченного мяса.

Соблюдение данного условия позволяет в большинстве случаев получить продукт высокой пищевой и биологической ценности, о чем свидетельствуют многочисленные экспериментальные данные последних лет, полученные в нашей стране (М.Козьмина, С.Некрутман, А.Малютин, В.Адаменко, А.Жаринов, В.Хлебников, И.Лерина, 1965-1977).

Представляет большой интерес идея проведения тепловой обработки мясopодуктов в замкнутом объеме при наличии контролируемой как по составу, так и по другим параметрам газовой среды (В. Иванов, А. Бражников, Н. Янушкин, Н. Журавская, А. Рослова, 1971-1977). Примером этому может служить размораживание мяса в среде насыщенного пара в условиях разряжения. Установлено, что в этих условиях резко возрастает коэффициент теплоотдачи, возникают знакопеременные нагрузки и, как следствие, значительно ускоряется процесс. Правда, этот метод пока применим для изделий небольшого размера. По-видимому, создание аппаратуры позволит осуществлять целый ряд тепловых процессов в атмосфере инертных газов, что, естественно, улучшит качество конечного продукта. Уникальное значение структурного состояния воды для биологических объектов и пищевых продуктов известно.

Хотелось бы привлечь внимание к интересной, но пока недостаточной изученной проблеме - влиянию состояния воды в пищевом продукте на его качество и условия проведения тепловых процессов.

Несомненно, что вода в системе имеет непосредственное отношение к развитию денатурационных и постденатурационных изменений, а они являются главнейшим следствием теплового воздействия на мясо.

Мы с вами сегодня будем рассматривать один из важнейших технологических приемов - тепловую обработку мясopодуктов - тесно соприкасающуюся с одной из наиболее острых проблем человечества - энергетической. Несомненно, что успехи в этой области заключаются, с одной стороны, в прогрессе учения о теплопередаче, а с другой стороны - науки о мясе.

Очевидно, что при поисках оптимальных условий нагрева не следует ограничиваться одним способом теплоподвода. Необходимо почти для каждой группы мясopодуктов найти свой, наиболее экономичный теплоподвод.

Наиболее плодотворным является путь рационального сочетания традиционных и новых методов, именно в этих условиях можно добиться минимальных затрат при высоком качестве мясopодуктов.

THERMAL TREATMENT OF MEAT PRODUCTS

Prof. Dr. Tech. Sci. I.A. Rogov, The Moscow Technological Institute of Meat & Dairy Industries, Moscow, USSR.

Dear colleagues,

Heating is a widely used universal method of meats processing and preservation.

By subjecting a meat product to such a treatment several ends are attained: inactivation of enzymic systems and microorganisms, ensurance of certain sensoric qualities.

There exist numerous procedures and apparatuses for heat processing; all of them are, however, based either on the conventional heat transfer or on volume heating methods involving internal heat sources and developed within the last decades.

To solve the problem of the expediency of a given heating method, a complex approach is needed, which considers heating dynamics, food nutritional value and palatability, including, above all, the character and extent of changes in proteins and constituent amino acids, and a number of technico-economic aspects. Two important factors of heat treatment can be emphasized which determine, basically, the nature and degree of protein changes irrespective of the method of heat supply to the object to be processed. These are as follows: heating time and the temperature at which the processed product is brought to the desired degree of doneness. The relation of these parametres for liquid pasteurization was analytically found by G. Cook.

That the product reaches culinary doneness is known to be determined by the combined result of changes in the two groups of proteins - muscle and connective tissue ones, the denaturation conversions of the proteins being here of the principal role.

The optimization of meats heat treatment requires further studies aimed at studying the character of the modification of individual proteins under various conditions of heating, as well as their influence upon the biological value and organoleptical qualities of meat products and the explanation of quantitative relationships. One has to state that the energetic aspects of heat-denaturation changes of meat are not, practically, studied.

In the meat industry millions of tons of raw materials are subjected to heating; the latter consumes a lot of energy, therefore, the systemic approach to its utilization is the task of primary importance.

The increasing influence of scantiness of the world available fuel resources upon the significance of individual kinds of energy-carriers and upon their role in energetics development is due, on the one hand, to a sharp rise of coal, oil and gas consumption (the output of coal grew by 4.2 times, of oil - by 15.8 times and of gas - by 90.4 times from 1940 to 1975), this causing a reduction in oil and gas reserves down to decades and in coal down to centuries, and on the other hand, it is due to discoveries of new potential trends in oil and gas utilization as the raw material for the chemical industry. As a result, it becomes still more insistent to limit oil and gas utilization all over the world as a fuel for boilers and furnaces and to switch over to other kinds of fuel, such as coal, schists, peat, hydro- and atomic energy (R.I. Agladzé, 1975).

In the recent years, due to the energetic crisis, interesting investigations have been initiated aimed at studying the optimum conditions for energy consumption, including, naturally, heat energy.

One can reckon upon sufficiently substantiated conclusions, when analyzing different methods of meat treatment, only in case of a systemic approach to this problem with regard for energy consumption in the whole chain of meats production, storage and preparation for direct eating.

In this connection, of undoubted interest are the results obtained by Löndahe Göran (1977) who calculated energy consumption with foods refrigeration and conventional methods of preservation and demonstrated the advantages of freezing.

Not all the conclusions seem indisputable, take, e.g. the degree of doneness: heat-preserved food products are, practically, ready-to-eat or need only warming, whereas frozen products are to be thawed, brought to culinary doneness, this being connected with considerable energy consumption. The usefulness of such investigations, however, seem to be quite high as a systemic approach to choosing a processing procedure providing the minimal consumption of energy.

Obviously, within the nearest future programs aimed at studying and re-considering radically the structure of energy resources, as well as at using widely the methods of energy regeneration in the meat industry and analyzing deeply both technical and economic resources should be developed.

Under such conditions, of special importance becomes the efficiency of fuel-energy resources (FER). More rational FER expenditure and saving of public expenses due to a FER rise make the question of choosing the optimum structure of energy-carriers consumption fairly sharp. From this viewpoint, at the present stage of energetics development, wherever it is possible, it is necessary to use directly heat energy or gas rather than electric energy, and to use gas instead of heat energy. E.g., according to approximate calculations, in food service systems gas utilization is more efficient by 1.5-1.6 times as compared to electric energy. From here follows the necessity of predominant utilization of, firstly, gas and, secondly, heat energy in technological processes. In every concrete case the solution of this question must be technico-economically substantiated.

I should also stress the prospectiveness of the trend to exergically consider the food proper as a product which is prepared by using energy and is a carrier of energy for the man. In future this method will, probably, lead to the development of the objective evaluation of vegetable food products by their exergic characteristics.

A reduction of pecuniary expenses and an increase of labour productivity in the meat production result in the tendency toward bigger geometrical dimensions of products. This is quite justified, but somewhat contradictory. At the conventional heat transfer the gradiancy of heating is the moving force of a process.

Having mentioned these moments and with regard for an extremely low meat heat conduction, one has to recognize that, as a consequence, there also arises quality gradiancy, the levelling of which causes lower average quality indices with growing dimensions of a product. In addition, continuous intensification of time-consuming heat processes result in two contradictory tendencies: continuous acceleration of heat processes and restriction of the process speed due to insufficient, according to the present

conceptions, physico-chemical changes in a product which allow to recognize the latter as ready-to-eat.

It is quite possible that the latter tendency sometimes gives the traditional impression of the degree of product doneness reflecting both heat-physical and biochemical characteristics and national peculiarities of a product.

It is obvious that the rate of conduction heating is also limited with the heat-physical characteristics of the product proper, which are known to be low enough for meat, and the analytical procedure does not seem indisputable (V.M. Gorbatov, V.I. Masyukov, G.K. Babanov, 1960-1973). All this allows to state that there are natural limits restricting the rate of heat processes.

The way out of this situation can be found in the application of non-conventional method of heat feeding: electrocontact, infrared, super-high frequency heating, and sometimes, steamcontact, though in most cases they require high-potential energy. It would be, therefore, more correct to decide on the choice of methods on the basis of exergic approach. The existing classification of physical methods (I.A. Rogov, A.V. Gorbatov, 1974) indicates that radiation quanta energy in this case is clearly insufficient to initiate undesirable chemical concurrent reactions.

The use of modern technical means and methods of heating permit, if necessary, to reduce thermal treatment time down to several minutes irrespective, practically, of product geometrical dimensions, at reasonable production economy.

In a number of cases one has, however, to account for some factors (defatting of circumferential layers of meat products, incomplete colour development, etc.) which limit the application of too high heating rates (more than $10^{\circ}\text{C}/\text{min.}$).

Quantitative and qualitative comparisons of the amino acid composition of beef, pork, mutton and poultry meat showed that there were no significant differences which would worsen the amino acid profile of proteins post SHF-treatment. Moreover, in some cases this profile is similar to the meat samples cooked in SHF-ovens.

A number of researchers suggested a possible "specific" effect of SHF-heating upon biological objects (R. Schwan, A. Presman, A. Devyatkov, 1964-1973) and its potential use to inhibit

microbiological processes. Subsequent studies indicated, however, a certain possibility of these effects in the millimeter range which is not used for heating.

Estimated and experimental data evidence a rather low probability of a specific destruction effect of SHF electromagnetic field upon proteins and their constituent amino acids. A significant convergence between the SHF-radiation quantum energy of the frequencies, used in the food industry (915 and 2400 Mcs), and the first potential of ionization eliminates, practically, its possible resonance absorption by amino acid molecules. Since the energetic levels of molecules rotational transitions lie within the frequency range which is by 10^3 times higher, the probability of the oscillating excitation of molecules is also infinitely small.

The advantages of volume heating, which makes it possible to quickly attain high temperatures and is characterized with limited exposition time, suit well meat products, which culinary doneness is determined, first of all, with muscle protein denaturation, i.e. they are favourable for cooking meals from meat cuts, containing little connective tissue, or for comminuted meat products.

The observance of this condition enables one in many cases to obtain a product of high food and biological value, this being proved with numerous recent experimental data in this country (M. Kozmina, S. Neckroutman, A. Malyutin, V. Adamenko, A. Zharinov, V. Khlebnikov, I. Lerina, 1965-1977).

Of great interest is the idea of heating meat products in a closed volume in the gas medium with controlled composition and other parameters (V. Ivashov, A. Brazhnikov, N. Yancoushkin, N. Zhouravskaya, A. Roslova, 1971-1977). It can be exemplified with meat vacuum-thawing in a saturated steam atmosphere. It was established that under such conditions the coefficient of heat removal jumps sharply, sign-variable loads occur and, as a consequence, the process is greatly accelerated. True, this method is now applicable to products of small dimensions. Evidently, the development of apparatuses will allow to conduct quite a number of heat processes in the atmosphere of inert gases, this improving, naturally, the quality of finished products. The unique value of water structural state for biological objects and foods is well known.

I would like to draw your attention to an interesting but little studied problem, viz., the influence of water state in a food product upon its quality and on the heat process conditions.

No doubt that water in a system is directly related to the development of denaturation and post-denaturation changes, which are the basic consequence of heat effect upon meat.

We here are going to discuss one of the most important technological operations - heat treatment of meat products - closely connected with a most acute problems of the mankind, viz., the problem of energy. Undoubtedly, successes in this field are related to the progress of the theory of heat transfer, on the one hand, and of meat science, on the other hand.

It is clear that, when looking for heating optimum conditions, one should not restrict himself with one method of heat supply only. It is necessary - nearly for each group of meat products - to find its own, most economical method of heat supply.

Most effective is the way of a rational combination of conventional and new methods; it is with this combination that one can attain the minimal expenditures at a high quality of meat products.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ

Д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Заяс
Московский кооперативный институт,
Москва, СССР

В последние годы наблюдается значительное расширение диапазона исследований в области совершенствования методов и разработки научно обоснованных режимов тепловой обработки мяса и мясопродуктов. Необходимость интенсификации и совершенствования процессов тепловой обработки обусловлена, в частности, тем, что она является узким местом при производстве ряда мясопродуктов и в значительной степени при тепловой обработке формируются характерные показатели качества готового продукта.

Основное внимание при изучении процессов тепловой обработки уделяется денатурационным изменениям белковых веществ. Современный уровень знаний структуры белковой молекулы позволяет представить