

G - 14

116

ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ
НИИ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

th EUROPEAN CONGRESS
OF MEAT RESEARCH INSTITUTES

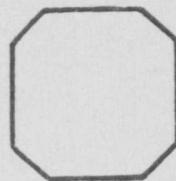
ter EUROPÄISCHER KONGREß
DER FLEISCHFORSCHUNGSIINSTITUTE

eme CONGRES EUROPEEN
DES INSTITUTS DE RECHERCHES
SUR LES VIANDES

В.М.Горбатов,

П.С. Гноевой, В.Н. Масюков

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
БЕССТРУКТУРНЫХ КОЛБАС



МОСКВА 1964г.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
мясной промышленности. СССР

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
БЕССТРУКТУРНЫХ КОЛБАС

В.М.Горбатов, П.С. Гноевой, В.Н.Масюков

А Н Н О Т А Ц И Я

Проектирование и осуществление установок для термической обработки колбас, например камер для обжарки, варки и охлаждения, требуют знания таких величин, как теплоемкость колбасы, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности.

Отсутствие этих данных не позволяет определить коэффициент теплопередачи от греющей среды к термически обрабатываемому телу, не позволяет рассчитать количество тепла, необходимого для термической обработки колбас, и составить тепловой баланс. К сожалению, до сих пор в литературе не указываются достаточно полные и надежные параметры.

В связи с этим ВНИИМП в 1963 г. приступил к экспериментальному определению данных параметров, используя для этой цели калориметрический метод.

Учитывая, что при процессах теплообмена колбасы в металлических герметичных калориметрах процессы массообмена исключаются, мы были вынуждены определять термические параметры колбасы, соответствующие процессам охлаждения готовой продукции, по выходе ее из

варочных камер. Кроме того, калориметрический метод определения данных параметров не позволяет использовать структурные колбасы. Поэтому мы вначале определяли теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности бесструктурных колбас в процессе их охлаждения по выходе из варочной камеры.

В дальнейшем мы предполагаем определять термические параметры и для процессов варки колбасы.

Исследуя процессы охлаждения готовой продукции, мы были вынуждены выбрать экспериментальный интервал температуры в пределах от 40 до 70°, так как нижний предел диктовался техническими возможностями используемой нами экспериментальной установки, а верхний — определялся температурой в центре батона колбасы по выходе ее из варочной камеры.

Приводятся сводные таблицы результатов определения теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности столовой и докторской колбас и графики зависимости средних значений этих параметров от температуры.

Так как нижний предел температур в наших экспериментах был установлен порядка 40°, скрытая теплота плавления свиного жира не оказывала заметного влияния на теплоемкость (при данной температуре, как известно, плавление свиного жира в процессе его нагревания уже заканчивается). Влиянием же плавления незначительного количества говяжьего жира, имеющегося в колбасном фарше, можно пренебречь.

Вследствие изложенного мы сочли возможным отношение теплоемкости и коэффициента теплопроводности данных колбас к температуре выразить в виде линейной зависимости.

Зависимость коэффициента температуропроводности от температуры для столовой и докторской колбас (в пределах температур от 40 до 70°), как показали опыты, весьма незначительна, поэтому мы сочли возможным на графиках принять, что $a=\text{const}$.

INSTITUT DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES SUR LES VIANDES
DE L'U.R.S.S.

A PROPOS DES RESULTATS DE LA DETERMINATION EXPERIMENTALE
DES PARAMETRES THERMIQUES POUR LES SAUCISONS DE STRUCTURE
FINE (AVEC LA VIANDE HOMOGENE FINEMENT HACHEE)

V.M.Gorbatov, P.S.Gnoévoy,
V.N.Massukov

S O M M A I R E

Le projet et la réalisation des installation pour le traitement thermique des saucissons (p.ex. chambres de fumage à chaude, de cuisson et de refroidissement) exigent la connaissance de telles valeurs comme la capacité thermique de saucisson, le coefficient de conductibilité et celui de conduction de température.

L'absence de ces données ne permet pas la détermination du coefficient de transmission de la chaleur du milieu de chauffage au corps traité par la chaleur, elle ne permet pas calculer la quantité de la chaleur nécessaire pour le traitement thermique des saucissons et composer l'équilibre thermique. Par malheur dans la littérature il n'y a pas jusqu'ici des paramètres complets sur lesquels on peut compter.

En rapport avec tout cela l'Institut de Recherches Scientifiques sur les Viandes de l'U.R.S.S. en 1963 commença la détermination expérimentale des paramètres donnés en utilisant la méthode calorimétrique.

Compte tenu que dans les procédés d'échange de chaleur des saucissons en calorimètres hermétiques métalliques les procédés d'échange de masse sont éliminés nous devons déterminer des paramètres thermiques pour les saucissons, correspondant aux procédés de refroidissement du produit fini à la sortie des chambres à cuisson. Outre cela la méthode calorimétrique de détermination des paramètres donnés ne permet pas utiliser des saucissons avec lard additionné. Voilà pourquoi nous avons tout d'abord déterminé la capacité thermique, les coefficients de conductibilité et de conduction de tempéra-

ture dans les saucissons de structure fine pendant leur refroidissement à la sortie de la chambre à cuison.

A l'avenir nous nous proposons déterminer des paramètres thermiques pour les procédés de cuisson des saucissons.

En étudiant les procédés de refroidissement du produit fini nous avons dû choisir la température d'examen à l'intervalle de 40° à 70°C , car la limite inférieure était bornée par les possibilités techniques de notre installation expérimentale. On a déterminé la limite supérieure par la température dans le milieu de saucisson à sa sortie de la chambre à cuison.

Les tableaux des résultats ont donné pour la détermination de capacité thermique, ainsi que des coefficients de conduction de température pour les saucissons de structure fine (dits doctorskaia et stolovaia) et les courbes de l'influence des températures sur ces paramètres.

Comme la limite inférieure était de l'ordre 40° la chaleur de fusion du saindoux n'influait sensiblement la capacité thermique (on sait qu'à température donnée la fusion du saindoux déjà finit). On peut négliger l'influence de fusion en de la graisse de boeuf qui se trouve dans le saucisson petite quantité.

Voilà pourquoi nous avons exprimé le rapport de capacité thermique et coefficient de conductibilité des saucissons de structure fine à température comme la dépendance linéaire.

Nous avons accepté $a=\text{const.}$, parce que la dépendance du coefficient de conduction de température et de la température elle-même pour les saucissons doctorskaia et stolovaia (l'intervalle de température $40^{\circ}-70^{\circ}$) est peu significative selon nos expériments.

ON THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THERMAL
PARAMETERS OF SAUSAGES WITHOUT BACK-FAT ADDED

Gorbatov V.M., Gnoevoy P.S.,
Masyukov V.N.

S U M M A R Y

The designing and realization of units for sausage thermal treatment, e.g. chambers for hot smoking, cooking and chilling, require the knowledge of such factors as sausage heat capacity, the coefficients of thermal and temperature conductivity.

The absence of such data prevents from determining the coefficient of heat transfer from the heating medium to products to be thermally treated, from calculating the amount of heat required for sausage thermal treatment and from determining heat balance. Unfortunately, in literature there are no available data yet, sufficiently complete and reliable, on these parameters.

In view of this, in 1963 VNIIMP started experimental determination of the mentioned parameters by means of the calorimetical method.

Taking into account that at sausage heat exchange processes in metal hermetically sealable calorimeters mass exchange is eliminated, we had to determine sausage thermal parameters, corresponding to the chilling processes of finished product, when the latter left cooking chambers. Besides, calorimetical determination of the given parameters does not allow using sausages with back-fat added, i.e. having a certain structure, therefore, we first found heat capacity, the coefficients of thermal and temperature conductivity of so-called "structureless" sausages, i.e. without back-fat added, during their chilling on leaving cooking chambers.

Further we intend to determine thermal parametres for cooking sausage as well.

While studying the chilling processes of finished products, we had to choose the experimental temperature range from 40 to 70° as the lower limit was conditioned by technical potentialities of our experimental unit and the upper limit - by the temperature in the sausage centre on leaving the cooking chamber.

Summary tables, indicating the results of heat capacity and the coefficients of thermal and temperature conductivity determination for the "Stolovaya" and "Doctorskaya" sausages, and graphs of the relations of these parameters average values to temperature are presented.

As the temperature lower limit in our experiments was of the order of 40°, the latent heat of pork fat melting did not exert marked effect on heat capacity (at the temperature indicated, as is known, pork fat melting comes to an end). The effect of beef fat melting may here be neglected due to its insignificant content in sausage minced meat.

Due to the above-said, we considered it possible to express the ratio of heat capacity and the coefficient of thermal conductivity to temperature as a linear one.

The relation of the coefficient of temperature conductivity to temperature for the "Stolovaya" and "Doctorskaya" sausages (within the 40-70° range) are, as our experiments show, rather insignificant, therefore, we believed it possible to assume $a=\text{const.}$ in the graphs.

ERGEBNISSE DER EXPERIMENTELLEN BESTIMMUNG
VON THERMISCHEM PARAMETERN FÜR FEINZERKLEINERTE WURSTE
OHNE SPECKEINSCHLIESSUNGEN

W.M.Gorbatow, P.S.Gnojewoy, W.N.Massukow

Z U S A M M E N F A S S U N G

Das Entwerfen und die Entwicklung von Anlagen zur Wärmebehandlung der Würste, z.B. Heißräucherungs-, Koch- und Kühlkammern, fordern die Bestimmung solcher Werte, wie Wärmeaufnahmevermögen der Wurst, Wärme- und Temperaturleitzahlen.

Das Fehlen dieser Angaben ermöglicht nicht, die Wärmedurchgangszahl von der Wärmequelle bis zum wärmebehandelten Produkt zu ermitteln, den Wärmeaufwand für die Wärmebehandlung der Würste zu errechnen und die Wärmobilanz aufzustellen. Bis zur Zeit sind leider in der Literatur noch keine präzisen und zuverlässigen Parameter angeführt.

In diesem Zusammenhang wurde im Allunions-Forschungsinstitut der Fleischwirtschaft im Jahre 1963 die experimentelle Bestimmung dieser Parameter mit der kalorimetrischen Methode durchgeführt.

Mit Rücksicht darauf, daß beim Wärmeaustausch der Wurst in den hermetischen Metallwärmemessern der Massenaustausch ausgeschlossen ist, waren wir gezwungen, die thermischen Parameter der Wurst, die auch dem Kühlvorgang der fertigen Produktion entsprechen, nach deren Austritt aus den Kochkammern zu bestimmen. Außerdem erlaubt die kalorimetrische Bestimmungsmethode dieser Parameter keine Anwendung von Würsten mit Speckeinschließungen. Darum wurden zunächst das Wärmeaufnahmevermögen, die Wärme- und Temperaturleitzahlen von feinzerkleinerten Würsten ohne Speckeinschließungen während der Kühlung nach deren Austritt aus der Kochkammer ermittelt.

In Zukunft beabsichtigen wir, auch die thermischen Parameter für den Kühlvorgang der Wurst zu bestimmen.

Bei der Untersuchung des Kühlvorganges der fertigen Produktion wurden wir gezwungen, die Temperatur im Bereich von

40 bis 70° auszuwählen, weil die untere Temperaturgrenze von den technischen Möglichkeiten der angewandten Versuchsanlage und die obere Temperaturgrenze von der Temperatur in der Wurstmitte nach deren Austritt aus der Kochkammer abhängig waren.

In der Arbeit sind die Tabellen mit den ermittelten Wärmeaufnahmevermögen, Wärme- und Temperaturleitzahlen für die Brühwürste "stolowaja" und "doktorskaja" und die Kurven der Abhängigkeit der durchschnittlichen Parameter von der Temperatur angegeben.

Da die untere Temperaturgrenze in unseren Versuchen etwa 40° betrug, war die latente Wärme vom Schweinefettschmelzen ohne wesentlichen Einfluß auf das Wärmeaufnahmevermögen (bekanntlich ist bei dieser Temperatur das Schweinefettschmelzen während der Erwärmung schon zu Ende). Die Einwirkung von Rinderfettschmelzen kann vernachlässigt werden, weil dessen Gehalt im Wurstbrät unbedeutend ist.

Auf Grund des Obengesagten halten wir es für möglich, das Verhalten des Wärmeaufnahmevermögens und der Wärmeleitzahl zu der Temperatur für diese Würste in linearer Abhängigkeit auszudrücken.

Die Versuche ergaben, dass die Abhängigkeit der Temperaturleitzahl von der Temperatur für die Würste "stolowaja" und "doktorskaja" (im Temperaturbereich von 40 bis 70°) sehr unwesentlich ist, darum betrachten wir in den Kurven $a=const.$

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕССТРУКТУРНЫХ КОЛБАС

В.М. Горбатов, П.С. Гноевой и В.Н. Масюков

Проектирование установок для термической обработки колбас и колбасных изделий, например камер для обжарки, варки и охлаждения, не может быть осуществлено без знания таких величин, как теплоемкость, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности.

К сожалению, до сих пор в литературе не указываются достаточно полные и надежные параметры.

В связи с этим ВНИИМП ведет в настоящее время работу по экспериментальному определению термических параметров колбас.

Исследование проводится калориметрическим методом в латунных калориметрах, в которых процессы массообмена исключаются. Поэтому вначале мы определяли термические параметры, соответствующие процессам охлаждения готовой продукции по выходе колбас из варочной камеры.

В дальнейшем полагается определить эти параметры и для процессов нагревания сырого фарша.

Учитывая, что калориметры не позволяют исследовать структурные колбасы мы определяли термические параметры для бесструктурных колбас. Ниже представляются данные о термических параметрах докторской и столовой колбас.

Калориметрическим методом определяли коэффициент температуропроводности и теплоемкость в процессе охлаждения колбасы от $t_1 = 70^\circ$ до $t_2 = 40^\circ$.

Верхний предел температур обусловлен температурой колбасы в центре батона по выходе ее из варочной камеры. Нижний предел температур обусловлен техническими возможностями экспериментальной установки.

Величина коэффициента температуропроводности а вычислялась по формуле

$$a = K \cdot M_{\alpha \rightarrow \infty},$$

$$\text{где } K = \frac{1}{\frac{5,783}{R^2} + \frac{9,87}{L^2}},$$

R - внутренний радиус калориметра в м,

L - внутренняя высота калориметра в м,

$M_{\alpha \rightarrow \infty}$ - темп охлаждения колбасы в калориметре при его охлаждении в водяном термостате.

Учитывая размеры калориметра: $R = 0,022$ м и $L = 0,073$ м, получим:

$$a = 0,7246 \cdot 10^{-4} M_{\alpha \rightarrow \infty}.$$

Удельная теплоемкость колбасы $C_p \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ определялась по формуле:

$$C_p = \frac{\Psi}{G} \left[\frac{M_\alpha}{M_m} C_\alpha - C_{\text{пол}} \right] \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}},$$

где $\Psi = 1 - \frac{R_1^2 M_m}{8 a}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность температурного поля; $R_1 = 0,009$ м - радиус микрокалориметра;

$C_\alpha, C_{\text{пол}}$ - теплоемкости эталонного и полого калориметров в $\frac{\text{кал}}{\text{град}}$;

G - вес колбасы в полом калориметре в г;

M_M и M_∞ - темпы охлаждения испытуемого материала и эталонного калориметра.

Все темпы охлаждения определялись по уравнению:

$$M = \frac{\partial \ln \theta}{\partial \tau},$$

где θ - избыточная температура в $^{\circ}\text{C}$,
 τ - время в часах.

Для примера рассмотрим определение величин: a ; C_p и λ при $t = 40^{\circ}$ (опыт № 7) для докторской колбасы.

Так как из эксперимента темп охлаждения материала получился равным:

$$M_{\alpha \rightarrow \infty} = 5,5 \frac{1}{\text{час}},$$

то коэффициент температуропроводности a выразится:

$$a = K \cdot M_{\alpha \rightarrow \infty} = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 5,52 = 4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{час}}.$$

При охлаждении эталонного и полого калориметров темпы получились равными:

$$M_\infty = 2,22 \frac{1}{\text{час}} \quad \text{и} \quad M_M = 2,03 \frac{1}{\text{час}}.$$

Учитывая, что коэффициент Ψ выражается по вышеприведенным формулам:

$$\Psi = 1 - 0,1 \frac{2,03}{4} = 0,949 \approx 0,95,$$

получим

$$C_p = \frac{0,95}{14,22} \left[\frac{2,22}{2,03} - 13,9 - 3,36 \right] = 0,792 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}},$$

где вес колбасы в полом калориметре составлял

$$G = 14,22 \text{ г.}$$

Теплоемкость латунного, эталонного калориметра

$$C_\infty = 13,9 \frac{\text{кал}}{\text{град}},$$

а теплоемкость полого калориметра

$$C_{\text{пол}} = 3,36 \frac{\text{кал}}{\text{град}}.$$

Для определения коэффициента теплопроводности λ необходимо знать величины a , C_p и γ — где γ — удельный вес колбасы, так как

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma \frac{\text{кал}}{\text{час} \cdot \text{м} \cdot \text{град}}.$$

В связи с этим определим удельный вес колбасы (опыт № 7).

Так как

$$\gamma = \frac{1000 \cdot G}{0,785 \cdot D^2 \cdot H} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где G — вес колбасы в калориметре в г,

D — диаметр колбасы в см,

H — длина колбасы в см,

из опыта найдено, что $D = 4,4$ см; $H = 6,7$ см.

Следовательно, $\gamma = \frac{1000 \cdot G}{0,785 \cdot 4,4^2 \cdot 6,7} \approx 10G$,

но $G = 101$, г, поэтому

$$\gamma = 10 \cdot G = 10 \cdot 101 = 1010 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

На основании полученных данных определим коэффициент теплопроводности

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,792 \cdot 1010 = 0,316 \frac{\text{кал}}{\text{час} \cdot \text{м} \cdot \text{град}}.$$

Рассмотрим теперь опыт № 2 со столовой колбасой при $t = 40^\circ$

Из опыта найдено, что

$$m_{\alpha \rightarrow \infty} = 5,76 \frac{1}{\text{час}},$$

следовательно, коэффициент температуропроводности выразится:

$$a = K \cdot M_{\infty} = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 5,76 = 4,18 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{час}}.$$

117

Определим коэффициент неравномерности температурного поля

$$\Psi = 1 - \frac{R_1^2 M_M}{8 \cdot a} = 1 - 0,1 \frac{2,17}{4,15} \approx 0,948,$$

где $4,15 \cdot 10^{-4}$ — значение a в среднем за все опыты со столовой колбасой.

Учитывая, что темпы охлаждения колбасы в калориметрах (при опыте № 2) получились

$$M_\vartheta = 2,28 \frac{1}{\text{час}} \quad \text{и} \quad M_M = 2,17 \frac{1}{\text{час}},$$

определим удельную теплоемкость колбасы

$$C_p = \frac{\Psi}{G} \left[\frac{M_\vartheta}{M_M} C_\vartheta - C_{\text{пол}} \right] = \frac{0,948}{13,87} \left[\frac{2,28}{2,17} \cdot 13,9 - 3,36 \right] \approx 0,77 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

Аналогичным образом находим удельный вес колбасы. Он получился равным

$$\gamma = 990 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Определим теперь коэффициент теплопроводности колбасы

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma = 4,18 \cdot 10^{-4} \cdot 0,77 \cdot 990 \approx 0,318 \frac{\text{ккал}}{\text{час} \cdot \text{м. град}}.$$

На основании подобных расчетов составлены сводные таблицы результатов экспериментального определения

термических параметров для докторской и столовой колбас, которые приводятся ниже.

Учитывая, что при $t = 40^\circ$ свиной жир заканчивает, в основном, плавление, а говяжий и бараний жир в упомянутых колбасах содержится в небольшом количестве, мы сочли возможным зависимость C_p от температуры изобразить в виде линейной зависимости.

Как показали опыты, при определении коэффициента температуропроводности докторской и столовой колбас величина этого коэффициента в пределах температур от 40 до 70° незначительно зависит от температуры. Поэтому мы сочли возможным в этих пределах температур принять $a = \text{const}$.

ВЫВОДЫ

1. Как показали опыты, удельная теплоемкость C_p для исследуемых докторской и столовой колбас в пределах температур от 40 до 70° незначительно зависит от температуры.

2. Зависимость удельной теплоемкости C_p от температуры для данных колбас в пределах от 40 до 70° весьма близка к линейной.

3. Несколько большие значения величины C_p для докторской колбасы по сравнению со столовой колбасой получаются за счет большего содержания жира в докторской колбасе.

4. Аналогичные результаты получились и при определении коэффициентов теплопроводности λ .

5. Вследствие незначительной зависимости коэффициента температуропроводности a от температуры в пределах от 40 до 70° для исследуемых колбас можно считать, что величина a не зависит от температуры, т.е., что $a = \text{const}$.

6. Как показали опыты, удельная теплоемкость C_p исследуемых колбас в основном зависит от влажности колбасы и количества находящегося в ней жира.

Сводная таблица результатов экспериментального определения теплоемкости C_p , коэффициента температуропроводности α и коэффициента теплопроводности λ для столовой колбасы ЭККЗ ВНИИПП

A summary table of the results of experimental determination heat capacity " C_p ", the coefficient of temperature conductivity "a" and the coefficient of thermal conductivity " λ " for the "Stolovaya" sausage produced by the VNIIMP pilot sausage plant.

Определяемые величины Values to be determined	О п н т н Experiments										Среднее значение Average value	Размерность Units
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10		
α $t = 40^\circ C$	$4,18 \cdot 10^{-4}$	$4,18 \cdot 10^{-4}$	$4,05 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3,91 \cdot 10^{-4}$	$4,35 \cdot 10^{-4}$	$4,26 \cdot 10^{-4}$	$4,35 \cdot 10^{-4}$	$4,15 \cdot 10^{-4}$	$m^2/\text{час}$ m^2/hr
α $t = 70^\circ C$	$4,18 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$4,26 \cdot 10^{-4}$	$4,22 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4,35 \cdot 10^{-4}$	$4,35 \cdot 10^{-4}$	$4,35 \cdot 10^{-4}$	$4,21 \cdot 10^{-4}$	$m^2/\text{час}$ m^2/hr
C_p $t = 40^\circ C$	0,78	0,77	0,74	0,76	0,78	0,77	0,78	0,78	0,76	0,75	0,77	ккал/кГ·град kcal/kg.°C
C_p $t = 70^\circ C$	0,82	0,83	0,82	0,83	0,79	0,82	0,79	0,82	0,78	0,78	0,81	ккал/кГ·град kcal/kg.°C
γ $t = 40^\circ C$	1010	990	980	1000	1010	1010	1000	990	970	1010	997	$\text{кг}/\text{м}^3$ kg/m^3
γ $t = 70^\circ C$	1010	960	980	1010	1000	980	980	1000	1000	990	991	$\text{кг}/\text{м}^3$ kg/m^3
λ $t = 40^\circ C$	0,329	0,318	0,294	0,314	0,315	0,312	0,305	0,336	0,314	0,329	0,317	ккал/час·м·град kcal/hr·m·°C
λ $t = 70^\circ C$	0,346	0,342	0,342	0,354	0,326	0,322	0,310	0,356	0,339	0,336	0,337	ккал/час·м·град kcal/hr·m·°C

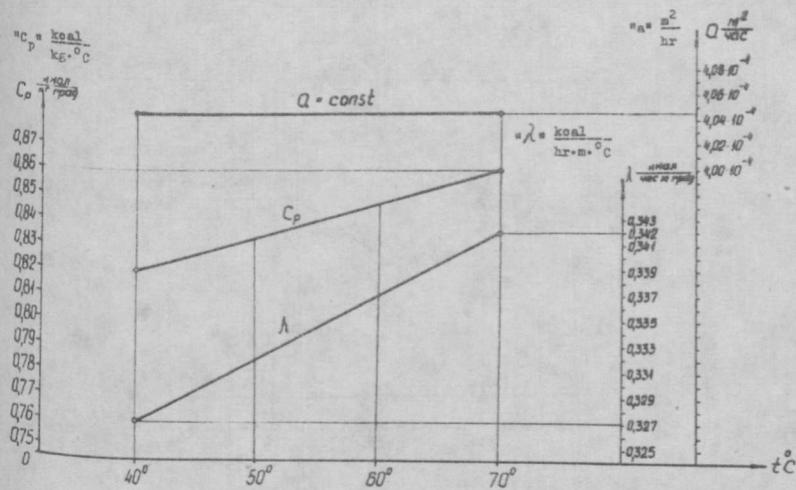
Сводная таблица результатов экспериментального определения теплоемкости C_p , коэффициента температуропроводности α и коэффициента теплопроводности λ для докторской колбасы ЭККЗ ВНИИМП

A summary table of the results of experimental determination of heat capacity " C_p ", the coefficient of temperature conductivity " α " and the coefficient of thermal conductivity " λ " for the "Doctorskaya" sausage produced by the VNIIIMP pilot sausage plant.

Определяемые величины Values to be determined	Опыты Experiments										Среднее значение Average value	Размерность Units
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10		
α $t = 40^\circ\text{C}$	$3,92 \cdot 10^{-4}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$	$3,96 \cdot 10^{-4}$	$4,05 \cdot 10^{-4}$	$4,09 \cdot 10^{-4}$	$4,05 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4,26 \cdot 10^{-4}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$	$4,06 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{м}^2}{\text{час}} \frac{\text{м}^2}{\text{hr}}$
α $t = 70^\circ\text{C}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4,19 \cdot 10^{-4}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$	$3,96 \cdot 10^{-4}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3,96 \cdot 10^{-4}$	$3,92 \cdot 10^{-4}$	$4,09 \cdot 10^{-4}$	$3,92 \cdot 10^{-4}$	$4,032 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\text{м}^2}{\text{час}} \frac{\text{м}^2}{\text{hr}}$
C_p $t = 40^\circ\text{C}$	0,812	0,832	0,802	0,792	0,832	0,832	0,792	0,820	0,832	0,840	0,82	$\text{kкал}/\text{кГ}\cdot\text{град}$ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{°C}$
C_p $t = 70^\circ\text{C}$	0,92	0,94	0,83	0,84	0,84	0,90	0,83	0,86	0,84	0,840	0,86	$\text{kкал}/\text{кГ}\cdot\text{град}$ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot\text{°C}$
γ $t = 40^\circ\text{C}$	1040	1040	970	980	1000	1040	1010	970	960	970	998	$\text{кг}/\text{м}^3$ kg/m^3
γ $t = 70^\circ\text{C}$	1040	1040	970	970	990	1030	980	970	990	960	994	$\text{кг}/\text{м}^3$ kg/m^3
λ $t = 40^\circ\text{C}$	0,318	0,344	0,308	0,314	0,340	0,336	0,316	0,318	0,340	0,338	0,327	$\text{ккал}/\text{час}\cdot\text{м}\cdot\text{град}$ $\text{kcal}/\text{hr}\cdot\text{m}\cdot\text{°C}$
λ $t = 70^\circ\text{C}$	0,368	0,394	0,334	0,322	0,344	0,360	0,322	0,326	0,340	0,316	0,342	$\text{ккал}/\text{час}\cdot\text{м}\cdot\text{град}$ $\text{kcal}/\text{hr}\cdot\text{m}\cdot\text{°C}$

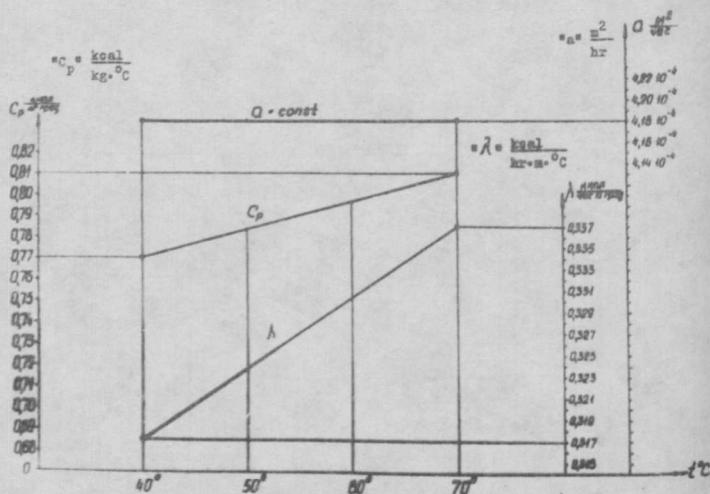
Зависимости удельной теплоемкости и коэффициентов теплопроводности
и температуропроводности докторской колбасы от температуры

Relations of specific heat and the coefficients of thermal and temperature conductivity to temperature for the "Doctoreskaya" sausage.



Зависимости удельной теплоемкости и коэффициентов теплопроводности
и температуропроводности столовой колбасы от температуры

Relations of specific heat and the coefficients of thermal and temperature conductivity to temperature for the "Stolovaya" sausage.



ON THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THERMAL
PARAMETERS OF SAUSAGES WITHOUT BACK-FAT ADDED

Gorbatov V.M., Gnoevoy P.S.,
Masyukov V.N.

The designing of units for sausage and sausage items thermal treatment, e.g. chambers for hot smoking, cooking and chilling, is impossible without knowing such factors as heat capacity, the coefficient of thermal conductivity and the coefficient of temperature conductivity.

Unfortunately, in literature sufficiently complete and reliable parameters are not indicated yet.

In view of this, VNIIMP is now carrying out work on the experimental determination of sausage thermal parameters.

The investigations are performed calorimetrically in brass calorimeters in which mass exchange is eliminated. First we, thererore, determined the thermal parameters corresponding to the processes of chilling finished products on sausage leaving the cooking chamber. Further we intend to determine these parameters for the processes of raw minced meat heating.

Taking into account that calorimeters do not allow studying sausages with back-fat added, i.e. having a certain structure, we determined thermal parameters for so-called "structureless" sausages, i.e. without back-fat added the below-given data show thermal parameters of the "Doctorskaya" and "Stolovaya" sausages.

The coefficient of temperature conductivity and heat capacity in the process of sausage chilling from $t_1=70^\circ$ to $t_2=40^\circ$ were determined by means of the calorimetric method.

The upper temperature limit is preconditioned by the temperature in the sausage unit centre when this sausage leaves the cooking chamber. The lower temperature limit is precon-

ditioned by technical potentialities of the experimental unit
The value of the temperature conductivity coefficient was
calculated by the formula:

$$a = K \cdot m_{d \rightarrow \infty},$$

where $K = \frac{1}{\frac{5.783}{R^2} + \frac{9.87}{L^2}}$,

R is the internal radius of the calorimeter in m,
L is the internal height of the calorimeter in m,
 $m_{d \rightarrow \infty}$ is the rate of sausage chilling in the calorimeter
at its cooling in a water thermostat.

Considering the calorimeter dimensions: R=0.022 m and
L=0.073 m, we obtain:

$$a = 0.7246 \cdot 10^{-4} \cdot m_{d \rightarrow \infty}.$$

Sausage specific heat C_p kcal/kg.°C was determined
by the formula:

$$C_p = \frac{\psi}{G} \left[\frac{m_3}{m_M} C_3 - C_{HOM} \right] \frac{\text{kcal}}{\text{kg°C}},$$

where $\psi = 1 - \frac{R_1^2}{R^2} \frac{m_M}{m_3}$ is coefficient with regard for tem-
perature field nonuniformity; $R_1 = 0.009$ m is the radius of
a microcalorimeter; C_3 and C_{HOM} are heat capacities of the
standard and hollow calorimeters in cal/°C; G is the weight in the hollow calorimeter in g.; m_M and m_3 are the rates of the experimental material and the standard calorimeter chilling.

All the chilling rates were found by the equation:

$$m = \frac{d \ln \Theta}{dT},$$

where Θ is excessive temperature in °C,

T is time in hours.

For example, consider the determination of the values:
 a , C_p and λ at $t=40^\circ$ (Experiment № 7) for the "Doctororskaya"

sausage.

As the material chilling rate was experimentally equal to

$$m_{\alpha \rightarrow \infty} = 5.5 \frac{1}{\text{hr}},$$

the temperature conductivity coefficient "a" will be expressed as

$$a = K \cdot m_{\alpha \rightarrow \infty} = 0.7246 \cdot 10^{-4} \cdot 5.52 = 4.10^{-4} \text{ m}^2/\text{hr}.$$

At the cooling of standard and hollow calorimeters the rates turned out to be equal:

$$m_B = 2.22 \frac{1}{\text{hr}} \quad \text{and} \quad m_M = 2.03 \frac{1}{\text{hr}}.$$

Taking into account that the coefficient γ is expressed by the above formulas:

$$\gamma = 1 - 0.1 \frac{2.03}{4} = 0.949 \approx 0.95,$$

We obtain

$$C_p = \frac{0.95}{14.22} \left[\frac{2.22}{2.03} 13.9 - 3.36 \right] = 0.792 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C},$$

where sausage weight in the hollow calorimeter was

$$G = 14.22 \text{ g.}$$

Heat capacity of the brass standard calorimeter

$$C_B = 13.9 \text{ cal/}^{\circ}\text{C},$$

and heat capacity of the hollow calorimeter

$$C_{HOL} = 3.36 \text{ cal/}^{\circ}\text{C.}$$

To determine the thermal conductivity coefficient λ , it is necessary to know the values "a", " C_p " and " γ " (where γ is sausage specific weight), as

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma \text{ kcal/hr} \cdot \text{m} \cdot {}^{\circ}\text{C.}$$

In this connection, we determine sausage specific weight (Experiment N° 7). As

$$\gamma = \frac{1000 \cdot G}{0.785 \cdot D^2 \cdot H} \text{ kg/m}^3,$$

where G is sausage weight in g in a calorimeter, D is a sausage diameter in cm, H is sausage length in cm, it was found experimentally that D = 4.4 cm, H = 6.7 cm. Consequen-

tly,

$$\gamma = \frac{1,000 \cdot G}{0.785 \cdot 4.4^2 \cdot 6.7} = 10 \text{ G},$$

but $G = 101 \text{ g}$, therefore

$$\gamma = 10 \cdot G = 10 \cdot 101 = 1010 \text{ kg/m}^3.$$

On the basis of the data obtained we find the coefficient of thermal conductivity

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 0.792 \cdot 1010 = 0.316 \text{ kcal/hr.m.}^{\circ}\text{C}.$$

Now consider Experiment № 2 with the "Stolovaya" sausage at $t=40^{\circ}$. From the experiment it is found that

$$m_{\alpha \rightarrow \infty} = 5.76 \frac{1}{\text{hr}},$$

therefore, the coefficient of temperature conductivity will be as follows:

$$a = K \cdot m_{\alpha \rightarrow \infty} = 0.7246 \cdot 10^{-4} \cdot 5.76 = 4.18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{hr.}$$

Now we determine the coefficient of the temperature field nonuniformity

$$\gamma = 1 - \frac{R_i^2 m}{8 \cdot a} = 1 - 0.1 \frac{2.17}{4.15} \approx 0.948,$$

where $4.15 \cdot 10^{-4}$ is the average "a" value for all the experiments with the "Stolovaya" sausage.

Taking into account that the rates of sausage chilling in calorimeters (in Experiment № 2) were

$$m_3 = 2.28 \frac{1}{\text{hr}} \quad \text{and} \quad m_M = 2.17 \frac{1}{\text{hr}},$$

we find the sausage specific heat

$$C_p = \frac{\gamma}{G} \left[\frac{m_3}{m_M} C_B - C_{NOI} \right] = \frac{0.948}{13.87} \left[\frac{2.28}{2.17} \cdot 13.9 - 3.36 \right] =$$

$$= 0.77 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C}.$$

Similarly, we find the sausage specific weight. It was turned out to be

$$\gamma = 990 \text{ kg/m}^3.$$

Now, we find the sausage coefficient of thermal conductivity

$$\lambda = a \cdot C_p \cdot \gamma = 4.18 \cdot 10^{-4} \cdot 0.77 \cdot 990 \approx 0.318 \text{ kcal/hr.m.}^{\circ}\text{C}$$

122

On the basis of such calculations there were compiled summary tables of the results of experimental determination of thermal parameters for the "Doctorskaya" and "Stolovaya" sausages; the tables are presented below.

Taking into account that at $t=40^{\circ}$ pork fat melting comes to an end and that beef and lamb fat contents in the above-mentioned items are insignificant, we believed it possible to present the C_p relation to temperature as a linear one.

As the experiments show, while determining the "Doctorskaya" and "Stolovaya" sausage coefficients of temperature conductivity, the values of these coefficients depend on temperature insignificantly within the range $40-70^{\circ}$. We, therefore, considered it possible to accept $a = \text{const.}$ within this temperature range.

Conclusions

1. As our experiments showed, specific heat C_p for the "Doctorskaya" and "Stolovaya" sausages under study depended on temperature insignificantly in the temperature range $40-70^{\circ}$.
2. The relation of specific heat C_p to temperature for these sausages at $40-70^{\circ}$ is quite close to a linear one.
3. Somewhat greater values C_p for the "Doctorskaya" sausage as compared to the "Stolovaya" one result from its higher fat content.
4. Similar results were also obtained when determining the coefficients of thermal conductivity " λ ".
5. Due to the insignificant relation of the coefficient of temperature conductivity " a " to temperature at $40-70^{\circ}$ for the sausages under study, one may consider that the value " a " does not depend on temperature, i.e. $a = \text{const.}$
6. As our experiments indicated, specific heat C_p of the mentioned sausages mainly depends on sausage moisture and fat contents.