

14THEUROPEAN MEETING
OF MEAT RESEARCH WORKERS

BRNO, CZECHOSLOVAKIA

AUGUST 26th - 31st 1968

SECTION

B 11

В.М. ГОРБАТОВ, П.С. ГНОЕВОЙ, В.Н. МАСЮКОВ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
мясной промышленностиЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ФАРША ВАРЕННЫХ КОЛБАС

Для правильной оценки работы агрегатов тепловой обработки колбасных изделий и тепловых расчетов этих агрегатов во ВНИИМПе была проведена работа по экспериментальному определению теплоемкости и коэффициентов температуропроводности и теплопроводности ряда сортов вареных колбас.

Коэффициенты температуропроводности определяли методом регулярного теплового режима проф. Г.М. Кондратьева, теплоемкость колбасного фарша - при помощи специального устройства, разработанного ВНИИМПом, при нагревании фарша током промышленной частоты.

Коэффициент теплопроводности находили расчетным путем из уравнения:

$$\lambda = a \cdot c_p \cdot \gamma,$$

где

а - коэффициент температуропроводности;

C_p - теплоемкость;

γ - удельный вес фарша.

Необходимо отметить, что определять коэффициент теплопроводности фарша при помощи бикалориметра, как это обычно и делается, невозможно.

Дело в том, что, вследствие плавления куттерованного жира, теплопроводность колбасного фарша зависит от температуры, а, следовательно, от разности температур на сферах бикалориметра, т.е. от условий опыта, что совершенно не допустимо.

Особенно непригоден бикалориметр при определении температуропроводности методом проф. Г.И. Кондратьева.

При определении температуропроводности методом регулярного теплового режима коэффициент теплопередачи от источника тепла к стенке акалориметра должен быть весьма большим. Это обычно достигается помещением акалориметра в водяную ванну термостата при интенсивно циркулирующей воде.

В бикалориметре нагрев осуществляется через воздух, у которого коэффициент теплопередачи очень мал.

Таким образом, методика определения термических параметров колбасного фарша, примененная Г. Бабановым, не может считаться правильной /"Мясная индустрия СССР", 4, 1965/.

В данной работе мы определили комплексные зависимости темпов нагревания фарша в зависимости от времени, а также теплоемкости и коэффициенты температуропроводности и теп-

лопроводности в зависимости от температуры.

Значительное повышение теплоемкости в начале нагревания фарша, по нашему мнению, является результатом влияния теплоты плавления куттерованного жира.

Характер кривой, выражающей зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, аналогичен характеру кривой теплоемкости.

Это является результатом того, что в исследуемом интервале температур коэффициент температуропроводности остается постоянным от 25 до 50°C и от 50 до 70°C, а удельный вес фарша незначительно зависит от температуры.

Структурные колбасы

Любительская колбаса

Используя водяной термостат и акалориметр, фарш любительской колбасы нагревали от 25 до 70°C, фиксируя при этом время его нагревания. Определив при помощи термометров и гальванометров избыточные температуры θ° , соответственно числу проведенных опытов, построено десять полулогарифмических графиков процессов нагревания фарша в координатах $\ln \theta$; τ , где τ время процесса нагревания в минутах. По этим графикам были найдены величины темпов нагревания фарша по формуле:

$$m_{\Delta \rightarrow \infty} = \frac{\ln \theta_2 - \ln \theta_1}{\tau_2 - \tau_1} \left(\frac{1}{40\text{с}} \right)$$

Данная формула обосновывается тем, что из построенных графиков при $\Delta \rightarrow \infty$, т.е. при большом значении коэффициен-

та теплопередачи от водяной ванны термостата к стенке аналориметра (что достигается при большой циркуляции воды), темпы нагревания фарша в интервалах температур от 25 до 50°C и от 50 до 70°C получались постоянными. Поэтому в отмеченных интервалах температур режимы нагревания фарша являются регулярными, что и соответствует (полученной на графиках) линейной зависимости:

$$\ln \theta = f(t)$$

Необходимо отметить, что темпы нагревания фарша исследуемых колбас, в интервалах температур от 25 до 50°C имеют несколько меньшую величину, нежели темпы, полученные в интервалах температур от 50 до 70°C. Это, по нашему мнению, объясняется тем, что до температуры 50°C в основном завершается плавление куттерованного жира и денатурация белков фарша исследуемых колбас.

На основании полученных величин темпов нагревания (из проведенных десяти опытов с любительской колбасой), и учитывая незначительное изменение темпов в отдельных опытах, определены средние значения темпов за все десять опытов, как средние арифметические.

Средние значения темпов получились равными:

$$\text{для интервала температуры от 25 до } 50^{\circ}\text{C} \quad m_s^{\text{ср}} = 6,00, \frac{\text{I}}{\text{час}} \quad \text{и от 50 до } 70^{\circ}\text{C} \quad m_s^{\text{ср}} = 6,20, \frac{\text{I}}{\text{час}}$$

Учитывая, что режимы нагревания фарша колбасы являются регулярными, мы определяли коэффициенты температуропроводности по формуле профессора Г.И. Кондратьева.

$$Q = K \cdot M_{\text{к}} \dots$$

Величины коэффициентов температуропроводности получились равными в м²/час:

$$\text{от } 25 \text{ до } 50^{\circ}\text{C} \quad a_2 = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 6 = 4,3 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{от } 50 \text{ до } 70^{\circ}\text{C} \quad a_3 = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 6,2 = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

На основании полученных значений коэффициентов температуропроводности построен график изменения величины "а" от температуры /рис.1/.

Перейдем к определению теплоемкостей.

Из экспериментально найденной зависимости температуры фарша от времени его нагревания мы находим интервалы времени ΔT , соответствующие одинаковым интервалам температуры $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$.

Это сделано по каждому из десяти опытов нагревания фарша током промышленной частоты.

Зная величины ΔT и соответствующие им величины напряжения и силы тока, определяем количество тепла, выделяемого электрическим током за интервал времени ΔT по формуле:

$$\Delta Q = \frac{0,24 \cdot U \cdot I_{\text{ср}} \cdot \Delta T}{1000}$$

Аналогично получено /для первого опыта/ в ккал.:

$\Delta Q'_1 = 2,82$	$\Delta Q'_6 = 2,7$
$\Delta Q'_2 = 3,08$	$\Delta Q'_7 = 2,92$
$\Delta Q'_3 = 3,08$	$\Delta Q'_8 = 2,96$
$\Delta Q'_4 = 2,73$	$\Delta Q'_9 = 2,89$
$\Delta Q'_5 = 2,90$	$\Delta Q'_{10} = 2,57$

Таким же образом были подсчитаны количества тепла по всем десяти опытам с любительской колбасой.

На основании полученных данных средние значения тепла за опыт выразились в ккал.:

$$\begin{array}{ll} \Delta Q_1 = 2,94 & \Delta Q_6 = 2,84 \\ \Delta Q_2 = 3,25 & \Delta Q_7 = 2,84 \\ \Delta Q_3 = 2,93 & \Delta Q_8 = 2,89 \\ \Delta Q_4 = 2,98 & \Delta Q_9 = 2,93 \\ \Delta Q_5 = 2,90 & \Delta Q_{10} = 3,01 \end{array}$$

По этим данным построен результативный график: $Q_p = f(t)$, по которому определены теплоемкости фарша любительской колбасы в функции температуры в $\frac{\text{ккал.}}{\text{кг} \cdot \text{град.}}$:

$$C_p = \frac{\Delta Q \cdot \eta}{\Delta t \cdot G}$$

где: G - средний вес фарша; $G = 620$ г.

η - коэффициент, учитывающий потери тепла экспериментальной установкой в окружающую среду.

Используя вышеуказанную формулу, получим / при $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ /
в $\frac{\text{ккал.}}{\text{кг} \cdot \text{град.}}$:

$$t = 20^\circ\text{C}; C_p = \frac{0,5 \cdot 0,95}{1 \cdot 0,62} = 0,765$$

$$t = 25^\circ\text{C}; C_p = \frac{0,7 \cdot 0,95}{1 \cdot 0,62} = 1,07$$

$$t = 30^\circ\text{C}; C_p = \frac{0,6 \cdot 0,95}{1 \cdot 0,62} = 0,92$$

$$t = 35^\circ\text{C}; C_p = \frac{0,6 \cdot 0,95}{1 \cdot 0,62} = 0,92$$

$$t = 40^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,6 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,92$$

$$t = 45^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,6 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,92$$

$$t = 50^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,55 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,84$$

$$t = 55^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,55 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,84$$

$$t = 60^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,56 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,86$$

$$t = 65^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,57 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,878$$

$$t = 70^{\circ}\text{C}; C_p = \frac{0,57 \cdot 0,95}{I \cdot 0,62} = 0,878$$

По этим данным построен график зависимости теплоемкости от температур /см. рис. I/.

Средние значения теплоемкости за весь опыт, т.е. за интервал температур $\Delta t = 50^{\circ}\text{C}$ составляет в $\frac{\text{ккал.}}{\text{кг} \cdot \text{град.}}$:

$$C_p^{\text{ср}} = \frac{29,5 \cdot 0,95}{50 \cdot 0,62} = 0,9$$

Определим теперь величину коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры.

Средняя величина удельного веса фарша любительской колбасы выражается в кг/м^3 :

$$\gamma = \frac{1000 \cdot G_1}{9,785 \cdot D^2 \cdot H},$$

где G_1 - средний вес фарша в акалориметре в г;

D - внутренний диаметр акалориметра в см;

H - средняя высота фарша в калориметре.

Следовательно в кг/м^3 :

$$\gamma = \frac{1000 \cdot 100,2}{0,735 \cdot 4,4^2 \cdot 6,5} = 1012$$

Величина коэффициента теплопроводности определяется по формуле в $\frac{\text{ккал.}}{\text{час} \cdot \text{м} \cdot \text{град.}}$: $\lambda = a \cdot c_p \cdot \gamma$

Подставляя найденные значения величин a ; c_p и γ получим в $\frac{\text{ккал.}}{\text{час} \cdot \text{м} \cdot \text{град.}}$:

$$\lambda_{200\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,765 \cdot 1012 = 0,333$$

$$\lambda_{250\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 1,07 \cdot 1012 = 0,465$$

$$\lambda_{300\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 \cdot 1012 = 0,4$$

$$\lambda_{350\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 \cdot 1012 = 0,4$$

$$\lambda_{400\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 \cdot 1012 = 0,4$$

$$\lambda_{450\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 \cdot 1012 = 0,4$$

$$\lambda_{500\text{с}} = 4,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,84 \cdot 1012 = 0,365$$

$$\lambda_{550\text{с}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,84 \cdot 1012 = 0,382$$

$$\lambda_{600\text{с}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,84 \cdot 1012 = 0,382$$

$$\lambda_{650\text{с}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,86 \cdot 1012 = 0,392$$

$$\lambda_{700\text{с}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,873 \cdot 1012 = 0,394$$

$$\lambda_{750\text{с}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,873 \cdot 1012 = 0,394$$

Сардельки I-го сорта

В результате нагревания фарша сарделек в калориметре при помощи водяного термостата построено десять графиков,

соответствующих десяти опытам.

Из этих графиков средние арифметические темпы нагревания фарша получались равными: от 25 до 50°C

$$m_2 = 6,56, \frac{I}{\text{час}} \quad \text{и от 50 до 70}^\circ\text{C} \quad m_3 = 7,07, \frac{I}{\text{час}} .$$

Учитывая регулярность режима нагревания фарша, получим коэффициенты температуропроводности в м²/час : от 25 до 50°C $a_2 = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 6,56 = 4,76 \cdot 10^{-4}$ и от 50 до 70°C $a_3 = 0,7246 \cdot 10^{-4} \cdot 7,07 = 5,13 \cdot 10^{-4}$.

На основании полученных данных построена зависимость коэффициента температуропроводности от температуры /рис.2/.

Зависимость $\rho = f(t)$ изображена на том же комплексном графике /см. рис.2/.

Зная величины a ; ρ и γ , определяем коэффициент теплопроводности фарша молочных сосисок в функции температуры в $\frac{\text{ккал.}}{\text{час} \cdot \text{м} \cdot \text{град.}}$: $\lambda = a \cdot \rho \cdot \gamma$

$$\lambda_{25^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,81 \cdot 1030 = 0,396$$

$$\lambda_{30^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,97 \cdot 1030 = 0,475$$

$$\lambda_{35^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 1,13 \cdot 1030 = 0,554$$

$$\lambda_{40^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 1,05 \cdot 1030 = 0,515$$

$$\lambda_{45^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,92 \cdot 1030 = 0,45$$

$$\lambda_{50^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,89 \cdot 1030 = 0,436$$

$$\lambda_{55^\circ\text{C}} = 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,89 \cdot 1030 = 0,436$$

$$\lambda_{60^\circ\text{C}} = 5,13 \cdot 10^{-4} \cdot 0,89 \cdot 1030 = 0,470$$

ВЫВОДЫ

1. Теплоемкость мясного фарша в интервале температур от 20 до 70°C не является константой.

Это подтверждается всеми графиками, построенными на основе многочисленных экспериментов.

2. Изменяемость теплоемкости в указанном интервале температур, по нашему мнению, является результатом влияния плавления куттерованного жира и денатурирования белков мясного фарша.

3. В результате изменения теплоемкости мясного фарша темп его нагревания или охлаждения в полном микрокалориметре, окруженном воздушной средой (спокойным воздухом), также должен быть величиной переменной. Вследствие изложенного, режимы нагревания или охлаждения мясного фарша, помещенного в микрокалориметр, не могут быть регулярными при охлаждении или нагревании микрокалориметра в атмосфере спокойного воздуха.

Справедливость данного вывода можно доказать согласно общеизвестному соотношению:

$$d_{обц.} = \frac{C_p}{F} \cdot m;$$

но при охлаждении микрокалориметра с фаршем в спокойном воздухе мы будем иметь:

$$d_{обц.} = d_{мин} = const.$$

Поэтому

$$\frac{C_p}{F} \cdot m = const.$$

и при переменной теплоемкости величина темпа охлаждения или нагревания будет также величиной переменной.

4. Экспериментально полученная регулярность режима нагревания мясного фарша в акалориметре, помещенном в водяной термостат с интенсивно циркулирующей водой, приводит нас к выводу, что в экспериментальном интервале температур /от 20 до 70°C/, общий коэффициент теплоотдачи $\Delta W_{\text{общ}}$ получается прямопропорциональным теплоемкости акалориметра с фаршем.

Это следует из того же соотношения

$$\Delta W_{\text{общ}} = \frac{C_p \cdot M_{\text{д.}}}{F} \cdot M_{\text{д.}} \rightarrow \infty$$

действительно, если при эксперименте темп $M_{\text{д.}} \rightarrow \infty$ является величиной постоянной, то величина $\Delta W_{\text{общ}}$ должна быть прямопропорциональна теплоемкости акалориметра, наполненного мясным фаршем.

5. Вследствие постоянства коэффициента температуропроводности в интервалах температур от 20 до 50°C и от 50 до 70°C, температурная зависимость коэффициента теплопроводности подобна температурной зависимости теплоемкости фарша. Это следует из общеизвестного соотношения:

$$\lambda = \alpha \cdot C_p \cdot \delta$$

6. Различный темп нагревания фарша в акалориметре, помещенном в водяной термостат, по нашему мнению, является результатом того, что при температуре 50°C в основном заканчивается процесс плавления куттерованного жира и де-

натурирования белков мясного фарша.

1. ...

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. ...

8. ...

9. ...

10. ...

11. ...

12. ...

13. ...

14. ...

15. ...

16. ...

17. ...

18. ...

19. ...

20. ...

21. ...

22. ...

23. ...

24. ...

25. ...

26. ...

27. ...

28. ...

29. ...

30. ...

31. ...

32. ...

33. ...

34. ...

35. ...

36. ...

37. ...

38. ...

39. ...

40. ...

41. ...

42. ...

43. ...

44. ...

45. ...

46. ...

47. ...

48. ...

49. ...

50. ...

51. ...

52. ...

53. ...

54. ...

55. ...

56. ...

57. ...

58. ...

59. ...

60. ...

61. ...

62. ...

63. ...

64. ...

65. ...

66. ...

67. ...

68. ...

69. ...

70. ...

71. ...

72. ...

73. ...

74. ...

75. ...

76. ...

77. ...

78. ...

79. ...

80. ...

81. ...

82. ...

83. ...

84. ...

85. ...

86. ...

87. ...

88. ...

89. ...

90. ...

91. ...

92. ...

93. ...

94. ...

95. ...

96. ...

97. ...

98. ...

99. ...

100. ...

Зависимость температуры от времени и пространственной координаты при распространении волны в упругой среде

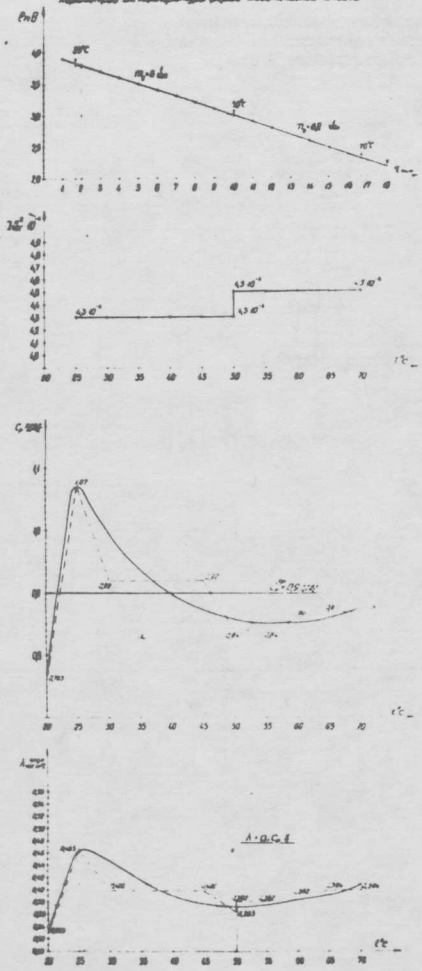


Рис. I.

Зависимости темпа нагревания от времени
и термических параметров от температуры
фарма сарвелен / сарт

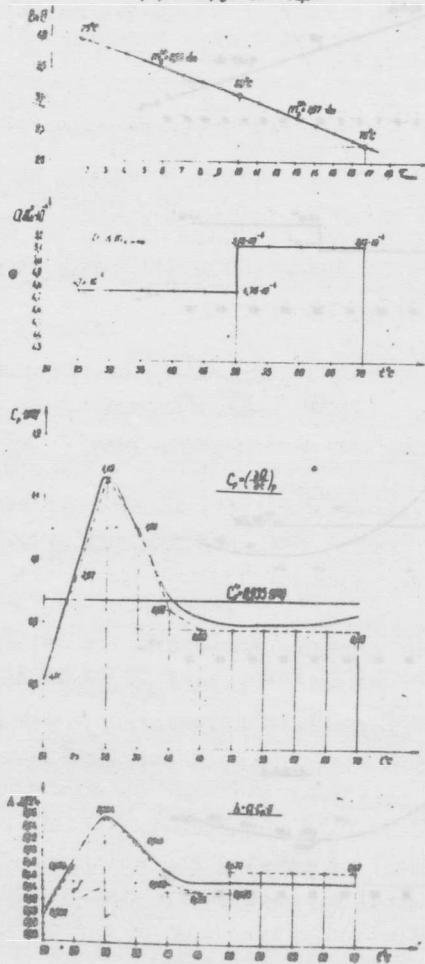


Рис. 2.