

AN ANALYTICAL METHOD FOR CALCULATING THE PROCESS OF COOKED SAUSAGE CHILLING

A.M. BRAZHNIKOV
MTIMMP, Moscow, USSR

B.A. KLIMOVA
VNIIMP, Moscow, USSR

On the basis of the hypothesis of the availability of "a temperature front", a system of analytical relationships has been developed, which allows to determine sausage chilling time post cooking.

The analytical expressions have been corrected by the experimental results. Data are obtained for cooked sausages in cutisine or cellophane casings of 65 mm diam.

METHODE ANALYTIQUE DU CALCUL DU PROCEDE DE REFROIDISSEMENT DE LA CHARCUTERIE CUITE

A.M. BRAZHNIKOV
MTIMMP, Moscou, URSS

B.A. KLIMOVA
VNIIMP, Moscou, URSS

En vertu de l'hypothèse de la présence du "front de température" on a élaboré le système des dépendances analytiques qui permettent de déterminer la durée du refroidissement de la charcuterie après la cuisson.

On a corrigé les expressions analytiques par les résultats expérimentaux.

On a reçu des données pour les saucissons cuits, qui ont 65 mm de diamètre dans le boyau de cellophane et de coutesine.

D2:2

EINE ANALYTISCHE METHODE ZUR BERECHNUNG DES ABKÜHLVORGANGES BEI BRÜHWÜRSTEN

A.M. BRASCHNIKOW

MTIMP, Moskau, UdSSR

B.A. KLIMOWA

WNIMP, Moskau, UdSSR

Auf der Grundlage der Hypothese über das Vorhandensein "einer Temperaturfront" wurde das System der analytischen Abhängigkeiten ausgearbeitet, die es ermöglicht, die Abkühldauer von Wurstwaren nach deren Kochung zu bestimmen.

Die analytischen Werte wurden mit Hilfe von Versuchsergebnissen korrigiert. Es wurden Kenndaten für Brühwürste mit dem Kaliber 65 mm in Kutisin- und Zellophanhüllen erhalten.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.М. Бражников, Б.А. Климова

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

На основании гипотезы о наличии "температурного фронта" разработана система аналитических зависимостей, позволяющих определить продолжительность охлаждения колбасных изделий после варки.

Аналитические выражения скорректированы экспериментальными результатами. Получены данные для вареных колбас диаметром 65 мм в кутизиновой и целлофановой оболочках.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

А.М.Бражников

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР;

Б.А.Климова

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

Исследования, проведенные во ВНИИМПе по определению теплофизических характеристик вареных колбас, позволяют предположить, что, во-первых, абсолютные значения теплоемкости- C_p , теплопроводности- λ и температуропроводности- α невелики и, во-вторых, изменения теплофизических характеристик в процессе термической обработки мясопродуктов хотя и имеют место, однако они незначительны и при аналитическом описании процесса охлаждения вареных колбас в первом приближении могут быть приняты постоянными /1/.

Исходя из данных проведенных исследований, примем для аналитического описания процесса охлаждения вареных колбас гипотезу о наличии "температурного фронта" /2/.

Смысл гипотезы заключается в том, что последовательно рассматриваются две фазы охлаждения. В первой фазе образуется "температурный фронт", который перемещается от периферии к центру. Вторая фаза отсчитывается от того момента времени, когда "температурный фронт" достигнет центра.

Расчетные формулы для бесконечного цилиндра имеют следующий вид:

первая фаза

$$\theta^{(1)} = 1 - \frac{Bi}{(Bi+2)(1-\rho^2) + Bi\rho^2 \ln \rho^2} [\xi - \rho^2 \ln \xi^2 - \rho^2(1 - \ln \rho^2)];$$

вторая фаза

$$\theta^{(2)} = \frac{Bi}{Bi+2} \left(\frac{Bi+2}{Bi} - \xi \right) e^{-\frac{8Bi}{Bi+4} (F_0 - F_0^{(1)})},$$

где θ - безразмерная температура - $\theta = \frac{U - U_1}{U_0 - U_1}$;

U - температура в центре батона, °C;

U_1 - температура воздуха, °C;

U_0 - начальная температура колбасы, °C;

Bi - критерий Био - $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$;

α - коэффициент теплоотдачи, ккал/м²·час·град;

λ - коэффициент теплопроводности, ккал/м·час·град;

R - радиус, м;

ρ - граница "температурного фронта";

$\xi = \frac{\chi}{R}$; χ - текущая координата;

F_0 - критерий Фурье - $F_0 = \frac{\alpha \tau}{R^2}$;

α - коэффициент температуропроводности, м²/час;

τ - время, час;

$F_0^{(1)}$ - значение критерия Фурье, соответствующее продолжительности первой фазы.

Зависимость между F_0 и ρ определяем по номограмме (рис.), полученной в результате численного решения.

Для выяснения возможности применения указанных формул, нами проведены экспериментальные исследования /3/ по охлаждению вареных колбас $\phi 65$ мм воздухом с температурой $+4 \div -9^\circ\text{C}$, движущемуся со скоростью $0 \div 3$ м/сек (табл. I).

Продолжительность охлаждения молочной колбасы $\phi 65$ мм до температуры в центре батона 15°C составляет 80-150 мин. в зависимости от температуры среды.

Температура воздуха, °C	Скорость движения воздуха, V м/сек	Температура в центре батона, начальная, °C	Продолжительность охлаждения, мин., до температуры				Температура поверхности батона при U=150C
			в центре батона U=150C	U _{ср} =150C	в центре батона U=80C	U _{ср} =80C	
+4,0	1,5	72	150	130	-	-	10,8
+1,0	2,0	69	125	-	-	-	-
-4,4	3,0	74	102	84	136	118	7,0
-4,5	0	68	125	-	167	-	-
-5,9	3,0	73	90	74	124	110	8,0
-6,2	1,5	72	104	79	140	115	4,4
-7,1	2,5	70	87	66	115	94	4,0
-9,3	2,5	75	81	66	106	88	4,3

Для аналитического расчета процесса охлаждения вареных колбас при различных температурах режимах и сопоставления полученных данных с экспериментальными приняты следующие значения теплофизических характеристик:

$C = 0,8 \text{ ккал/кг}\cdot\text{град}; \lambda = 0,4 \text{ ккал/м}\cdot\text{час}\cdot\text{град}; \gamma = 1000 \text{ кг/м}^3;$

$\alpha = \frac{\lambda}{c \gamma} = \frac{0,4}{0,8 \cdot 1000} = 0,0005 \text{ м}^2/\text{час}$

Коэффициент теплоотдачи α рассчитываем по известной приближенной формуле Юргеса:

$\alpha = 5,3 + 3,6 V \text{ ккал/м}^2\text{час}\cdot\text{град},$

где V - скорость движения воздуха, м/сек.

Перепишем расчетные формулы:

для поверхности $\xi = 1$

$\theta_n^{(1)} = 1 - \frac{Bi}{(Bi+2)(1-\rho^2) + Bi\rho^2 \ln \rho^2} [1 - \rho^2(1 - \ln \rho^2)],$

для центра $\xi = 0$

$\theta_n^{(0)} = \frac{Bi}{Bi+2} \left(\frac{Bi+2}{Bi} - 1 \right) e^{-\frac{8Bi}{Bi+4} (F_0 - F_0^{(1)})};$
 $\theta_c = e^{-\frac{8Bi}{Bi+4} (F_0 - F_0^{(1)})}.$

Продолжительность первой фазы $F_0^{(1)}$ определяется в зависимости от чисел Bi и F_0 по вышеуказанной номограмме при $\rho = 0$.

По истечении времени, соответствующего значению критерия $F_0^{(1)}$, начинается вторая фаза охлаждения, при которой $F_0 > F_0^{(1)}$.

В табл. 2 приведены расчетные данные, сопоставленные с экспериментальными.

Т а б л и ц а 2

Температура воздуха, °C	Скорость движения воздуха, V м/сек	Критерии		Безразмерная температура		Температура колбасы, °C				Время охлаждения, мин.	
		Фурье F_0	Био Bi	поверхности θ_n	центра θ_c	поверхности		центра		расч.	эксп.
-4,4	3,0	0,105	1,3	0,154	0,257	7,36	7,0	15,2	15,0	102	102
-9,3	2,5	0,108	1,16	0,196	0,310	6,6	4,3	15,9	15,0	96	80
-6,0	2,5	0,108	1,16	0,165	0,262	6,9	4,4	14,4	15,0	108	90
-4,4	2,5	0,108	1,16	0,165	0,262	8,2	-	15,6	15,0	108	102
+1,0	2,5	0,108	1,16	0,129	0,204	10,2	-	15,6	15,0	126	125
+4,0	1,5	0,11	0,87	0,114	0,165	11,7	10,8	15,2	15,0	174	150

Как видно из табл. 2, величины продолжительности охлаждения молочной колбасы $\phi 65 \text{ мм},$

полученные расчетным путем, близки к экспериментальным данным, а некоторое расхождение объясняется тем, что в расчетах не учитывалось изменение теплофизических характеристик от температуры.

Аналитический расчет процесса охлаждения вареных колбас и сопоставление полученных данных с экспериментальными показал, что данный метод может быть использован при проведении инженерных расчетов процессов термической обработки мясопродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатов В., Гноевой П, Масюков В. Экспериментальное определение термических параметров бесструктурных колбас. "Мясная индустрия СССР", № 2, 1966.
2. Бражников А.М., Карпычев В.А., Пелеев А.И. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясопродуктов. М., изд. "Пищевая промышленность", 1974.
3. Шеффер А.П., Кончаков Г.Д., Климова Б.А. Естественные потери вареных колбасных изделий при их интенсифицированном охлаждении. Материалы симпозиума Международного института холода, Ленинград, 1970.

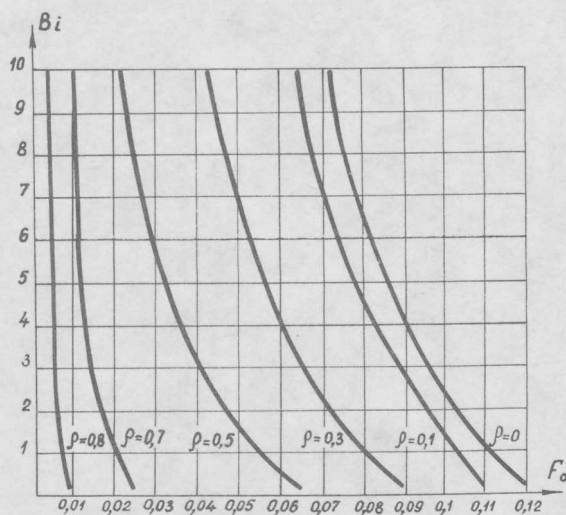


Рисунок. Номограмма определения $\rho = f(Bi, Fo)$