

Die Veränderung der spezifischen Wärmekapazität und Enthalpie der Rinderleber
beim kühlen und gefrieren bis 77 K

W.P.LATJISCHEW

Allunionsforschungsinstitut für Kälteindustrie (VNICH I) Moskau, UdSSR

Kurzfassung

Auf der adiabatischen kalorimetrischen Anlage des Allunionsforschungsinstituts für Kälteindustrie (VNICH I) wurde die experimentelle Untersuchung der Veränderung der spezifischen Wärmekapazität der Rinderleber mit verschiedenem Feuchtigkeits- und Fettgehalt bei der Veränderung der Temperatur von 142 bis 315 K durchgeführt. Es wurde die Methode für die Berechnung der Wärmekapazität des Produkts nach ihrer Veränderung für Trockenmagerrest, Fett und Feuchtigkeit in der Abhängigkeit von der Temperatur unter Berücksichtigung von Phasenübergängen beim kühlen und Gefrieren beschrieben.

Der Einfluss von Phasenübergängen auf die spezifische Wärmekapazität wurde nach den experimentellen Angaben bestimmt.

Laut der Methode wurde die Veränderung der spezifischen Wärmekapazität, Enthalpie und Menge des ausgefrorenen Wassers für die Rinderleber mit der mittleren statistischen Zusammensetzung bei der Veränderung der Temperatur von 320 bis 77 K berechnet.

Die erhaltenen Berechnungsangaben wurden mit den Literaturangaben verglichen. Die Anwendbarkeit der Methode wurde in Arbeiten von VNICH I auf 4 Fleischprodukten geprüft.

Changes in specific heat and enthalpy of beef liver during chilling and freezing down to 77°K

V.P.LATYSHEV

Scientific Research Institute of Refrigerating Industry of the USSR (VNIKhI)

Moscow, USSR

The experimental investigation of specific heat change of the liver with different moisture content and fat was carried out on the adiabatic calorimetric installation of the Scientific Research Institute of the Refrigerating Industry (VNIKhI) at the temperature change from 142 to 315°K. The method of calculation of the specific heat change of the liver has been considered by its change for non fat solids, fat and moisture as depended upon temperature; phase transitions during refrigeration and freezing being taken into account.

The influence of phase transitions upon specific heat has been determined from the experimental data,

According to the method the change in specific heat, enthalpy and frozen out water was determined for the liver with the medium statistical composition during temperature change from 320 to 77K. The estimated data are compared with those given in literature. The applicability of the method was tested in the works of VNIKhI on four meat products.

D 16:2

Changement de chaleur spécifique et d'enthalpie du foie au cours de réfrigération et de congélation jusqu' à 77 K

V.P.LATYCHEV

Institut de recherches scientifiques du froid (VNIKhI), Moscou, URSS

Sur l'installation adiabatique calorimétrique de l'Institut de recherches scientifiques du froid (VNIKhI) on a réalisé une recherche expérimentale du changement de chaleur spécifique du foie à la différente teneur en eau et en graisse aux températures de 142 à 315 K. On a envisagé la méthode de calcul du changement de chaleur spécifique du produit d'après le changement de chaleur spécifique pour le résidu sec dégraissé, pour la graisse et pour l'eau en fonction de la température compte tenu de la transformation d'état au cours de réfrigération et congélation.

L'influence de la transformation d'état sur la chaleur spécifique a été déterminée à partir des données obtenues pendant les essais.

D'après la méthode envisagée on a calculé le changement de la chaleur spécifique, de l'enthalpie et de la quantité de l'eau séparée par congélation pour le foie à composition statistique moyenne au cours de changement de température de 320 à 77 K. Les données de calcul obtenues ont été comparées aux celles trouvées dans les publications techniques. La possibilité d'application de cette méthode a été contrôlée sur 4 produits carnés dans les travaux de VNIKhI.

Изменение удельной теплоемкости и энтальпии говяжьей печени при охлаждении и замораживании до 77 K

В.П.ЛАТЫШЕВ

Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности (ВНИХИ), Москва, СССР

На адиабатической калориметрической установке Всесоюзного научно-исследовательского института холодильной промышленности (ВНИХИ) проведено экспериментальное исследование изменения удельной теплоемкости говяжьей печени при изменении температуры от 142 до 315 K при различных содержаниях влаги и жира. Рассмотрен метод расчета изменения удельной теплоемкости продукта по ее изменению для сухого обезжиренного остатка, жира и влаги в зависимости от температуры с учетом фазовых переходов при охлаждении и замораживании.

Влияние фазовых переходов на удельную теплоемкость определено по опытным данным.

Согласно методу рассчитано изменение удельной теплоемкости энтальпии и количества вымороженной воды для говяжьей печени со средним статистическим составом при изменении температур от 320 до 77 K. Полученные расчетные данные сравнены с литературными.

Применимость метода проверена в работах ВНИХИ на четырех мясных продуктах.

Изменение удельной теплоемкости и энтальпии говяжьей печени при охлаждении
и замораживании до 77 К

В.П.ЛАТЫШЕВ

Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности, Москва, СССР

Проблема проектирования пищевой холодильной цепи и, в частности, интенсификация процессов холодильной обработки пищевых продуктов, а также их автоматизация связаны со значительными затратами труда и средств, если не известны физические свойства сырья, в первую очередь, удельная теплоемкость, энтальпия и количество вымороженной воды /1/.

В справочной литературе /2/ приведены данные по энтальпии для мясных субпродуктов при температурах от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$, но не указано к какому содержанию влаги и жира в них они относятся, хотя по данным источника /3/ содержание влаги только в субпродуктах крупного рогатого скота колеблется от 67,8 до 82,7%, а жира - от 1,2 до 13,7%. Для определения зависимости удельной теплоемкости и энтальпии от содержания влаги и жира и расширения диапазона температуры была экспериментально определена удельная теплоемкость одного вида субпродуктов - говяжьей печени, так как говяжья печень составляет около 2% от массы говяжьих туш и является одним из важных продуктов питания.

Экспериментальное исследование удельной теплоемкости говяжьей печени выполнено на адиабатической калориметрической установке ВНИИХИ методом порционного подвода тепла /4/ при температурах от 142 до 315 К для различных содержаний влаги и жира.

Удельную теплоемкость продукта рассчитывали по соотношению

$$c = c_d \cdot \xi_d + c_f \cdot \xi_f + (1 - \xi_f) \cdot [W \cdot c_s + \frac{d}{dT} (t \cdot L)] \quad (1)$$

где ξ_d, ξ_f - массовая доля сухих обезжиренных веществ и жира

W - массовая доля воды в натуральной печени

c_f - массовая доля жира в натуральной печени

t - доля воды, находящейся в жидкой фазе

L - удельная теплота плавления

T - температура

c_d, c_f, c_s - удельная теплоемкость сухих обезжиренных веществ, жира и льда соответственно

$$c_d = -0,5385 + 0,0076923 \cdot T \quad (2)$$

$$c_f = -0,03072 + 0,007008 \cdot T + \frac{2,24}{1 + 0,008928 (T - 286,95)^2} + \frac{4,28}{1 + 0,02336 (T - 321)^2} \quad (3)$$

$$c_s = 2,1039 + 0,0073947 (T - 273,15) \quad (4)$$

$$L = L_{273,15} + \int_{273,15}^T c_l \cdot dT + \int_T^{273,15} c_s \cdot dT = 333,604 - i_l + i_s \quad (5)$$

где i_l и i_s - энтальпия воды и льда соответственно.

$$c_l = 4,2182 - 0,003388 (T - 273,15) + 0,00007553 (T - 273,15)^2 \quad (6)$$

$$t = 1 - \frac{\mathcal{L}}{1 + (\mathcal{L} - 1) \frac{\ln(T - T_{273,15})}{\ln(T - T)}} \quad (7)$$

D 16:4

где α и γ - коэффициенты
 $T_{эвт}$ - температура, при которой выморожена вода

Коэффициенты уравнений (4), (5) и (6) использованы одинаковыми для работ ВНИХИ по исследованию удельной теплоемкости /5/. Коэффициент уравнения (3) найден по опытным данным ранее полученным ВНИХИ для говяжьего жира. Коэффициент уравнения (2) найден методом наименьших квадратов по опытным данным настоящей работы. Коэффициенты уравнения (7) определяют фазовых переход воды из твердой в жидкую фазу, причем α определяет закономерность фазового перехода при низких температурах ($-10 < t < -30^{\circ}\text{C}$), γ - при субкриоскопических и зависит от криоскопической температуры ($t_{кр} < t < -10^{\circ}\text{C}$), а $T_{эвт}$ - отражает процесс вымораживания связанной влаги ($t < -40^{\circ}\text{C}$).

Коэффициенты α , γ и $T_{эвт}$ находили методом последовательных приближений из условия минимума суммы квадратов отклонений опытных значений удельной теплоемкости в области отрицательных температур от расчетных по уравнению (1).

Найдено, что среднее квадратическое отклонение для 45 точек равно 0,013 (погрешность II,4%), причем для 17 точек квадрат отклонения меньше 0,0036, для 14 точек - от 0,004 до 0,013, для 8 точек в пределах 0,0131 до 0,025, а для 6 точек в пределах от 0,0251 до 0,078. Установлено также, что для говяжьей печени справедливо соотношение

$$\gamma = T_{кр} + 1,205 \quad (8)$$

где $T_{кр}$ - криоскопическая температура продукта
 $\alpha = 1,20$, $T_{эвт} = 77,0$

По найденным коэффициентам α , γ и $T_{э}$ составлены таблицы, по которым в диапазоне от 77 до 320 К построены диаграммы удельная теплоемкость-температура, энтальпия-температура и количество вымороженной воды-температура. Диаграммы приведены на рис. 1-3 соответственно для печени с $w = 72,9\%$ и $\xi_f = 3,1\%$ и $T_{кр} = 272,14$ К.

Количество вымороженной воды определяли по соотношению $\omega = 1 - \frac{t}{w}$ (9)
 где t - рассчитывали по зависимости (7).

Расчетные значения по энтальпии составлены с величинами справочника /2/ для субпродуктов мясных. Контрольные просчеты показали, что таблица в справочнике /2/ относится к продукту с влажностью 75%, содержанием жира не более 4% и криоскопической температурой, более высокой, чем 272,15К и закономерностью вымораживания воды более интенсивной при субкриоскопических температурах, чем установлено опытом в данной работе. Таким образом, имеющиеся справочные данные неприменимы для говяжьей печени со средним составом по влаге 72,9% и жиру 3,1% /3/.

Применимость изложенного метода расчета с учетом состава продукта удельной теплоемкости, энтальпии и количества вымороженной воды проверена в работах ВНИХИ более, чем на шести пищевых продуктах растительного и животного происхождения. Метод является более точным, чем рекомендуемый в работе Меллора и Сеппингса /1/, выполненной в 1976 году, так как учитывает не усредненные, а истинные значения теплоемкостей компонентов в зависимости от температуры и влияние фазовых переходов воды и жира на свойства продукта.

Изложенный метод рекомендуется для расчета термодинамических свойств пищевых продуктов

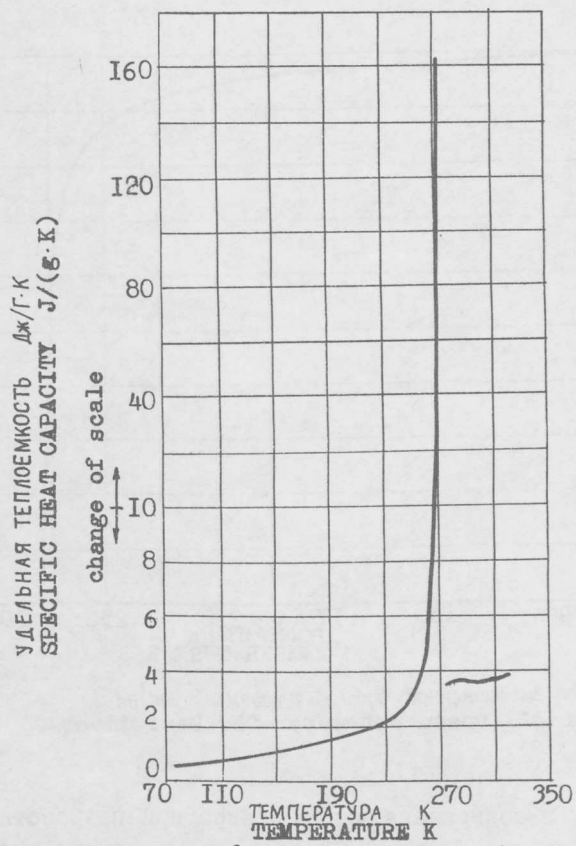


Рис. I - Диаграмма удельной теплоемкости говяжьей печени
Fig. I - Alteration of specific heat capacity of beef liver

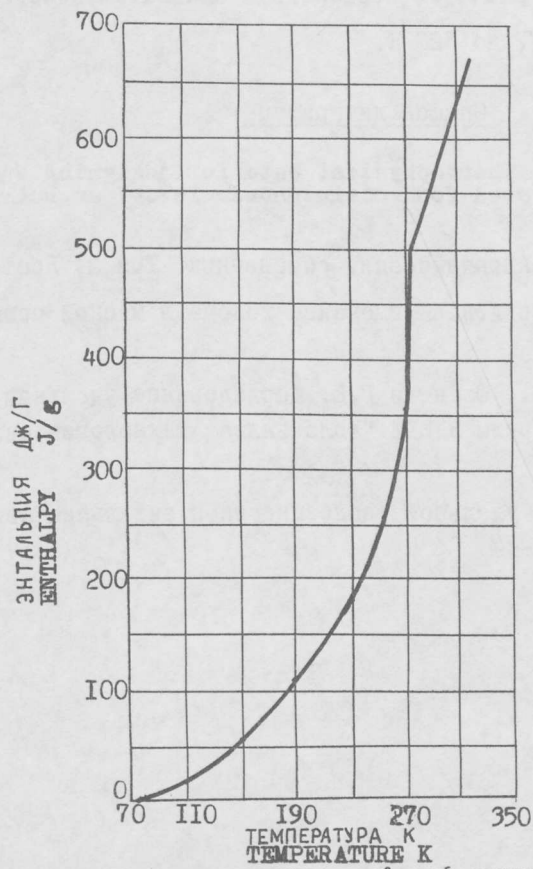


Рис. 2 - диаграмма энтальпии говяжьей печени
Fig. 2 - Alteration of enthalpy of beef liver



рис. 3 - Количество вымороженной воды для говяжьей печени
 Fig.3 - Fraction of frozen out water for beef liver

в зависимости от температуры и содержания влаги и жира при разработке систем автоматизации и автоматического проектирования технологических процессов и оборудования.

Диаграммы пригодны для расчетов процессов и аппаратов холодильной обработки говяжьей печени при температурах от 77 до 320 К.

Список литературы

1. Mellor I.D., Seppings A.H. Thermophysical data for designing a refrigerated food chain. Towards an ideal refrigerated food chain. Annexe I976-I au Bulletin de l'Institut International du Froid.
2. Холодильная техника. Энциклопедический справочник. Том 2, Госториздат, 1961.
3. Горбатов В.М., Манербергер А.А. Применение холода в мясной промышленности. М., Пищепромиздат, 1963.
4. Латышев В.П., Озерова Т.М., Оленева Г.Е. Исследование удельной теплоемкости и энтальпии топленого свиного жира. Труды ВНИИ "Холодильная технология мяса и мясопродуктов". М., 1975
5. Латышев В.П. Исследование удельной теплоемкости и энтальпии свинины. "Холодильная техника", 1975, № 9, с.42-44

Europäische Fleischforscherkongresse

1.	1955	Hämeenlinna	Finnland
2.	1956	Kulmbach	Bundesrepublik Deutschland
3.	1957	Roskilde	Dänemark
4.	1958	Cambridge	Großbritannien
5.	1959	Paris	Frankreich
6.	1960	Utrecht	Niederlande
7.	1961	Warschau	Polen
8.	1962	Moskau	UdSSR
9.	1963	Budapest	Ungarn
10.	1964	Roskilde	Dänemark
11.	1965	Belgrad	Jugoslawien
12.	1966	Sandefjord	Norwegen
13.	1967	Rotterdam	Niederlande
14.	1968	Brünn	Tschechoslowakei
15.	1969	Helsinki	Finnland
16.	1970	Varna	Bulgarien
17.	1971	Bristol	Großbritannien
18.	1972	Guelph	Kanada
19.	1973	Paris	Frankreich
20.	1974	Dublin	Irland
21.	1975	Bern	Schweiz
22.	1976	Malmö	Schweden
23.	1977	Moskau	UdSSR
24.	1978	Kulmbach	Bundesrepublik Deutschland

Titelbild: Fleischerhandwerk – Töten eines Ochsen sowie der Verkauf im Laden
Holzschnitt, Ende 16. Jahrhundert
Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg, Kupferstichkabinett/ HB 13443/Kapsel 1225