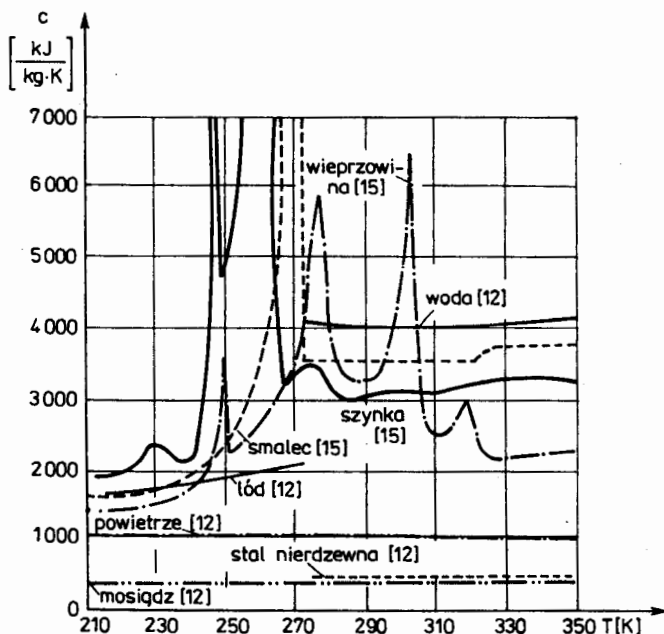


WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ŻYWNOSCI

Roman Niesteruk

Instytut Mechaniki Politechniki Białostockiej

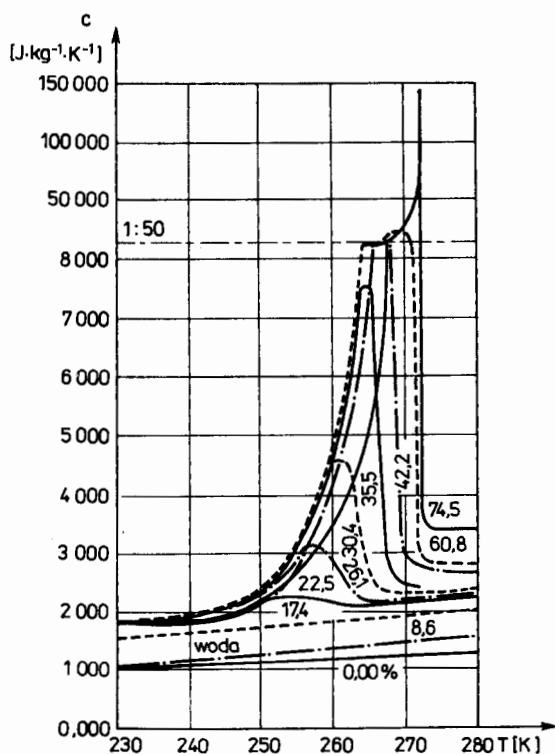
Wykorzystanie metod obliczeniowych z hydrauliki, wymiany ciepła, inżynierii procesowej, automatyki w obliczeniach procesów przetwórczych i aparatów jest utrudnione lub wręcz niemożliwe bez znajomości właściwości surowców, półfabrykatów czy produktów. Problematyka właściwości cieplnych żywności wiąże się także z jej jakością. Jeżeli np. wymiana ciepła ma być poprawnie realizowana ze względu na zmiany zachodzące w żywności, to muszą one być uwzględniane w świetle dokładnego rozkładu temperatury, wilgotności itd. wewnątrz surowca [1] podczas całego cyklu przetwarzania.



Rys. 1. Zależność ciepła właściwego od temperatury dla wieprzowiny, szynki, smalcu, wody, powietrza i metali

Żywność jest niejednorodną mieszaniną zmieniających się w czasie substancji [3] o odmiennych fazach, różniących się fizycznie i chemicznie. Taki charakter układu ma wpływ na jego właściwości cieplne: ciepło właściwe, współczynnik przewodzenia ciepła, współczynnik wyrównywania temperatury. Zależą one od gatunku, warunków produkcji surowca, aktywności biologicznej tkanek [10], temperatury, wilgotności, porowatości i od kierunku ułożenia komórek względem strumienia ciepła [6]. Dlatego właściwości cieplne żywności różnią się bardzo od innych substancji (rys. 1).

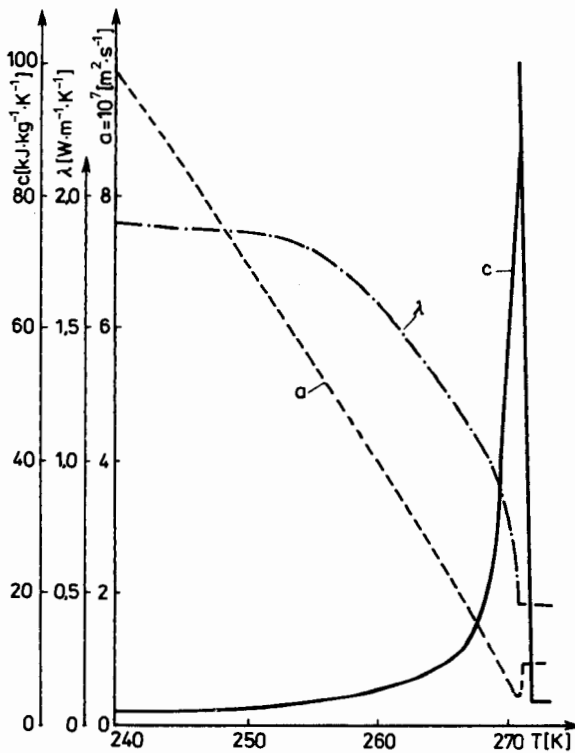
W czasie przetwórstwa surowców spożywczych zachodzą w nich przemiany fazowe wody i tłuszczów, denaturacja i koagulacja białek, mające duży wpływ na właściwości cieplne żywności. Woda w żywności nie istnieje w postaci czystej, lecz zawiera rozpuszczone różnorodne substancje, takie jak: sole, białka, węglowodany [16]. Dlatego przemiana fazowa lodu w wodę nie zachodzi w jednej, ściśle określonej temperaturze, lecz w pewnym przedziale i kończy się w temperaturze niższej od 273,16K [7, 17]. Typowy przebieg ciepła właściwego w temperaturach przemiany lodu w wodę, na przykładzie wołowiny pokazuje rys. 2 [14].



Rys. 2. Zależność temperaturowa ciepła właściwego wołowiny [14]

Przemiana powoduje około 30-krotny wzrost wartości skutecznej ciepła właściwego [4, 9, 13, 14, 15]. Funkcja $c = c(T)$ osiąga swoje maksimum. Maksimum funkcji jest tym większe i znajduje się w temperaturach bliższych 273,16 K, im większa

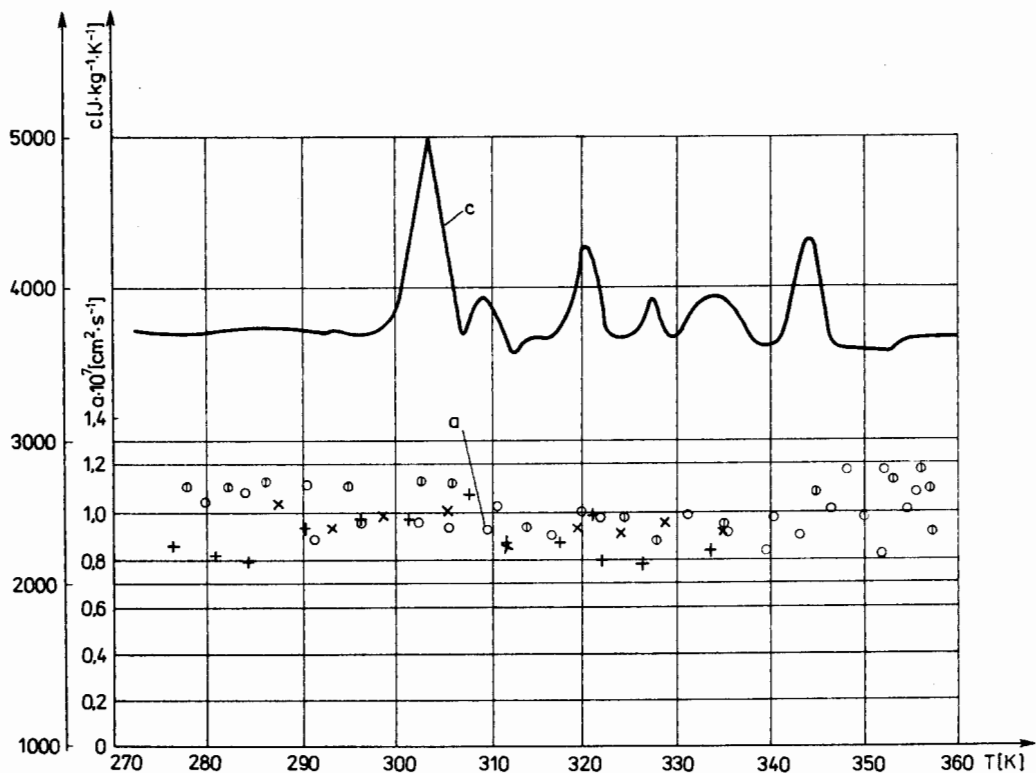
jest wilgotność produktu (rys. 2) [7]. Usunięcie części wody z żywności powoduje względny wzrost stężenia soli w niej zawartych i przesuwanie się w niższe temperatury (rys. 2) strefy wymrażania, a więc i maksimum funkcji $c = c(T)$.



Rys. 3. Wpływ przemiany fazowej lodu w wodę na własności cieplne żywności (na przykładzie kryła antarktycznego) [7]

Produkty o małej wilgotności, np. wołowina od 17,4% do 0% (rys. 2) [14], mają liniowy przebieg zależności temperaturowej ciepła właściwego. Taka ilość wody jest wodą związaną strukturalnie [14], nie wymrażającą się nawet w bardzo niskich temperaturach. Podczas przemiany lodu w wodę następuje ponad 3-krotne zmniejszenie wartości współczynnika przewodzenia ciepła (rys. 3) [2, 4, 7, 8, 11]. Zmniejszona wilgotność produktu daje mniejsze wartości bezwzględne i mniejsze zmiany współczynnika przewodzenia ciepła [7]. Nie obserwuje się także liniowej zależności współczynnika przewodzenia ciepła od wilgotności [7, 8]. Omawiana przemiana jest także przyczyną dużego zmniejszenia wartości współczynnika wyrównywania temperatury (rys. 3) [4, 7, 8]. W temperaturach najintensywniejszego wymrażania wody występuje minimum funkcji $a = a(T)$. Minimum funkcji $a = a(T)$ odpowiada maksimum funkcji $c = c(T)$ (rys. 3) [7].

Topnienie tłuszczów, denaturacja i koagulacja białek zawartych w surowcach spożywczych wpływają na ich właściwości cieplne. Obserwuje się lokalne przyrosty ciepła właściwego (rys. 4) [7, 15]. Przyrosty nie występują w ściśle określonych przedziałach temperaturowych, lecz mogą być przesunięte w jedną lub w drugą stronę, w wyniku występowania przechłodziń lub tworzenia się niestabilnych faz kryształków trójglicerydów podczas krzepnięcia tłuszczów [7]. Denaturacja białek daje także lokalne przyrosty ciepła właściwego (rys. 4) w temperaturach odpowiednio wyższych od topnienia tłuszczów. Wymienione wyżej przemiany mają także wpływ na współczynnik wyrównywania temperatury [7]. Następuje obniżenie jego wartości, a przedział temperatur pokrywa się (rys. 4) z przyrostami ciepła właściwego [5, 7].



Rys. 4. Wpływ topnienia tłuszczów, denaturacja i koagulacja białek na właściwości cieplne żywności (na przykładzie kryła antarktycznego) [7]

PIŚMIENNICTWO

1. Adam M., Neumannová I.: Tepelně fyzikální vlastnosti potravin. Průmysl potravin. 18/1967, číslo 1, s. 26-29.
2. Berg L., Lentz C. P.: Effect of Composition on Thermal Conductivity of Fresh and Frozen Foods. J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment. 1975, 8, 2, 79-82.

3. Ginzburg A. S., Gromov M. A., Krasovskaja G. I.: Teplofizicheskie charakteristiki piščevych produktov. Spravočnik. Izdanie vtoroje, dopolnenoje i pre-rabotannoje. Piščevaja promyšlennost'. Moskva 1980.
4. Matuszek T., Niesteruk R.: Temperaturleitfähigkeit von Krill im Temperaturbereich von 240 bis 275 K. Internationale Zeitschrift für Lebensmittel -Technologie und -Verfahrenstechnik. 33 Jahrgang. 1982, Heft 4 (Juni/Juli), s. 252-262.
5. Matuszek T., Niesteruk R., Ojanuga A. G.: Temperature diffusivity of krill, shrimp and squid over temperature range 240-330K. 6-ty Światowy Kongres Nauki i Technologii Żywności. Dublin, 18-23 września 1983.
6. Miller H. L., Sunderland J. E.: Thermal Conductivity of Beef. Food Technology - April 1963, s. 124(490) - 126(492).
7. Niesteruk R.: Badania właściwości termofizycznych surowców spożywczych pochodzenia morskiego na przykładzie kryła, wykorzystywanych w konstruowaniu urządzeń przetwórczych. Praca doktorska. Politechnika Gdańska, Wydział Budowy Maszyn. Zakład Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego. Gdańsk 1982.
8. Niesteruk R., Matuszek T.: Wärmeleitfähigkeit von Krill im Temperaturbereich von 240 bis 360 K. Internationale Zeitschrift für Lebensmittel -Technologie und -Verfahrenstechnik. 34. Jahrgang, 1983. Heft 4 (Aprill/Mai), s. 183-188.
9. Polley S. L., Snyder O. P., Kotnour P.: A Compilation of Thermal Properties of Foods. Food Technology - November 1980, s. 77-94.
10. Praca zbiorowa. Pezacki W. (red.): Technologia mięsa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1982.
11. Quashou M. S., Vachon R. I., Touloukian V. S.: Thermal Conductivity of Foods. Transactions of the ASHRAE - 1972, 15, 2, s. 165-183.
12. Ražnijičič K.: Tablice cieplne z wykresami. Dane liczbowe w układzie technicznym i międzynarodowym. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1966.
13. Riedel L.: Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Seefischen. Kältetechnik. 8. Jahrgang. Heft 12/1956, s. 374-377.
14. Riedel L.: Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Fleisch. Kältetechnik. 9. Jahrgang. Heft 2/1957, s. 38-40.
15. Riedel L.: Enthalpiemessungen an Lebensmitteln. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 5, 118-127 (1977).
16. Sikorski Z. E.: Technologia żywności pochodzenia morskiego. Wyd. III zmienione (II Wyd. polskie). Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980.
17. Tarnowski W.: Własności cieplne zamrażanych produktów spożywczych. Chłodnictwo 1971 6, 8, s. 6-8.

P. Нестерук

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПИЩИ

Р е з ю м е

Сложная структура пищевых продуктов имеет большое влияние на их теплофизические свойства: теплоемкость, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности. Во время переработки пищевого сырья происходят: фазовое превращение льда в воду, плавление жиров, денатурация и коагуляция белок. Фазовое превращение льда в воду вызывает приблизительно 30-кратное увеличение теплоемкости, свыше 3-кратное уменьшение коэффициента теплопроводности и приблизительно 40-кратное уменьшение коэффициента температуропроводности. В пределе температур вымерзания воды имеется максимум теплоемкости и минимум коэффициента температуропроводности. Плавление жиров, денатурация и коагуляция белок дают прирост теплоемкости и уменьшение коэффициента температуропроводности.

R. Niesteruk

THERMIC PROPERTIES OF FOOD

S u m m a r y

The difficult structure of foods has an great influence on thermal properties, like heat capacity, thermal conductivity and thermal diffusivity. In time of their treatment are observed different phenomenons: phase trasition of ice to water, melting of fats, denaturation and coagulation of proteins, which have an influence on the change of thermal properties. Phase transition ice- water causes 30 times increase of heat capacity, 3 times decrease of thermal conductivity and 40 times decrease of thermal diffusivity. In temperature range of freezing out water occurs a maximum of dependence heat capacity from temperature and a minimum of values of thermal diffusivity. Processes, like melting fats, protein denaturation and coagulation causes an increase of heat capacity and a decrease of the thermal diffusivity.