

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- เจ็ดจินดา โชติยะปุตตะ. 2536. ชีววิทยาของปลาหมึก. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
จังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประมง.
- ปราโมทย์ เดชะอำไพ. 2538. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชญ์อร วนาอินทรายุธ. 2536. สมบัติทางความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึก
กระดอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์เศรษฐกิจการพาณิชย์. 2540. การส่งออกสินค้าเป้าหมายสำคัญปี 2540.
กรุงเทพมหานคร. ศูนย์เศรษฐกิจการพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์
กระทรวงพาณิชย์.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2539. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สาธารณสุข, กระทรวง. 2527. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย. กองโภชนาการ กรมอนามัย
กระทรวงสาธารณสุข.
- สิรินาท เมฆมณี. 2533. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อน
ของสับประรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร. 2525. มอก. 428-2525 :
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหมึกเยือกแข็ง. กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 13th ed, Washington, D.C.: Association of
Official Analytical Chemists.
- Bakal, A. and Hayakawa, K. 1973. Cited by Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984.
A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process
Engineering 7: 169-203.

- Barrera, M. and Zaritzky, N.E. 1983. Thermal conductivity of frozen beef liver. Journal of Food Science 48: 1779-1782.
- Bayazitoğlu, Y. and Özişik, M.N. 1988. Element of Heat Transfer. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Bonacina, C., Comini G., Fasano A., and Primicerio, M. 1974. On the estimation of thermophysical properties in nonlinear heat conduction problems. International Journal of Heat and Mass Transfer 17: 861-867.
- Chang, H.D. and Tao, L.C. 1981. Correlation of enthalpies of food system. Journal of Food Science 46: 1493-1497.
- Chavarria, V.M. and Heldman, D.R. 1984. Measurement of convective heat transfer coefficients during food freezing processes. Journal of Food Science 49: 810-814.
- Chen, C.S. 1985a. Thermodynamic analysis of the freezing and thawing of foods: Enthalpy and apparent specific heat. Journal of Food Science 50: 1158-1162.
- Chen, C.S. 1985b. Thermodynamic analysis of the freezing and thawing of foods: Ice content and mollier diagram. Journal of Food Science 50: 1163-1166.
- Chen, C.S. 1986. Effective molecular weight of aqueous solutions and liquid foods calculation from the freezing point depression. Journal of Food Science 51: 1537-1553.
- Chen, C.S. 1987. Relationship between water activity and freezing point depression of food system. Journal of Food Science 52: 433-435.
- Chen, Y.L. and Pun, B.S. 1995. Freezing tilapia by airblast and liquid nitrogen-freezing point and freezing rate. International Journal of Food Science and Technology 30: 167-173.
- Cleland, A.C. 1990. Food Refrigeration Process- Analysis, Design and Simulation. London: Elsevier Science Publishers.
- Cleland, D.J. 1991. Cited by Cleland, D.J. and Valentas K.J. 1997. Prediction of freezing time and design of food freezers. In Handbook of Food Engineering Practice, K. J. Valentas, E. Rotstein and R.P. Singh (eds.). Boca Raton: CRV.
- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1977a. The third kind of boundary condition in numerical freezing calculations. International Journal of Heat and Mass Transfer 20: 1029 -1034.

- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1977b. A comparison of analytical and numerical method of predicting the freezing times of foods. Journal of Food Science 42: 1390-1395.
- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1979. A comparison methods for predicting freezing times of cylindrical and spherical foodstuffs. Journal of Food Science 44: 958-963.
- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1982. Freezing time prediction for food - A simplified procedure. International Journal of Refrigeration 5: 134-140.
- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1984a. Assessment of freezing time prediction method. Journal of Food Science 49: 1034-1042.
- Cleland, A.C. and Earle, R.L. 1984b. Freezing time prediction for different final product temperature. Journal of Food Science 49: 1230-1232.
- Cleland, D.J., Cleland, A.C., and Byrne, S.J. 1984. Prediction of rate of freezing, thawing and cooling in solid of arbitrary shape using finite element method. International Journal of Refrigeration 7: 6 -13.
- Cleland, D.J., Cleland, A.C., and Earle, R.L. 1987a. Prediction of freezing and thawing times for multi-dimensional shapes by simple method. Part 1-regular shape. International Journal of Refrigeration 10: 156-164.
- Cleland, D.J., Cleland, A.C., and Earle, R.L. 1987b. Prediction of freezing and thawing times for multi-dimensional shapes by simple method. Part 2 -irregular shape. International Journal of Refrigeration 10: 234-240.
- Cleland, D.J., Cleland, A.C., Earle, R.L., and Byrne, S.J. 1987. Prediction of freezing and thawing time for multi-dimensional shapes by numerical method. International Journal of Refrigeration 10: 32-39.
- Cleland, D.J., Cleland, A.C., and Jones, R.S. 1994. Collection of accurate experimental data for testing the performance of simple methods for food freezing time prediction. Journal of Food Process Engineering 17: 93-119.
- Cleland, D.J. and Valentas K.J. 1997. Prediction of freezing time and design of food freezers. In Handbook of Food Engineering Practice, K. J. Valentas, E. Rotstein and R.P. Singh (eds.). Boca Raton: CRV.
- Creed, P.G. and James, S.J. 1985. Heat transfer during freezing of liver in a plate freezer. Journal of Food Science 50: 285-288, 294.

- Delgado, A.E., Gallo A., de Piante, D., and Rubiolo, A. 1997. Thermal conductivity of unfrozen and frozen strawberry and spinach. Journal of Food Engineering 31: 137-146.
- de Michelis, A. and Calvelo, A. 1982. Mathematical models for nonsymmetric freezing of beef. Journal of Food Science 47: 1211-1217.
- de Michelis, A. and Calvelo, A. 1983. Freezing time prediction for brick and cylinder-shape. Journal of Food Science 48: 909-913, 934.
- Endo, Y. 1989. Storage of fish at a temperature near its freezing point. Nippon Suisan Gakkaishi 36: 428-433.
- Fennema, O.R., Powrie, W.D., and Marth, E.H. 1973. Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fennema, O.R. 1975. Freezing preservation. In Principle of Food Science Part 2 Physical Principle of Food Preservation, M. Karel, O.R. Fennema and D.B. Lund (eds.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fleming, A.K. 1969. Calorimetric properties of lamb and other meat. Journal of Food Technology 4: 199-215.
- Flores, E.S. and Mascheroni, R.H. 1988. Determination of heat transfer coefficients for continuous belt freezer. Journal of Food Science 53: 1872-1875.
- Geankoplis, C.J. 1995. Transport Processes and Unit Operations. 3rd ed. London: Prentice-Hall International.
- Gerald, C.F. and Wheatley P.O. 1995. Applied Numerical Analysis. 5th ed. New York: Addison-Wesley Publishing.
- Heldman, D.R. 1974. Predicting the relationship between unfrozen water fraction and temperature during food freezing using freezing point prediction. Transactions of the ASAE 17: 63-66.
- Heldman, D.R. 1982. Food property during freezing. Food Technology 36(2): 92-96.
- Heldman, D.R. 1983. Factor influence food freezing rate. Food Technology 37(4): 103-109.
- Heldman, D.R. and Gorby, D.P. 1975. Prediction of thermal conductivity in frozen foods. Transactions of the ASAE 18: 74.-744.
- Heldman, D.R. and Hartel, R.W. 1997. Principle of Food Processing. New York: Chapman & Hall.

- Holdsworth, S.D. 1968. Cited by Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984. A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process Engineering 7(3): 169-203.
- Hossain, M.Md., Cleland, D.J., and Cleland, A.C. 1992. Prediction of freezing and thawing times for foods of regular multi-dimensional shape by using an analytically derived geometric factor. International Journal of Refrigeration 15(4): 227-234.
- Hsieh, R.C., Lerew, L.E., and Heldman, D.R. 1977. Prediction of freezing times for foods as influenced by product properties. Journal of Food Process Engineering 1: 183-197.
- Hung, Y.C. 1990. Prediction of cooling and freezing time. Food Technology 44 (5): 137-153.
- Hung, Y.C. and Thompson, D.R. 1983. Freezing time prediction for slab shape foodstuffs by an improved analytical method. Journal of Food Science 48 : 555-560.
- Hwang, M.P. and Hayakawa, K. 1979. A specific heat calorimeter for foods. Journal of Food Science 44: 435-438, 448
- I.I.R. 1972. Recommendation for the Processing and Handling of Frozen Food. 2nd ed. Paris: International Institute of Refrigeration.
- James, S.J., Bailey, C., and Ono, S. 1976. Determination of freezing and thawing times in the center of blocks of meat by measurement of surface temperature. Journal of Food Technology 11: 505-513.
- Kato, S. 1985. An appraisal of features in each of 4 tropical food preservation system in Japan as compare with conventional food freezing. Refrigeration 60: 1005-1025.
- Keppeler, R.H. and Boose, T.R. 1970. Thermal properties of frozen sucrose solutions. Transactions of the ASAE 13: 335-339.
- Kerr, W.R., Kauten, R.J., Ozilgen, M. and McCarrthy, M.J. 1996. NMR imaging , calorimetric, and Mathematical modeling studies of food freezing. Journal of Food Process Engineering 19: 363-384.
- Lacroix , C. and Castaigne, F. 1987. Simple method for freezing time calculations for infinite flat slab, infinite cylinder and spheres. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal 20: 252-259.

- Lacroix, C. and Castaigne, F. 1988. Freezing time calculation for products with simple geometrical shapes. Journal of Food Process Engineering 10: 81-104.
- LeBlanc, D.I., Kok, R., and Timbers, G.E. 1990a. Freezing of a parallelepiped food product. Part 1. Experimental determination. International Journal of Refrigeration 13(6): 371-378.
- LeBlanc, D.I., Kok, R., and Timbers, G.E. 1990b. Freezing of a parallelepiped food product : Part 2. Comparison of experimental and calculated results. International Journal of Refrigeration 13(6): 379-392.
- Lind, I. 1991. The measurement and prediction of thermal properties of food during freezing and thawing - A review with particular reference to meat and dough. Journal of Food Engineering 13: 285-319.
- Lindsey, D.T. and Lovatt, S.J. 1994. Further enthalpy values of foods measured by an adiabatic calorimeter. Journal of Food Engineering 23: 609-620.
- Lozano, J. E., Rotstein, E., and Urbicain, M.J. 1980. Total porosity and open pore porosity in the drying of fruit. Journal of Food Science 45: 1403-1407.
- Manapperuma, J.D. and Singh, R.P. 1988. Prediction freezing and thawing times of foods using numerical method based on enthalpy transformation. Journal of Food Science 53: 626-630.
- Manapperuma, J.D. and Singh, R.P. 1989. A computer-aided method for the prediction of properties and freezing/thawing of foods. Journal of Food Engineering 9: 275-304.
- Mascheroni, R.H. and Calvelo, A. 1982. A simplified model for freezing time calculations in foods. Journal of Food Science 47: 1201-1207.
- Millor, J. P. 1976. Cited by Ramaswamy, H.S., and Tung, M.A. 1984. A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process Engineering 7(3): 169-203.
- Mittal, G.S., Hanenian, R., and Mallikarjunan, P. 1993. Evaluation of freezing time prediction models of meat patties. Canadian Agriculture Engineering 35(1): 75-81.
- Miyawaki, O., Abe, T., and Yano, T. 1989. A numerical model to describe freezing of foods when supercooling occurs. Journal of Food Engineering 9: 143-151.
- Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gondon and Breach Science. Publishers.

- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials. New York: Gordon and Breach Science. Publishers.
- Morley, M.J. and Fursey, G.A.J. 1988. The apparent specific heat and enthalpy of fatty issue during cooling. International Journal of Food Science and Technology 23: 467-477.
- Murakami, E.G. and Okos, M.R. 1996. Calculation of initial freezing point, effective molecular weight and unfreezable water of food materials from composition and thermal conductivity data. Journal of Food Process Engineering 19: 301-320.
- Nagaoka, J., Takaji, S., and Hotani, S. 1955. Cited by Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984. A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process Engineering 7(3): 169-203.
- Peralta, R.D., Rodriguez E., M., and Kelly, P. 1995. A calorimeter method to determine specific heats of prepared foods. Journal of Food Engineering 26: 81-96.
- Pham, Q.T. 1984. An extension to Plank' s equation for predicting freezing time for foodstuffs of simple shape. International Journal of Refrigeration 7: 377-383.
- Pham, Q.T. 1985a. An approximate analytical method for predicting freezing time for rectangular blocks of food stuffs. International Journal of Refrigeration 8: 43-47.
- Pham, Q.T. 1985b. A fast unconditionally stable finite-difference method for heat conduction with phase change. International Journal of Heat and Mass Transfer 28: 2079-2084.
- Pham, Q.T. 1986a. The use of lumped capacitance in the finite element solution of heat conduction of phase change. International Journal of Heat and Mass Transfer 29: 285-292.
- Pham, Q.T. 1986b. Simplified equation for predicting the freezing times of foodstuffs. Journal of Food Technology 21: 209-219.
- Pham, Q.T. 1987. Calculation of bound water in frozen food. Journal of Food Science 52: 210-212.
- Pham, Q.T. 1990. Prediction of thermal conductivity of meats and other animal products from composition data. In Engineering and Food Volume 1 Physical Properties and Process Control, W.E.L. Spiess and H. Schubert.(eds) London: Elsevier Science Publishers.
- Pham, Q.T. 1996. Prediction of calorimetric properties and freezing time of foods from composition data. Journal of Food Engineering 30: 95-107.

- Pham, Q.T., Wee, H.K., Kemp, R.M., and Lindsay, D. 1994. Determination of enthalpy value of foods by adiabatic calorimeter. Journal of Food Engineering 21: 137-156.
- Pham, Q.T. and Willix, J. 1989. Thermal conductivity of fresh lamb meat, offals and fat in the range -40 to +30°C: Measurement and correlation. Journal of Food Science 54: 508.
- Pham, Q.T. and Willix, J. 1990. Effect of Biot number and freezing rate on accuracy of some food freezing time prediction methods. Journal of Food Science 55: 1429-1434.
- Plank, R. 1941. Cited by Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984. A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process Engineering 7: 169-203.
- Plank, R. 1963. Cited by Mascheroni, R.H. and Calvelo, A. 1982. A simplified model for freezing time calculations in foods. Journal of Food Science 47: 1201-1207.
- Pongsawatmanit, R. and Miyawaki, O. 1993. Measurement of temperature-dependent ice fraction in frozen foods. Bioscience Biotechnology Biochemistry 57(10): 1650-1654.
- Rahman, M.S. 1993. Specific heat of selected fresh seafood. Journal of Food Science 58: 522-524.
- Rahman, M.S. 1994. The accuracy of prediction of the freezing point of meat from general models. Journal of Food Engineering 21: 127-136.
- Rahman, M.S. 1995. Food Properties Handbook. New York: CRC Press, Inc.
- Rahman, M.S. and Driscoll, R.H. 1991. Thermal conductivity of seafoods: Calamari, Octopus and King prawn. Food Australia 48(8): 356-360.
- Rahman, M.S. and Driscoll, R.H. 1994a. Density of fresh and frozen seafood. Journal of Food Process Engineering 17: 121-140.
- Rahman, M.S. and Driscoll, R.H. 1994b. Freezing point of selected seafoods (invertebrates). International Journal of Food Science and Technology 29: 51-61.
- Rahman, M.S., Potluri, P.L., and Varamit, A. 1991. Thermal conductivity of fresh and dried seafood powders. Transactions of the ASAE 34(1): 217-222.
- Ramaswamy, H.S. and Sablani, S.S. 1997. Computerized food freezing/chilling operation. In Computerized Control System in the Food Industry,

- G.S. Mittal (ed) New York: Marcel Dekker Inc.
- Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1981. Thermophysical properties of apples in relation to freezing. Journal of Food Science 46: 724-728.
- Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984. A review on prediction freezing times of foods. Journal of Food Process Engineering 7(3): 169-203.
- Riedel, L. 1956. Kalorimetrische Untersuchungen über das Gefrieren von Seefischen. Kaltetechnik 8(12): 152-156.
- Reidy, G.A. and Rippen, A.C. 1971. Method for determining thermal conductivity in food. Transactions of the ASAE 14(1): 248-254.
- Roose, Y. H. 1986. Phase transitions and unfreezable water content of carrots, reindeer meat and white bread studies using Differential scanning calorimetry. Journal of Food Science 51(3): 684-686.
- Saad, Z. and Scott, E.P. 1996. Estimation of temperature dependent thermal properties of basic food solutions during freezing. Journal of Food Engineering 28: 1-19.
- Saad, Z. and Scott, E.P. 1997. Analysis of accuracy in the numerical simulation of the freezing process in food materials. Journal of Food Engineering 31: 95-111.
- Sanz, P.D., Alonso, M.D., and Mascheroni, R.H. 1987. Thermophysical properties of meat products: General bibliography and experimental values. Transaction of ASAE 30: 283-289, 296.
- Salvadori, V.O. and Mascheroni, R.H. 1991. Prediction of freezing and thawing times of foods by means of simplified analytical method. Journal of Food Engineering 13: 67-78.
- Schwartzberg, H.G. 1976. Effective heat capacities for the freezing and thawing of food. Journal of Food Science 41: 152-156.
- Singh, R.P. 1994. Thermal properties of frozen foods. In Engineering Properties of Foods, M.A. Rao and S.S.H. Rizvi (eds.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Singh, R.P. and Manapperuma, J.D. 1990. Development in food freezing . In Biotechnology and Food Process Engineering, H.G. Schwartzberg and M.A. Rao (eds). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Succar, J. and Hayakawa, K.I. 1983. Empirical formulae for predicting thermal physical properties of food at freezing or defrosting temperature. Food Science and Technology 16: 326-331.

- Succar, J. and Hayakawa, K.I. 1984. Parametric analysis for predicting freezing times of infinitely slab-shaped food. Journal of Food Science 49: 468-477.
- Succar, J. and Hayakawa, K.I. 1990. A method to determine initial freezing point of foods. Journal of Food Science 55: 1711-1713.
- Sweat, V.E. 1975. Modelling the thermal conductivity of meats. Transaction of ASAE 18: 564-568.
- Sweat, V.E. 1994. Thermal properties of foods. In Engineering Properties of Foods, M.A. Rao and S.S.H. Rizvi (eds.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Sweat, V.E. and Haugh, C.G. 1974. A thermal conductivity probe for small food samples. Transactions of the ASAE 17: 56-58.
- Sweat, V.E. and Haugh, C.G., and Stadelman, W.J. 1973. Thermal conductivity of chicken meat at temperature between -75 and 20°C. Journal of Food Science 38: 158-160.
- Tao, L.C. 1974. Effect of linear approximation of enthalpy-temperature curve in simulating heat transfer during freezing. Journal of Food Science 40: 1099-1100.
- Wang, D.Q. and Kolbe, E. 1990. Thermal conductivity of surimi -Measurement and modelling. Journal of Food Science 55: 1217-1221.
- Wang, D.Q. and Kolbe, E. 1991. Thermal properties of surimi analyzed using DSC. Journal of Food Science 56: 302-308.
- Wilson, H.A. and Singh, R.P. 1987. Numerical simulation of individual quick freezing of spherical foods. International Journal of Refrigeration 10: 149-155.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมบัติทางกายภาพและความร้อนของปลาหมึกกระดอง

ก.1 ความหนาแน่น

ตารางที่ ก.1 ค่าความหนาแน่นของปลาหมึกกระดองที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่น(kg/m ³)	อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่น(kg/m ³)
30± 2	1051	-5± 2	982
	1054		983
	1049		989
	1048		988
20± 2	1048	-10± 2	974
	1049		973
	1050		972
	1052		972
10 ± 2	1052	-20± 2	959
	1049		970
	1054		965
	1054		965
0-2	1050	-30± 2	955
	1051		963
	1056		960
	1045		958

ก.2 ค่าสภาพนำความร้อน

ตารางที่ ก.2 ค่าสภาพนำความร้อนของ 0.5% Agar ที่ 30 ± 2 °C (จากการ calibrate thermal conductivity probe)

Run no	ค่าสภาพนำความร้อน(W/m.K)
1	0.643
2	0.640
3	0.642
4	0.654
5	0.635
6	0.606
7	0.621
8	0.632
9	0.669
10	0.621
11	0.612
12	0.642
13	0.662
14	0.639
15	0.651
16	0.632
17	0.624
18	0.640
19	0.617
20	0.625
ค่าเฉลี่ย	0.635
ค่าเบี่ยงเบน	0.015
ค่าที่รายงานไว้	0.626 *
ความผิดพลาดโดยเฉลี่ย (%)	1.49

*ที่มา Sweat และ Haugh (1974)

ตารางที่ ก.3 ค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกระดองที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ค่าสภาพนำความร้อน (W/m.K)	อุณหภูมิ (°C)	ค่าสภาพนำความร้อน (W/m.K)
27.6	0.541	2.0	0.535
28.5	0.548	2.0	0.534
29.2	0.531	1.4	0.525
29.8	0.533	1.4	0.510
30.3	0.541	1.5	0.528
30.8	0.534	1.4	0.525
31.1	0.564	1.7	0.539
31.3	0.548	0.9	0.532
31.1	0.544	1.0	0.524
19.5	0.568	-6.5	1.075
19.6	0.558	-6.5	1.190
19.6	0.541	-5.5	1.144
20.7	0.556	-5.1	1.098
20.1	0.537	-4.7	1.159
19.2	0.548	-4.4	1.114
19.8	0.539	-4.1	1.199
20.1	0.544	-3.9	1.071
19.2	0.539	-3.7	1.050
9.7	0.533	-9.8	1.205
10.2	0.540	-9.8	1.166
9.9	0.530	-10.6	1.189
11	0.514	-10.6	1.241
10.7	0.517	-10.8	1.095
10.5	0.517	-10.8	1.207
10.6	0.526	-10.8	1.060
11.3	0.531	-9.8	1.077
10.7	0.536	-9.8	1.179

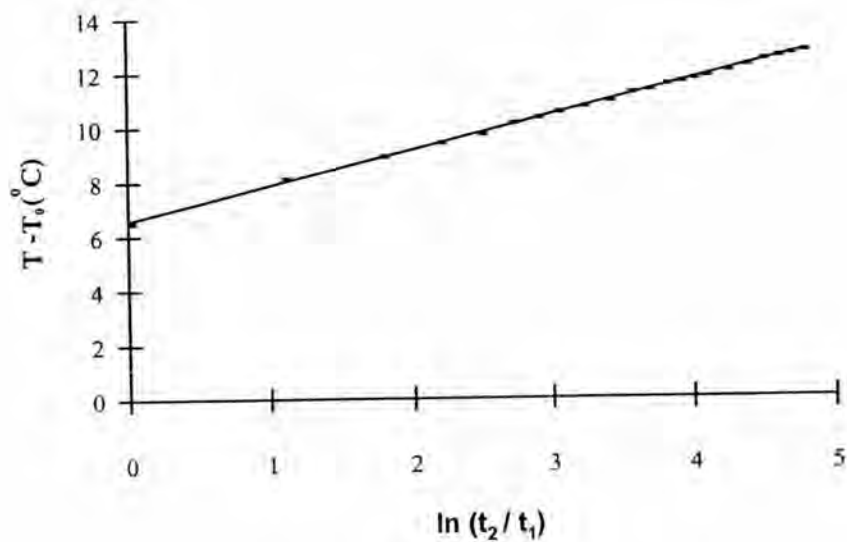
ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ค่าสภาพนำความร้อน (W/m.K)
-20.1	1.391
-19.6	1.473
-20.0	1.376
-20.0	1.424
-19.5	1.481
-19.8	1.401
-19.7	1.442
-19.7	1.407
-20.6	1.420
-29.6	1.596
-30.3	1.559
-30.5	1.604
-31.8	1.632
-29.9	1.682
-29.5	1.687
-29.6	1.722
-29.4	1.706
-29.4	1.608

การคำนวณค่าสภาพนำความร้อน

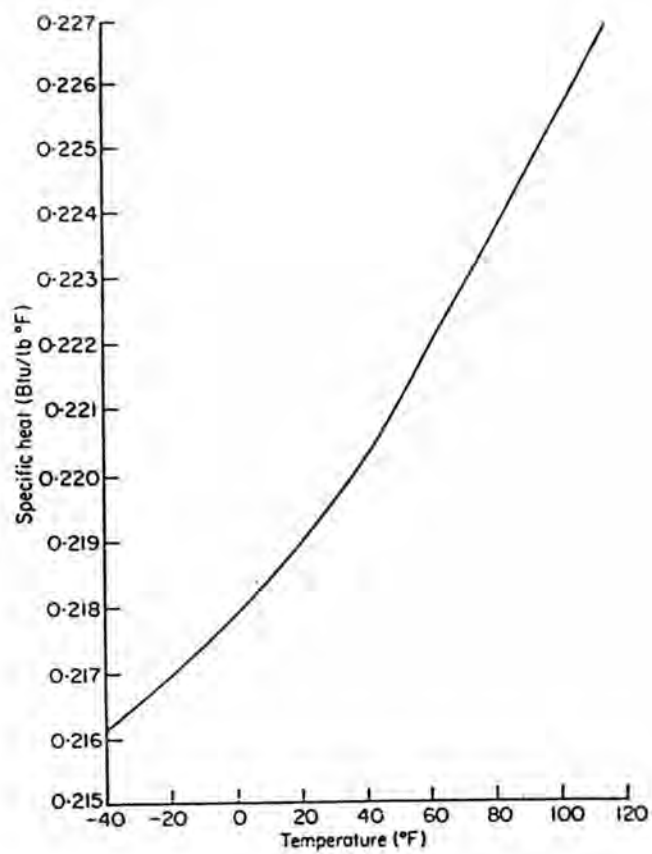
อุณหภูมิเริ่มต้นของปลาหมึกกระดอง	29.8	°C
ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้ probe	3.61 Volt	
กระแสที่จ่ายให้ probe	247.7	mA
กำลังไฟฟ้า	8.598	W/m
จากกราฟ หาคความชันของกราฟ (รูปที่ ก.1)	1.2844	
พิจารณาค่าสภาพนำความร้อนที่ ให้ $R^2 > 0.99$		
ค่าสภาพนำความร้อนเท่ากับ		

$$\begin{aligned}
 k &= q / (4\pi \times \text{slope}) \\
 &= 8.598 / (4 \times 3.1416 \times 1.2844) \\
 &= 0.533 \text{ W/m.K}
 \end{aligned}$$



รูปที่ ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $T - T_0$ (°C) กับ $\ln(t_2 / t_1)$

ก.3 ค่าความร้อนจำเพาะ



รูปที่ ก.2 ค่าความร้อนจำเพาะของ trichloroethylene ที่อุณหภูมิต่างๆ

ที่มา Fleming (1969)

ตารางที่ ก.4 ค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกระดองที่อุณหภูมิต่างๆ

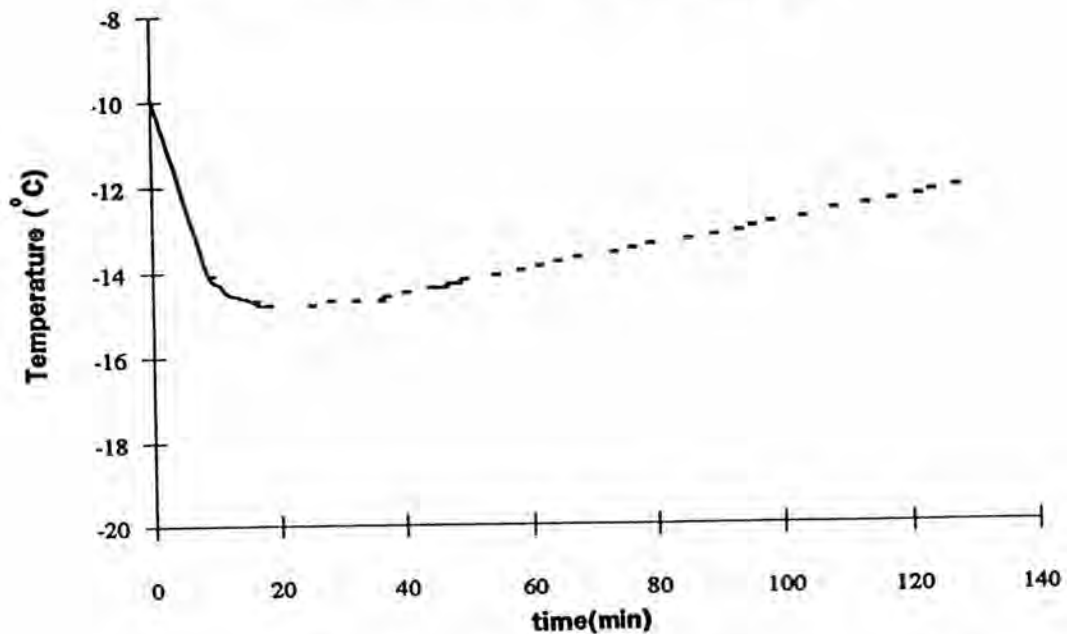
อุณหภูมิ (°C)	ค่าความร้อนจำเพาะ(cal/g.°C)
29.6	0.915
31.0	0.909
29.9	0.917
30.5	0.914
20.8	0.914
21.0	0.908
20.5	0.894
20.0	0.905
10.5	0.897
10.3	0.896
10.3	0.908
11.3	0.889
1.1	0.887
1.2	0.868
2.0	0.893
1.2	0.887
-9.5	1.684
-9.9	1.537
-10.2	1.648
-10.0	1.540
-20.5	0.644
-19.8	0.634
-19.8	0.648
-20.0	0.651
-29.9	0.593
-32.1	0.566
-30.7	0.595
-29.7	0.563

การคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะพลาสติกกระดอง

น้ำหนัก trichloroethylene	600	g
อุณหภูมิเริ่มต้น trichloroethylene	-9.9	°C
ค่าความร้อนจำเพาะของ trichloroethylene	0.217	cal/g.°C
น้ำหนักตัวอย่างพลาสติกกระดอง	93.5	g
อุณหภูมิเริ่มต้นพลาสติกกระดอง	-32.1	°C
ความจุความร้อนของ calorimeter	19.54	cal/°C
อุณหภูมิที่จุดสมดุล	-14.3	°C
เวลาที่จุดสมดุล	47	min
ความชันของกราฟ (รูปที่ ก.3)	0.026856	°C/min
ความชันของกราฟ x เวลาที่จุดสมดุล (Ta)	1.2624	°C
คำนวณค่าความร้อนจำเพาะจากสมการ		

$$C_{p_s} = \frac{C_{p_L}W_L(T_{i_L}-T_{e_L}+T_a) + H_k(T_{i_k}-T_{e_k}+T_a)}{W_s(T_{e_s}-T_{i_s}-T_a)}$$

ค่าความร้อนจำเพาะของพลาสติก 0.566 Cal /g.°C



รูปที่ ก.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวกลางใน calorimeter ขณะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวอย่าง

ภาคผนวก ข

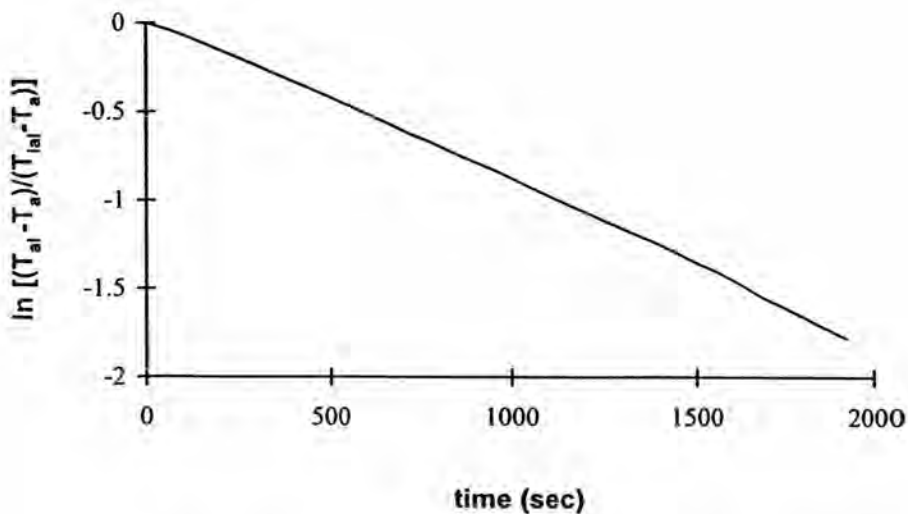
การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิว

ความหนาแน่นของแผ่นอลูมิเนียม	2700	kg/m ³
ความร้อนจำเพาะของแผ่นอลูมิเนียม	904	J/kg.°C
พื้นที่ผิวอลูมิเนียมที่สัมผัสลมเย็น	0.01	m ²
ความหนาของแผ่นอลูมิเนียม	0.011	m
อุณหภูมิเริ่มต้นของแผ่นอลูมิเนียม	31.4	°C
อุณหภูมิลมเย็นโดยเฉลี่ยใน airblast freezer	-28.3	°C
จากกราฟ (รูปที่ ข.1) มีความชัน (slope)	-0.000932	1/min

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวคำนวณจากสมการ

$$h = \frac{\rho_{al} V_{al} C_{p_{al}} (slope)}{A_{al}}$$

$$h = 25.03 \text{ W/m}^2.K$$



รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ของ $\ln [(T_{al}-T_a)/(T_{ial}-T_a)]$ กับ เวลา (s)

ตารางที่ ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวที่ความเร็วลมระดับต่างๆ
ใน airblast freezer และ ความสัมพันธ์ระหว่าง Reynolds number
กับ Nusselt number

ความเร็วลม (m/s)	h ($W/m^2.K$)	Reynolds number	Nusselt number
1.2	14.82	1299	8.138
1.2	15.11	1299	8.298
1.2	14.9	1299	8.182
1.2	14.9	1299	8.182
3.0	24.89	3247	13.67
3.0	25.03	3247	13.75
3.0	25.54	3247	14.03
3.0	25.64	3247	14.08
3.5	28.5	3788	14.35
3.5	28.67	3788	14.43
3.5	29.94	3788	15.07
3.5	27.5	3788	13.84
5.2	34.32	5628	17.28
5.2	34.13	5628	17.18
5.2	33.39	5628	16.81
5.2	33.3	5628	16.76
7.2	45.31	7793	22.81
7.2	46.48	7793	23.4
7.2	45.7	7793	23
7.2	46.1	7793	23.21
9.8	52.84	10607	26.6
9.8	55.64	10607	28.01
9.8	55.38	10607	27.88
9.8	53	10607	26.68

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นปลาหมึกกระดองในช่วงอุณหภูมิ -5° ถึง -30 °C

ขั้นตอนการคำนวณ

1. การคำนวณค่า mean square error (MSE) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

source of variation	sum of square	d.f	mean square	F-ratio	Significant level
Between treatment	1578.50	3	526.17	47.12	0.000
within treatment or error	134.01	12	11.17		
Total	1712.51	15			

2. จัดเรียงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นปลาหมึกกระดอง

อันดับ	1	2	3	4
treatment	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
ค่าเฉลี่ย	985.5	972.7	964.7	959

3. คำนวณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (standard error; S_y)

$$S_y = \sqrt{\text{error of mean square} / n}$$

เมื่อ $n =$ จำนวนซ้ำ

$$S_y = \sqrt{11.17/4} = 1.67$$

4. คำนวณค่า least significant range (LSR) สำหรับช่วงการเปรียบเทียบต่างๆ โดยอาศัย ตาราง significant studentized range(SSR)

จากการทดลอง df ของ error =12

$$LSR_{\infty, p} = (SSR_{\infty, p}) (S_y)$$

p	2	3	4
$SSR_{0.05}$	3.08	3.23	3.33
$LSR_{0.05}$	5.15	5.40	5.82

เมื่อ p = ผลต่างของอันดับ+1

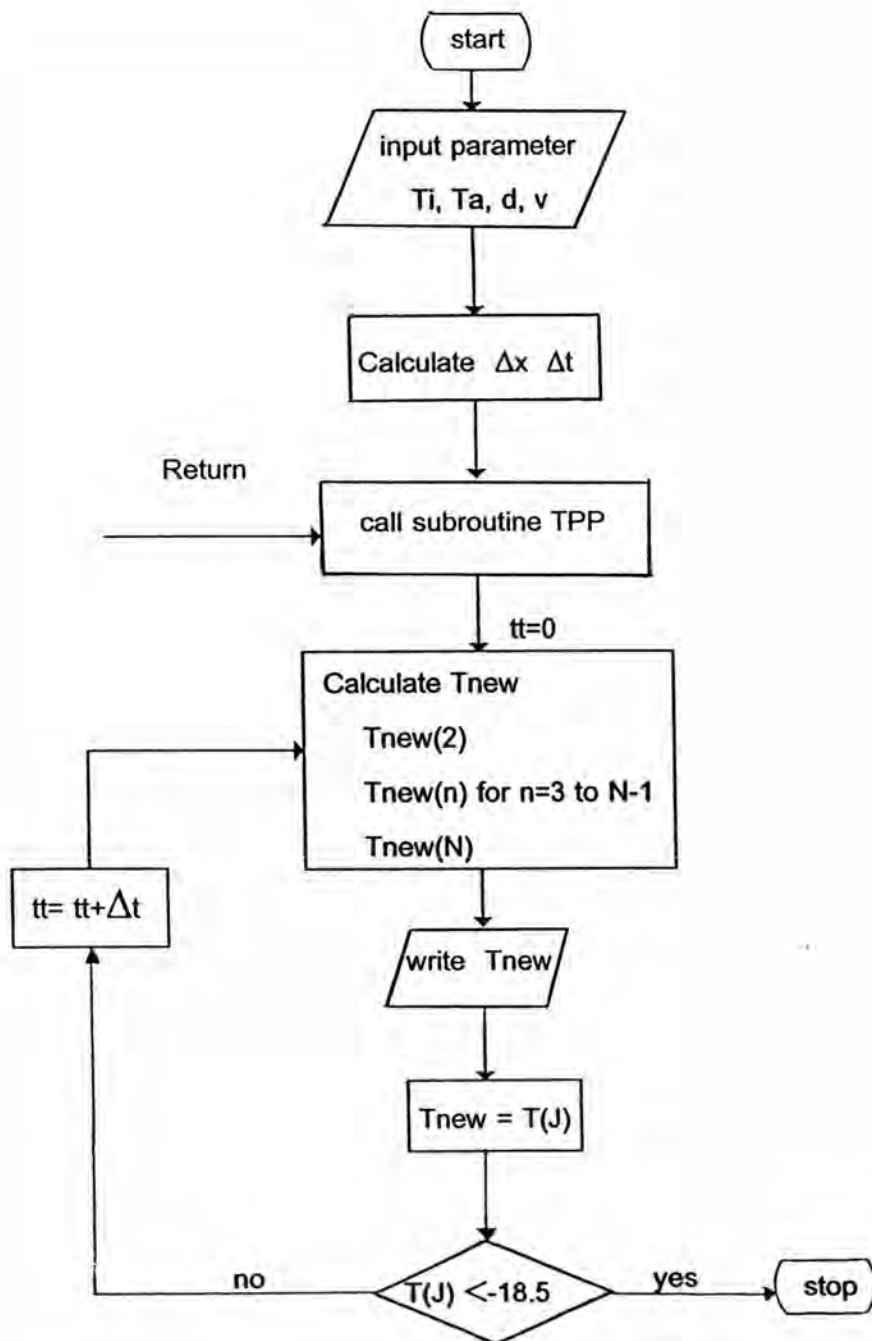
5. เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยกับค่า $LSR_{\infty, p}$ ที่ p

ผลต่างของอันดับ 1 กับ 4	985.5-959	= 25.5 > 5.82	แตกต่างกัน
ผลต่างของอันดับ 1 กับ 3	972.7-959	= 13.7 > 5.4	แตกต่างกัน
ผลต่างของอันดับ 1 กับ 2	964.7-959	= 5.7 > 5.15	แตกต่างกัน
ผลต่างของอันดับ 2 กับ 4	985.5-964.7	= 20.8 > 5.4	แตกต่างกัน
ผลต่างของอันดับ 2 กับ 3	972.7-964.7	= 8.0 > 5.15	แตกต่างกัน
ผลต่างของอันดับ 3 กับ 4	985.5-972.7	= 12.8 > 5.15	แตกต่างกัน

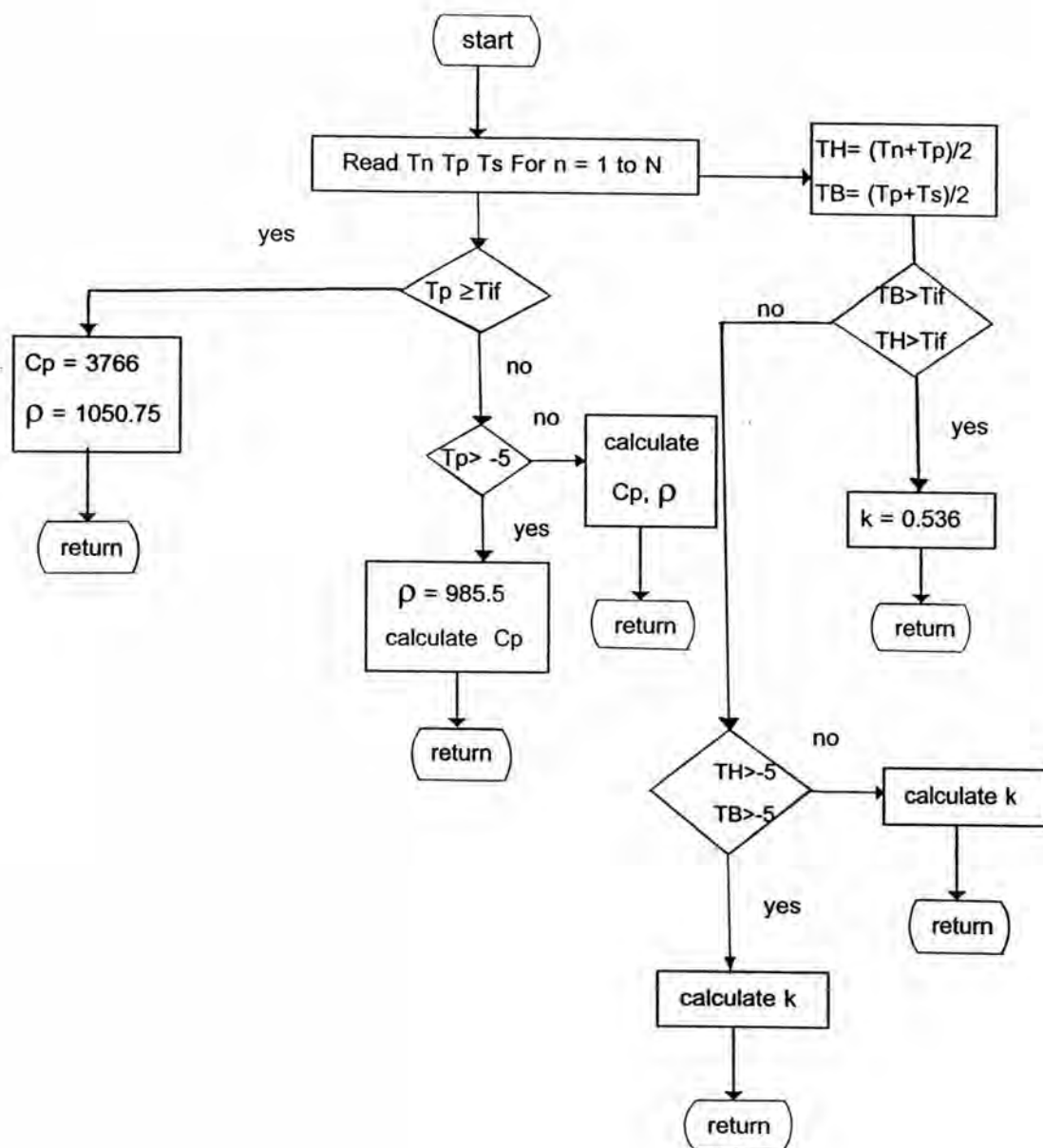
ดังนั้น ค่าความหนาแน่นของปลาหมึกกระดองที่อุณหภูมิ -5° , -10° , -20° , -30°C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาคผนวก ง

ง.1 Flow chart การเขียนโปรแกรมแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยวิธีเชิงเลข



โปรแกรมย่อย (Subroutine TPP)



จ.2 โปรแกรมแบบจำลองเชิงเลขที่สร้างขึ้น

```

C
C THIS PROGRAM SOLVE PREDICTING FREEZING TIME OF CUTTLEFISH BY
C UNSTEADY STATE HEAT FLOW EQUATION IN ONE DIMENSION HEAT TRAFER
C USING EXPLICIT METHOD
C
C DIMENSION T(100),TNEW(100)
C REAL Ti,Ta,t,TNEW,dt,Cp,dp, kn, ks, X, dx, h, v, TN, TP, TS
C INTEGER ni, N, J, M, DM
C OPEN(90, FILE='SIMULATE')
C
C PLEASE INPUT PARAMETERS
C PARAMETERS ARE: Ti,X,Ta, v
C
C Ti = PRODUCT INITIAL TEMPERATURE (C)
C Ti = 27.7
C X = THICKNESS OF CUTTLEFISH (m)
C X = 0.014
C Ta = AVERAGE AIR TEMPERATURE(C)
C Ta = -28.2
C v = VELOCITY OF AIR (m/s)
C v = 4
C
C
C
C Tif = INITIAL FREEZING POINT (C)
C Tif = -1.0
C Mc = INITIAL WATER CONTENT (%)
C Mc = 81.72
C Dp = DENSITY OF CUTTLEFISH (kg/m3)
C Cp = SPECIFIC HEAT OF CUTTLEFISH (J/kg.C)
C kn, ks = THERMAL CONDUCTIVITY OF CUTTLEFISH(W/m.K)
C
C CALCULATE NUMBER OF NODE
C
C IF (X.GE.0.01)THEN
C ni = x*1000.000
C ELSE
C ni = x*2000.000
C END IF
C dx = X/ni
C N = NUMBER OF NODE OF SYSTEM
C N = X/dx+2
C TIME(SEC)
C tt = 0
C TIME STEP(SEC)
C IF(X.LT.0.01)THEN
C dt = 0.25
C ELSE
C dt = 1
C END IF
C M = 0
C DM = 1
C
C h = SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT(W/m2.K)
C h = 14.421*(v**0.5674)
C
C
C
C READ THE INITIAL TEMPERATURE AND WRITE THEM OUT
C
T(1)= Ta

```

```

    TNEW(1)=Ta
    Do 10 J = 2,N
10  T(J)= Ti
    WRITE(*,13) dx
13  FORMAT(T10,'dx = ', F9.6)
    WRITE(*,12) N
12  FORMAT(T10,'node = ', I3)
    WRITE(*,14) h
14  FORMAT(T10,'shtc = ', F8.2)
    WRITE(90,279) X
279 FORMAT(2x,'x = ', F9.5)
    WRITE(90,249) h
249 FORMAT(2x,'shtc= ', F9.2)
    WRITE(90,245) Ti
245 FORMAT(2x,'Ti= ', F9.2)
    WRITE(90,266) Ta
266 FORMAT(2x,'Tair= ', F9.2)
    WRITE(90,259) N
259 FORMAT(2x,'node= ', I3)
    WRITE(90,*)
    WRITE(90,899)
899 FORMAT(1x,'time(min)',10x,' temp(C)')
222 WRITE(90,*) 0/60, Ti

C    NOW CALCULATION AT EACH NODE
C    SURFACE NODE

200 IF (T(N).LT.-18.50) STOP

    M= M+DM
    C= 60/dt
    tt=tt+Dt

    Tn=Ta
    Tp=T(2)
    Ts=T(3)
    CALL TPP (Tn, Tp, Ts, Cp, dp, ks, kn)

    TNEW(2) = ((ks*dt*(Ts-Tp))/(dp*Cp*Dx*Dx)) - ((h*dt*(Tp-Ta))
&            / (dp*Cp*Dx)) + TP

C    MIDDLE NODE
DO 50 J = 3,N-1
    Tn=T(J-1)
    Tp=T(J)
    Ts=T(J+1)

    CALL TPP (TN, TP, TS, Cp, dp, ks, kn)

50 TNEW(J) = TP + ((ks*dt*(TS-TP))/(dp*Cp*Dx*Dx)) -
&            ((kn*dt*(TP-TN))/(dp*Cp*Dx*Dx))

C    BOTTOM NODE
    Tn=T(N-1)
    Tp=T(N)
    CALL TPP (TN, TP, TS, Cp, dp, ks, kn)

    TNEW(N) = ((-kn*dt*(TP-TN))/(Cp*dp*dx*dx)) + TP

    DO 11 J=1,N
11  T(J)=TNEW(J)

```

```

      IF(M.NE.C) GOTO 200
      IF(M.EQ.C) GOTO 300

300 WRITE(90,*) tt/60 ,TNEW(2),TNEW(8),TNEW(N)

      M=0
      GOTO 200
      END

C
C -----
C   THERMO-PHYSICAL PROPERTIES OF CUTTLEFISH

      SUBROUTINE TPP (TN,TP,TS,Cp,dp,ks,kn)
      REAL TH,TB,TN,TP,TS,Tif,Cp,dp,ks,kn
         Tif= -1.0
         TH = (TN+TP)/2
         TB = (TS+TP)/2

C   THERMAL CONDUCTIVITY
         IF (TH.GE.Tif) THEN
            kn = 0.536
         ELSE
            IF (TH.GT.-5.0.AND.TH.LT.Tif) THEN
               kn = (-0.147*TH)+0.389
            ELSE
            C   IF (TH.LE.-5.0) THEN
               &      kn = 1.0206-(0.0147*((TN+TP)/2))+(0.0002
               *(((TN+TP)/2)**2))
               END IF
            END IF
            END IF

         IF (TB.GE.Tif) THEN
            ks = 0.536
         ELSE
            IF (TB.GT.-5.0.AND.TB.LT.Tif) THEN
               ks = (-0.147*TB)+0.389
            ELSE
            C   IF (TB.LE.-5.0) THEN
               &      ks = 1.0206-(0.0147*((TS+TP)/2))+(0.0002
               *(((TS+TP)/2)**2))
               END IF
            END IF
            END IF

C   SPECIFIC HEAT(J/kg)
         IF(TP.GE.Tif) THEN
            Cp = 3699.6+(4.6025*TP)
         ELSE
            IF (TP.LT.Tif) THEN
               &      Cp = 3766-(0.7715*333600*(Tif)/TP**2)
               - (0.7715*2092)
            END IF
            END IF

C   DENSITY(kg/m3)
         IF (TP.GE.Tif) THEN
            dp = 1050.75
         ELSE

```

```
IF (TP.GT.-5.0.AND.TP.LT.Tif) THEN
    dp = 985.5
ELSE
    IF (TP.LE.-5.0) THEN
        dp = 995.4+(2.4406*TP)+(0.04144*(TP**2))
    END IF
END IF
1000 RETURN
END
```

ภาคผนวก จ

แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับทำนายเวลาในการแช่เยือกแข็งปลาหมึกกระดอง

จ.1 โปรแกรมแบบจำลองของ Plank (1941)

```
C
C THIS PROGRAM SOLVE PREDICT FREEZING TIME OF CUTTLEFISH BY
C PLANK MODEL
C
C REAL Ti,Tif,Ta,tf,dp,kf,Mc,X,h,v
C
C PLEASE INPUT PARAMETERS
C PARAMETERS ARE:Ti,Ta,X,v
C
C Ti = PRODUCT INITIAL TEMPERATURE (C)
C Ti = 27.1
C X = THICKNESS OF CUTTLEFISH (m)
C X = 0.014
C Ta = AVERAGE AIR TEMPERATURE (C)
C Ta = -27.5
C v = VELOCITY OF AIR (m/s)
C v = 9.8
C
C
C Tif = INITIAL FREEZING POINT (C)
C Tif = -1.0
C Mc =INITIAL WATER CONTENT (%)
C Mc = 81.72
C Dp =DENSITY OF FROZEN CUTTLEFISH (kg/m3)
C dp = 959
C Cp = SPECIFIC HEAT OF UNFROZEN CUTTLEFISH (J/kg.C)
C Cp = 3766
C kn, ks = THERMAL CONDUCTIVITY OF FROZEN CUTTLEFISH (W/m.K)
C kf = 1.644
C LATENT HEAT (J/kg)
C L = 334000*Mc/100
C h = SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/m2.K)
C h = 14.421*(v**0.5674)
C
C
C PLANK'S MODEL (1941)
C P=0.5
C R=1
C FREEZING TIME (MIN) IS
C tf = (((dp*L)/(Tif-Ta))*((P*(x**2)/kf)+(R*x/h)))/60
C
C WRITE(*,15) tf
15 FORMAT(T10,'tf = ', F10.2)
C
C END
```

จ.2 โปรแกรมแบบจำลองของ IIR (1972)

```

C
C THIS PROGRAM SOLVE PREDICTING FREEZING TIMES OF CUTTLEFISH
C BY IIR MODEL
C
C REAL Ti,Tc,Ta,tf,Cf,EN,dp,kf,Mc,X,h,v
C
C PLEASE INPUT PARAMETERS
C PARAMETERS ARE: Ti,X,Ta, v
C
C Ti = PRODUCT INITIAL TEMPERATURE (C)
C Ti = 27.1
C X = THICKNESS OF CUTTLEFISH (m)
C X = 0.014
C Ta = AVERAGE AIR TEMPERATURE (C)
C Ta = -27.5
C v = VELOCITY OF AIR (m/s)
C v = 9.8
C
C
C Tif = INITIAL FREEZING POINT (C)
C Tif = -1.0
C Tc = FINAL TEMPERATURE (C)
C Tc = -18
C Mc = INITIAL WATER CONTENT (%)
C Mc = 81.72
C Dp = DENSITY OF FROZEN CUTTLEFISH (kg/m3)
C dp = 959
C Cf = SPECIFIC HEAT OF FROZEN CUTTLEFISH (J/kg.C)
C Cf = 2410
C kn, ks = THERMAL CONDUCTIVITY OF FROZEN CUTTLEFISH (W/m.K)
C kf = 1.644
C LATENT HEAT (J/kg)
C L = 334000*Mc/100
C ENTHALPY OF CUTTLEFISH (J/kg)
C EN = L+(Cf*(Tif-Tc))
C h = SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/m2.K)
C h = 14.421*(v**0.5674)
C
C
C IIR MODEL (1972)
C P=0.5
C R=1
C FREEZING TIME (MIN) IS
C tf = (((dp*EN)/(Tif-Ta))*((P*(x**2)/kf)+(R*x/h)))/60
C
C WRITE(*,13) tf
13 FORMAT(T10,'tf = ', F10.2)
C
C END

```

จ.3 โปรแกรมแบบจำลองของ Cleland และ Earle (1984b)

```

C
C THIS PROGRAM SOLVE PREDICTING FREEZING TIMES FOR CUTTLEFISH
C BY CLELAND AND EARLE(1984b)MODEL
C
C REAL Ti,Tc,Ta,Tref,Tif,A,B,E,Cu,Cf,EN,kf,Mc,X,h,v, Pk,Ste,tf
C
C PLEASE INPUT PARAMETERS
C PARAMETERS ARE:Ti,X,Ta,v
C Ti = PRODUCT INITIAL TEMPERATURE (C)
C     Ti = 27.1
C X = THICKNESS OF CUTTLEFISH (m)
C     X = 0.014
C Ta = AVERAGE AIR TEMPERATURE (C)
C     Ta = -27.5
C v = VELOCITY OF AIR (m/s)
C     v = 9.8
C
C -----
C Tf = INITIAL FREEZING POINT (C)
C     Tif = -1.0
C Tc = FINAL TEMPERATURE (C)
C     Tc = -18
C     Tref = -10
C Mc =INITIAL WATER CONTENT (%)
C     Mc = 81.72
C Dp =DENSITY OF CUTTLEFISH (kg/m3)
C     du = 1050.75
C     dp = 959
C Cf = SPECIFIC HEAT OF CUTTLEFISH (J/kg.C)
C     Cu = 3766
C     Cf = 2410
C kn, ks = THERMAL CONDUCTIVITY OF FROZEN CUTTLEFISH (W/m.K)
C     kf = 1.644
C LATENT HEAT (J/kg)
C     L = 334000.0 *(Mc/100)
C ENTHALPY OF CUTTLEFISH (J/m3)
C     EN = (dp*L)+(Cf*dp*(Tif-Tref))
C     EN = 282554965
C h = SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/m2.K)
C     h = 14.421*(v**0.5674)
C
C -----
C CLELAND AND EARLE(1984)MODEL
C     E = 1
C     A = ALOG((Tc-Ta)/(-10-Ta))
C     Pk = Cu*du*(Ti-Tif)/EN
C     Ste = Cf*dp*(Tif-Ta)/EN
C     B = 1-(1.65*A*(Ste/kf))
C     P = (1.026+(0.5808*Pk)+(Ste*0.2296*Pk)
C       & +(Ste*0.105))
C     R = 0.5*(1.202+(Ste*3.41*Pk)+(Ste*0.7336))
C     C = (P*X/h)+(R*(X**2)/kf)
C
C FREEZING TIME (MIN) IS
C     tf = (EN*C*B/(Tif-Ta))/E/60
C
C WRITE(*,84) tf
84 FORMAT(T10,'tf = ', F15.5)
C END

```


จ.4 โปรแกรมแบบจำลองตัดแปลงของ Pham (1986b)

```

C
C THIS PROGRAM SOLVE T PREDICT FREEZING TIME FOR CUTTLEFISH BY
C BY PHAM MODEL
C
C REAL Ti, Tc, Ta, Tfm, Tif, A, b, H1, H2, Cf, dp, du, kf, Mc, X, h, v,
C & T1, T2, E, i, tf
C PLEASE INPUT PARAMETERS
C PARAMETERS ARE: Ti, X, Ta, v
C
C Ti = PRODUCT INITIAL TEMPERATURE (C)
C Ti = 27.1
C X = THICKNESS OF CUTTLEFISH (m)
C X = 0.014
C Ta = AVERAGE AIR TEMPERATURE (C)
C Ta = -27.5
C v = VELOCITY OF AIR (m/s)
C v = 9.8
C
C
C Tf = INITIAL FREEZING POINT (C)
C Tf = -1.0
C Tc = FINAL TEMPERATURE (C)
C Tc = -18
C Mc = INITIAL WATER CONTENT (%)
C Mc = 81.72
C Dp = DENSITY OF CUTTLEFISH (kg/m3)
C du = 1050.75
C dp = 959
C Cf = SPECIFIC HEAT OF CUTTLEFISH (J/kg.C)
C Cu = 3766
C Cf = 2410
C kf = THERMAL CONDUCTIVITY OF FROZEN CUTTLEFISH (W/m.K)
C kf = 1.644
C L = LATENT HEAT OF WATER (J/kg)
C LW = 334000
C ENTHALPY OF CUTTLEFISH (J/m3)
C H1 = (du*Cu*(Ti-Tfm))/T1
C H2 = ((dp*LW*i)+(dp*Cf*(Tfm-Tc)))/T2
C b = RATIO OF BOUND WATER TO SOLID MASS FRACTION
C i = FULLY FROZEN ICE FRACTION
C b = 0.25
C i = ((Mc/100)-(b*0.1828))*(1-(Tif/(-30)))
C i = 0.74578
C h = SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/m2.K)
C h = 14.421*(v**0.5674)
C
C
C PHAM MODEL(1986)
C
C Tfm = 1.8+(0.263*Tc)+(0.105*Ta)
C T1 = (0.5*(Ti+Tfm))-Ta
C T2 = Tfm-Ta
C H1 = (du*Cu*(Ti-Tfm))/T1
C H2 = ((dp*LW*i)+(dp*Cf*(Tfm-Tc)))/T2
C A = (x/(h))+(x**2/(2*kf))
C E = 1
C FREEZING TIME (MIN) IS
C tf = (H1+H2)/E*A/60
C
C WRITE(*,13) tf

```

```
13 FORMAT(T10,'tf = ', F10.2)
END
```

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวอมมี คุณอารี เกิดวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2511 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เมื่อปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537