

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- จรัญ จันทลักษณ์. 2527. สถิติ วิถีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5.
กรุงเทพมหานคร: สำนักไทยวัฒนาพานิช. หน้า 219-271.
- ทศพร วงศ์รัตน์. 2528. ทรัพยากรประมงทะเลของไทย. กรุงเทพมหานคร: แผนกธรรมชาติวิทยา
สยามสมาคม. หน้า 24-42.
- ธนาคารกสิกรไทย. 2532. ปลาหมึกสดแช่เย็น: ปัญหาอยู่ที่การผลิต. สรุปข่าวธุรกิจธนาคารกสิกรไทย
ปีที่ 13 ฉบับที่ 8. กรุงเทพมหานคร: ธนาคารกสิกรไทย.
- บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล บิสสิเนส รีเสิร์ช(ประเทศไทย) จำกัด. 2532. คู่มือพ่อค้าส่งออก.
กรุงเทพมหานคร: บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล บิสสิเนส รีเสิร์ช(ประเทศไทย) จำกัด.
- ประภาศรี สิงห์รัตน์, จิระ อิศรัตน์และไพศาล วุฒิจำนงค์. 2531. หลักวิศวกรรมการแปรรูปอาหาร.
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 152
- พัชรินทร์ ตันตรัยโกศล. 2529. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาหมึกกระดอง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบัณฑิต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พาณิชย์, กระทรวง. 2534. วิธีการส่งออกปลาหมึกสดแช่เย็น. กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวง
พาณิชย์. หน้า 13-17.
- ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2529. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะ
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 340.
- เขาวลักษณ์ สุรพันธ์ศิษฐ์. 2528. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 25.
- สาธารณสุข, กระทรวง. 2527. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย. กองโภชนาการ กรมอนามัย
กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2534. มอก. 373-2524: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แป้งสาลีชนิดทำเค้ก. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- องค์การสะพานปลา. งานงบประมาณและสถิติ. 2533. สถิติการประมงประจำปี 2534.
งานงบประมาณและสถิติ. องค์การสะพานปลา.

ภาษาอังกฤษ

- Albin, F.V., Badari - narayana, K., Srinivasa - Murthy, S., and Krishna - Murthy, M.V. 1979. Thermal diffusivities of some unfrozen and frozen food models. Journal of Food Technology 14: 361-367.
- Annamma, T.T., and Rao, C.V.N. 1974. Studies on thermal diffusivity and conductivity of fresh and dry fish. Fishery Technology 11(1): 28-33.
- Bahge - Khandan, M.S., Choi, Y., and Okos, M.R. 1981. Improved line heat source thermal conductivity probe. Journal of Food Science 46(6): 1430-1432.
- Bennette, C.O., and Myers, J.E. 1983. Momentum, heat and mass transfer. 3rd edition. Japan: McGraw Hill International Book Company.
- Chang, S.Y., and Toledo, R.T. 1990. Simultaneous determination of thermal diffusivity and heat transfer coefficient during sterilization of carrot disc in packed bed. Journal of Food Science 55: 199-205.
- Chen, C.S. 1985. Thermodynamic analysis of the freezing and thawing of foods: enthalpy and apparent specific heat. Journal of Food Science 50: 1158-1166.
- Cleland, A.C. 1980. Unsteady state heat transfer. United State of America. (Unpublished Manuscript)
- Conditioning Engineers. 1985. American Society of heating, refrigerating and air - conditioning engineers handbook. Fundamental SI edition. California: The American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers, Inc.
- El - Sahrigi, A.E., Hassan, Y.M., Soliman, S.A., and Ec - Mansy, H.A. 1981. Physico - thermal properties of some varieties of fish and

- meat. Proceeding of European Meeting of Meat Research Workers 1(27)
: 339-342.
- Fellow , P.J. 1990, Food processing technology: Principle and practice.
England : Ellis Horwood Ltd. pp. 381-392
- Fennema, O.R., Powrie, W.D., and Marth, E.H. 1973. Low temperature
preservation of foods and living matter. New York: Marcel Dekker, Inc.
pp 87-96.
- Fleming ,A.K. 1969. Calorimeter properties of lamb and other meats. Journal
of Food Science 44: 435-438,448.
- Hayakawa, K. 1973. New computational procedure for determining the apparent
thermal diffusivity of a solid body approximated with an infinite
slab. Journal of Food Science 38: 623-629.
- Heldman ,D.F.1979. Food process engineering . Westport,Connecticut:
The AVI Publishing:pp.121
- Hill, J.E., Leitman, J.D. and Sunderland, J.E. 1967. Thermal conductivity of
various meat. Food Technology 21: 1143-1148.
- Holland, L.D.,and Liapis, A.I. 1983. Computer method for solving dynamic
separation problems. London: McGraw Hill Book Company.
- Hwang, M.P., and Hayakawa, K. 1979. A specific heat calorimeter for foods.
Journal of Food Science 44: 435-438,448.
- Kent, M., Christiansen, K., Van-Haneghem, I.A., Holtz, E., Morley, M.J.,
Nesvadba, P., and Poulsen, K.P. 1984. Cost 90 collaborative
measurements of thermal properties of food. Journal of Food
Engineering 3: 117-150.
- Kleinbaum, D.G., and Kupper, L.L. 1978. Applied regression analysis and
other multivariable method. Massachusetts: Duxbury Press, a
Division of Wadsworth Publishing Company Inc. pp 2, 99, 106,



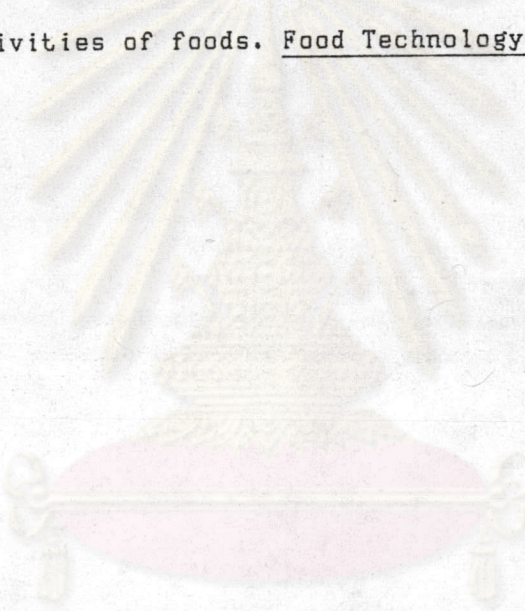
188-208.

- Kubota, K., Takase, Y., Suzuki, K., and Esaka, M. 1983. A study on the thermal diffusivity of potato slabs in various conditions. Journal of the Faculty of Applied Biological Science : Hiroshima University 22: 141-152.
- Kumbhar, B.K., Agarwal, R.S., and Das, K. 1981. Thermal properties of fresh and frozen fish. International Journal of Refrigeration 4(3) : 143-146.
- Kustermann, M., Scherrer, R., and Kutzbach, H.D. 1981. Thermal conductivity and diffusivity of shelled corn and grain. Journal of Food Process Engineering 4(3): 137-153.
- Lamb, J. 1976. Influence of water on thermal properties of food. Chemistry and industry 24: 1046-1048.
- Lawrie, E. 1981. Developments in meat science 2. England : Applied Science Publishers Ltd. pp.128-154.
- Lentz, C.P. 1961. Thermal conductivity of meats, fats, gelatin gels and ice. Food Technology 15(5): 243-247.
- Levy, F.L. 1979. Enthalpy and specific heat of meat and fish in the freezing range. Journal of Food Technology 14: 549-560.
- Long, R.A.K. 1955. Some thermodynamic properties of fish and their effect on the rate of freezing. Journal of Science Food and Agricultural 6(10): 621-633.
- Love, R.M. 1962. Effect of freezing rate on the location of ice crystal in post rigor cod muscle. Journal of science Food and Agriculture 13: 269-280.
- Matuszek, T., Niesteruk, R., and Ojahuga, A.G. 1983. Temperature conductivity of krill, shrimp and squid over the temperature

- range 240 - 330 K. Proceeding of the 6th International Congress of Food Science and Technology 1: 221-222.
- Miller, H.C., and Sunderland, I.E. 1963. Thermal conductivity of beef. Food technology : 490-492.
- Morley, M.J., and Fursey, G.A.J. 1988. The apparent specific heat and enthalpy of fatty tissue during cooling. International Journal of Food Science and Technology 23: 467-477.
- Moline, S.W., Sawdye, J.A., Short, A.J., and Rinfret, A.P. 1961. Thermal properties of food at low temperature. Food Technology 15: 228-231.
- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal properties of food and agricultural materials. New York: Gordon and Breach Science Publisher. pp 12,34-142.
- Nesvadba, P., and Eunson, C. 1984. Moisture and temperature dependence of thermal diffusivity of cod minces. Journal of Food Technology 19: 585-592.
- Nix, G.H., Vachon, R.I., Lowery, G.W., and McCurry, T.A. 1968. The line source method : procedure and iteration scheme for combined determination of conductivity and diffusivity. Proceeding of the eight International Conference on thermal Conductivity: 999-1008.
- Pham, Q.T., and Willix, J. 1989. Thermal conductivity of fresh lamb meat, offals and fat in the range -40 to +30°C: measurements and correlations. Journal of Food Science 54(3): 508-515.
- Polley, G.L., Synder, O.P., and Kotnoor, P. 1980. A compilation of thermal properties of foods. Food technology 34(11): 76-94.
- Qashou, M., Nix, G.H., Vachon, R.I., and Lowery, G.W. 1970. Thermal conductivity values for ground beef and chuck. Food Technology 24(4) : 189-192.
- Rahman, M.S., and Driscoll, R.H. 1991. Thermal conductivity of seafoods

- :Calamari, octopus and king prawn. Food Australia 43(8):356-360.
- Rahman, M.S., and Potluri, P.L. 1991. Thermal conductivity of fresh and dried squid meat by line source thermal conductivity probe. Journal of Food Science 56(2): 582-583.
- Rao, M.A., and Rizvi, S.S.H. 1986. Engineering properties of Food. New York: Mercel Dekker, Inc. pp 49-88.
- Reidy, G.A. and Rippen, A.C. 1971. Method for determining thermal conductivity in food. Transactions of the American Society of Agricultural Engineer 14: 248-254.
- Reverzev, V.V., and Khakulin, D.V. 1987. Thermophysical properties of Bartram's squid at low temperatures. Rybnoe Khozyaistvo 9: 66-67.
- Sanz, P.D., Alonso, M.D., and Mascheroni, R.H. 1987. Thermophysical properties of meat product: general bibliography and experimental values. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 30(1): 283-289,296.
- Singh, R.P. 1982. Thermal diffusivity in food processing. Food Technology 36(2): 87-91.
- Succar, J., and Hayakawa, K.I. 1983. Empirical for predicting thermal physical properties of food at freezing or defrosting temperature. Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie 16(6): 326-331.
- Suzuki, M., Kobayashi, T., and Yanagimoto, M. 1979. Thermal characteristing of Antarctic krill, *Euphausia Supeiba*. Bulletin of the Japanese Society of of Scientific Fisheries 45(6): 754-751.
- Sweat, V.E. 1974. Experimental values of thermal conductivity of selected fruits and vegetables. Journal of Food Science 39(3): 1080-1083.
- Toledo, R.T. 1991. Fundamentals of food process engineering. 2nd edition. New York: Van Nostrand Reinhold. pp.134-139,233-235.

- Tressler, D.K., Arsdel, W.B.V., and Copley, M.J. 1968. The Freezing preservation of foods. Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc.
- Tulshian, N., and Wheaton, F. 1986. Oyster (*Crasstrea Virginica*) shell thermal conductivity : technique and determination. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers 29: 626-632.
- Wang, D.Q., and Kolbe, E. 1991. Thermal properties of surimi analysed using DSC. Journal of Food Science 56(2): 302-308.
- Woodams, E.E., and Nowvey, J.E. 1968. Literature value of thermal conductivities of foods. Food Technology 22(4) : 150-158.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

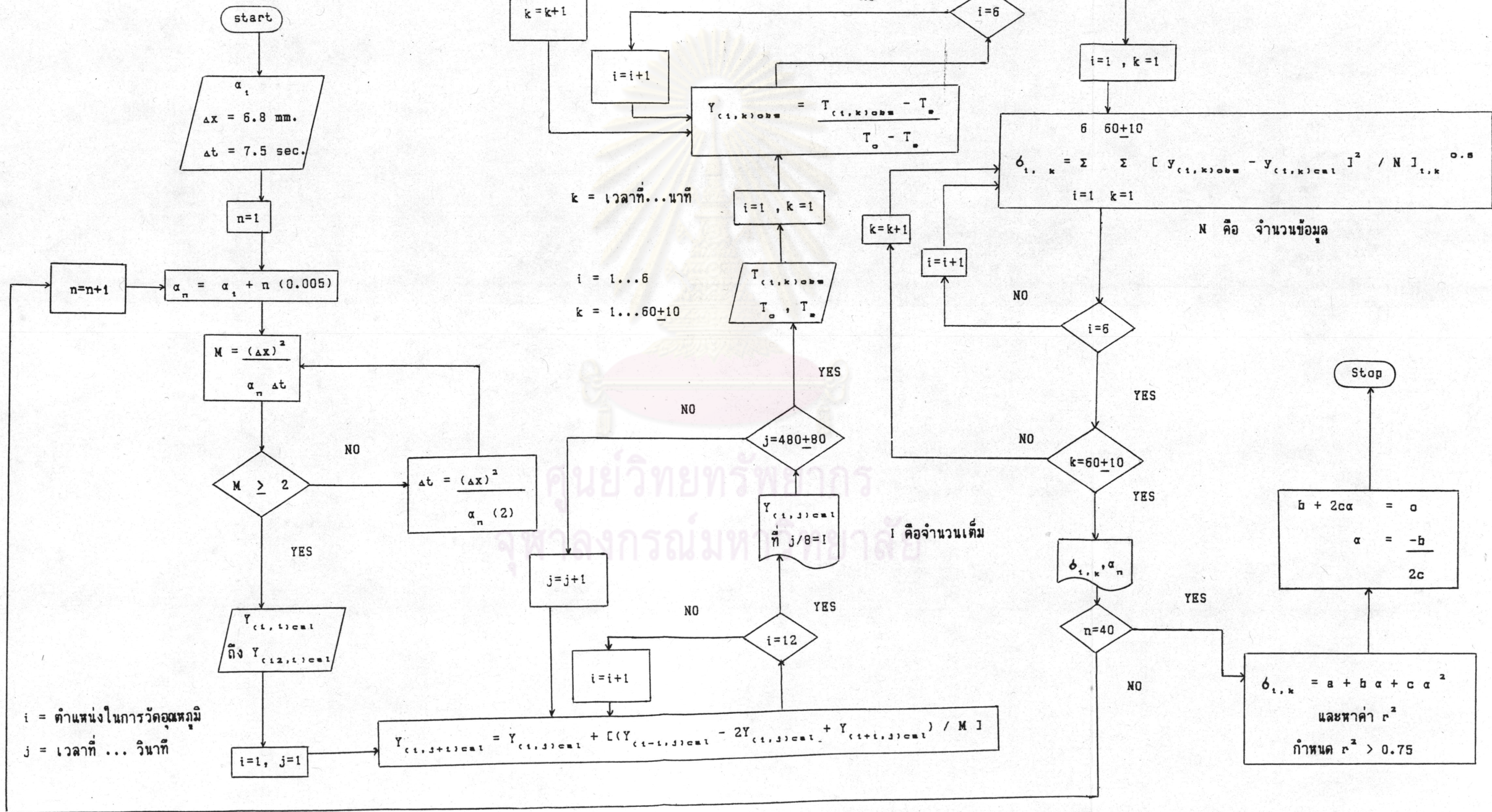


ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

Flow chart สำหรับโปรแกรมการคำนวณค่าสภาพแพร่ความร้อน



ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 14.004

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE BINDER รุ่น E-53

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมซึ่งแห้งสนิท
2. นำตัวอย่างเข้าอบหาความชื้นในอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
3. อบตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง(๘)} - \text{น้ำหนักที่คงที่ของตัวอย่างหลังการอบ(๘)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(๘)}} \right] \times 100$$

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 2.057

อุปกรณ์

Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit และ Gerhardt Vapodest I

สารเคมี

- 1 สารละลายกรด sulphuric เข้มข้น
- 2 สารละลายกรด sulphuric เข้มข้น 0.1 %
- 3 สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 50%
- 4 สารละลายกรด boric เข้มข้น 4%
- 5 Catalyst (ส่วนผสมของ K_2SO_4 และ Se ในอัตราส่วน 100:1)
- 6 Indicator ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Methyl Red และ Methylene Blue

วิธีทดลอง

- 1 ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัมใส่ลงในขวดช้อย
- 2 เติม Catalyst 10 กรัม
- 3 เติมสารละลายกรด sulphuric เข้มข้น 30 มิลลิลิตร
- 4 ช้อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการช้อยเป็น 3 ช่วงคือ
 - ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250 °c เป็นเวลา 15-20 นาที
 - ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 380 °c เป็นเวลา 30-45 นาที
 - ช่วงที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 380 °c เป็นเวลา 20-30 นาที เพิ่มจากช่วงที่ 2
 ช้อยตัวอย่างจนได้สารละลายใสสีเหลืองอ่อน
- 5 กลั่นตัวอย่างที่ช้อยแล้วด้วยเครื่อง Vapodest I โดยใช้สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 50 % เป็นตัวทำปฏิกิริยาและเก็บสารที่กลั่นได้ในสารละลายกรด บอริกซึ่งเติม Indicator 5-6 หยด
- 6 ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรด sulphuric เข้มข้น 0.1 N

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{A \times B \times 6.25 \times 1.4}{c}$$

A = normality ของกรด sulphuric ที่ใช้ไตเตรท

B = ปริมาตรกรด sulphuric ที่ใช้ไตเตรท

C = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

บ.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตามวิธีของ AOAC 14.0089

อุปกรณ์

Soxtherm Automatic รุ่น S-166

วิธีทดลอง

- 1 ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัมแล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman NO. 1 โดยห่อ 2 ชั้น
- 2 ใส่ห่อตัวอย่างใน thimble ซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
- 3 เติม petroleum ether ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 100 มิลลิลิตรลงในขวดสกัด
- 4 สกัดไขมันเป็นเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมงโดยควบคุมอุณหภูมิของ silicone oil ซึ่งเป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัดที่ 150 °c
- 5 ระเหย petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่ 100 °c เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
- 6 ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

บ.4 ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ AOAC 7.009

วิธีทดลอง

- 1 ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัม ใส่ใน crucible ที่แห้งสนิทและรู้น้ำหนักที่แน่นอน
- 2 นำตัวอย่างเข้าเผาใน furnace muffle ที่ 600 °c เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 3 ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{ปริมาณเถ้า(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}}$$

ข.5 ปริมาณเส้นใย

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 7.006

อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์เส้นใยของ Gerhardt รุ่น RF-16/6 ซึ่งประกอบด้วย hot plate, beaker 600 cc., round condenser

สารเคมี

- 1 สารละลายกรด sulphuric เข้มข้น 0.255 N
- 2 สารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 0.31 N
- 3 95% ethyl alcohol

วิธีทดลอง

- 1 ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดที่กำลังเดือด 200 มิลลิลิตร จากนั้นต่อ round condenser เข้ากับบีกเกอร์เพื่อรักษาระดับของกรดให้คงที่ขณะย่อยซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที
- 2 กรองส่วนผสมผ่านกระดาษกรองชนิดที่ไม่มีเถ้าซึ่งรูน้ำหนักรุ่นแน่นอน ล้างส่วนที่ติดบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดความเป็นกรด
- 3 ล้างส่วนที่ติดบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ด้วยสารละลาย sodium hydroxide 200 มิลลิลิตร จากนั้นย่อยต่อไปอีก 30 นาที
- 4 กรองส่วนผสมด้วยกระดาษกรองแผ่นเดิมแล้วล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดความเป็นด่าง จากนั้นล้างด้วย แอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร
- 5 นำส่วนที่ติดบนกระดาษกรองไปอบให้แห้ง แล้วใส่ใน crucible เพื่อหาปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่

6 ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก crucible

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไประหว่างเผาเต้า(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}}$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ



ค.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

1. จัดอันดับค่าเฉลี่ยจากค่าต่ำสุดไปหาสูงสุด หรือค่าสูงสุดไปค่าต่ำสุด
2. คำนวณค่า LSD จากสูตร

$$LSD = t_{\alpha/2}(r, k) \sqrt{\frac{2MS_E}{r}}$$

เมื่อ $t_{\alpha/2}(r, k)$ คือ ค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงที่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญ $\alpha/2$ ชั้น
ความเป็นอิสระ r ที่ระดับกลุ่มทดลองต่างกัน

MS_E คือ ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนภายในกลุ่มซึ่งได้จากการวิเคราะห์
ความแปรปรวน

r คือ ชั้นความเป็นอิสระของความแปรปรวนภายในประชากร
โดย $r = N - k$

N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

k คือ จำนวนกลุ่มทดลอง

r คือ ขนาดของตัวอย่างในกลุ่มทดลอง

3. หาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคู่

4. เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละคู่กับค่า LSD ที่คำนวณ
ได้ที่แต่ละระดับกลุ่มทดลองต่างกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัว
อย่างจากประชากรคู่ใดมีค่ามากกว่าค่า LSD ที่คำนวณได้ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่นั้นแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค.2 ตัวอย่างการคำนวณค่า mean square error

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ one-way ANOVA ของค่าปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลาย โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังนี้

ปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลาย	% mc = 81.67 , 81.81 , 81.52
ปลาหมึกกล้วยที่ผ่านการละลาย	% mc = 78.26 , 78.37 , 78.18
ปลาหมึกกระดองที่ไม่ผ่านการละลาย	% mc = 80.45 , 80.34 , 80.23
ปลาหมึกกระดองที่ผ่านการละลาย	% mc = 79.16 , 78.92 , 79.05

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	1	17.237	17.237	1053.811
Error	4	6.543×10^{-2}	1.636×10^{-2}	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและที่ผ่านการละลายดังนี้

ปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลาย % mc (1) = 81.66

ปลาหมึกกล้วยที่ผ่านการละลาย % mc (2) = 78.27

ปลาหมึกกระดองที่ไม่ผ่านการละลาย % mc (3) = 80.34

ปลาหมึกกระดองที่ผ่านการละลาย % mc (4) = 79.04

Degree of freedom = 8

จาก one-way ANOVA $MS_E = 1.636 \times 10^{-2}$

$$(2 \times MS_E / r)^{0.5} = (2 \times 1.636 \times 10^{-2} / 3)^{0.5}$$

$$= 1.044 \times 10^{-1}$$

$$LSD = t_{\alpha/2(r, k)} \sqrt{\frac{2MS_E}{r}}$$

จากตาราง

	p = 2	p = 3	p = 4
ตั้งนั้น $t_{0.05}$	3.26	4.04	4.53
$LSD_{0.05}$	0.340	0.422	0.473
%mc(1) - %mc(2)	= 81.66 - 78.27 = 3.39	> 0.473	
%mc(1) - %mc(4)	= 81.66 - 79.04 = 2.62	> 0.422	
%mc(1) - %mc(3)	= 81.66 - 80.34 = 1.32	> 0.340	
%mc(3) - %mc(2)	= 80.34 - 78.27 = 2.07	> 0.422	
%mc(3) - %mc(4)	= 80.34 - 79.04 = 1.30	> 0.340	
%mc(4) - %mc(2)	= 79.04 - 78.27 = 0.77	> 0.340	

แสดงว่า %mc(4) และ %mc(1) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

%mc(4) และ %mc(2) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

%mc(4) และ %mc(3) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

%mc(3) และ %mc(2) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

%mc(3) และ %mc(1) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

%mc(2) และ %mc(1) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณ

ง.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าความร้อนจำเพาะ

-ปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลายที่อุณหภูมิ -10.0 องศาเซลเซียส

น้ำหนักของปลาหมึกกล้วย (W_u)	=	152.65	กรัม
น้ำหนักของน้ำ (W_w)	=	400.00	กรัม
อุณหภูมิเริ่มต้นของปลาหมึกกล้วย (T_u)	=	-10.00	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (T_w)	=	66.20	องศาเซลเซียส
ความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_{pw})	=	0.999	แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส

ความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ (H_c) = 61.289 แคลอรี/องศาเซลเซียส

จากกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของน้ำในแคลอรีมิเตอร์ (รูปที่ 1) พบว่า

อุณหภูมิที่จุดสมดุล (T_f) = 33.20 องศาเซลเซียส

เวลาที่จุดสมดุล (t_f) = 61 นาที

ความชันของกราฟเส้นตรง (รูปที่ ง.1) ภายหลังภาวะสมดุล (dT/dt) = -0.00779 องศาเซลเซียส/นาที

คำนวณค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วย (C_{pu}) โดยแทนค่าต่างๆในสมการ (31) คือ

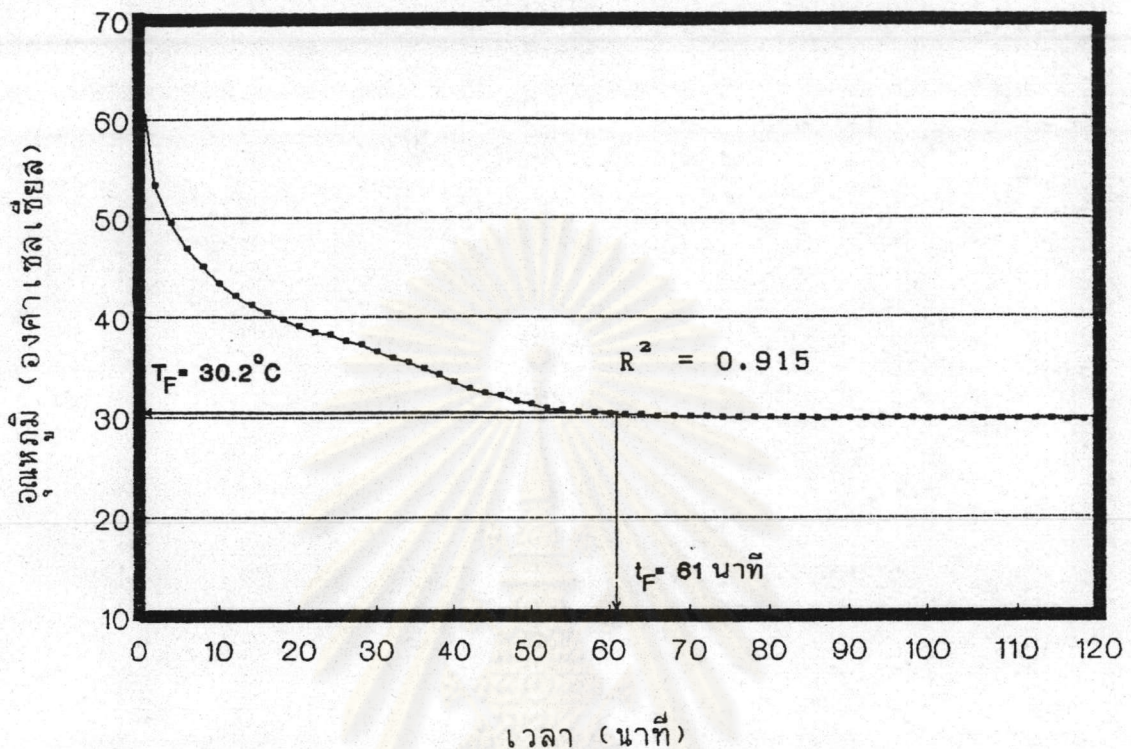
$$(C_{pw}W_w + H_c)T_c + C_{ps}W_sT_s + LH = C_{ps}W_sT_f + C_{pw}W_wT_f + H_cT_c - E \quad \dots (31)$$

$$\text{เมื่อ } E = (C_{pw}W_w + H_c + C_{ps}W_s)(dT/dt)t_f$$

$$LH = 80 \times \text{ความชื้นของปลาหมึก} \times W_u$$

ได้ค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วย = 1.127 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



* อุณหภูมิและเวลาสมมูลเป็นค่าที่ให้ค่า R^2 (coefficient of determination) สูงสุด ซึ่งหาจากการลุ่มอุณหภูมิและเวลาในช่วงที่เริ่มเป็นเส้นตรงตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 50 นาทีถึงตำแหน่งสุดท้าย จนถึงช่วงเวลา 80 นาทีถึงตำแหน่งสุดท้าย แล้วเลือกค่าอุณหภูมิและเวลาที่ให้ค่า R^2 สูงสุดเป็น ตำแหน่งสมมูล ซึ่งหลักการลุ่มนั้นจะทำการเริ่มลุ่มตั้งแต่อุณหภูมิที่เริ่มคงที่จนได้ค่า R^2 สูงสุด หลังจาก ตำแหน่งนี้แล้วจะมีค่า R^2 ต่ำลง ดังนั้นค่า R^2 มีลักษณะเป็นพาราโบลาโดยมีอุณหภูมิและเวลาสมมูล ค่าเดียวที่ให้ค่า R^2 สูงสุด

รูปที่ ง.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของน้ำในแคลอริมิเตอร์ของปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลาย ที่อุณหภูมิ -10.0 องศาเซลเซียส

ง.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าสภาพนำความร้อน

- ปลายหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลาย ที่อุณหภูมิ -39.8 องศาเซลเซียส

คำนวณค่าสภาพนำความร้อน (k) จากกราฟระหว่างอุณหภูมิกับ $\ln(t)$ ของปลายหมึกกล้วย (รูปที่ ง. 2) โดยใช้ thermal conductivity probe ที่มี $q = 2.132$ วัตต์/เมตร และแทนค่าต่างๆ ในสมการคือ

$$q = 4rSk \quad \dots (29)$$

หรือ

$$k = q/4rS$$

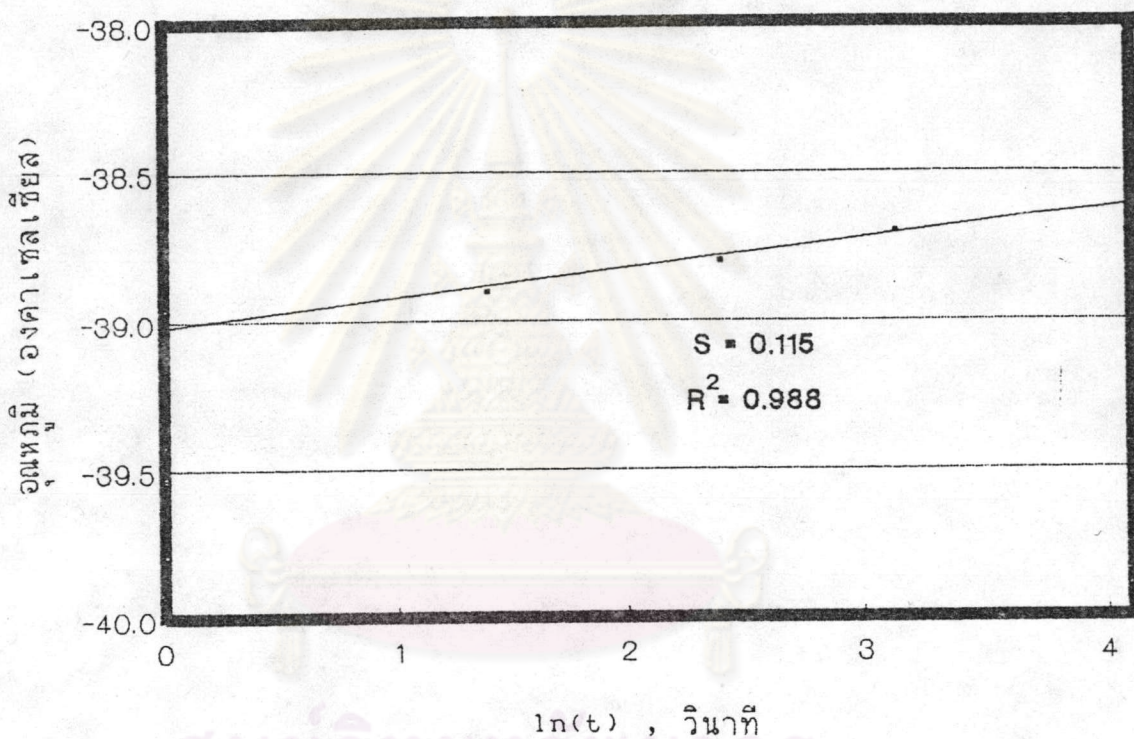
ได้ผลดังนี้

ครั้งที่	R^2	ความชัน(S)	k (วัตต์/เมตร องศาเซลวิน)
1	0.988	0.115	1.469
2	0.987	0.106	1.593
3	0.989	0.114	1.475
4	0.986	0.115	1.468
5	0.989	0.108	1.559
6	0.990	0.108	1.569

เฉลี่ย $k = 1.521 \pm 0.051$

ได้ค่าสภาพนำความร้อนของปลายหมึกกล้วยเท่ากับ $= 1.521$ วัตต์/เมตร องศาเซลวิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ $\ln(t)$ ของปลาหมึกกล้วยที่ไม่ผ่านการละลายที่อุณหภูมิ
-39.8 องศาเซลเซียส

ง.3. ตัวอย่างการคำนวณค่าสภาพแพร่ความร้อน

-ปลาหมึกกล้วยที่ผ่านการละลาย ที่อุณหภูมิ -34 ถึง -46 องศาเซลเซียส

จากการคำนวณค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยการประมาณค่าสภาพแพร่ความร้อนเริ่มต้นเป็น 0.5050 มิลลิเมตร²/วินาที และนำมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาซี พบว่าค่าสภาพแพร่ความร้อนและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่าง dimensionless temperature ratio จากการคำนวณและการทดลองที่ n ต่างๆเป็นดังนี้

n	α_n (มิลลิเมตร ² /วินาที)	$\delta_{t,k}$
1	0.5050	0.1314
2	0.5100	0.1290
3	0.5150	0.1266
4	0.5200	0.1244
5	0.5250	0.1221
6	0.5300	0.1200
7	0.5350	0.1178
8	0.5400	0.1157
9	0.5450	0.1137
10	0.5500	0.1117
11	0.5550	0.1098
12	0.5600	0.1079
13	0.5650	0.1061
14	0.5700	0.1043
15	0.5750	0.1026
16	0.5800	0.1010
17	0.5850	0.0993
18	0.5900	0.0978
19	0.5950	0.0963

20	0.6000	0.0948
21	0.6050	0.0934
22	0.6100	0.0920
23	0.6150	0.0907
24	0.6200	0.0895
25	0.6250	0.0883
26	0.6300	0.0871
27	0.6350	0.0860
28	0.6400	0.0850
29	0.6450	0.0840
30	0.6500	0.0831
31	0.6550	0.0822
32	0.6600	0.0814
33	0.6650	0.0806
34	0.6700	0.0799
35	0.6750	0.0792
36	0.6800	0.0786
37	0.6850	0.0780
38	0.6900	0.0775
39	0.6950	0.0770
40	0.7000	0.0766

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง α_n กับ $\phi_{1,k}$ พบว่า α_n มีความสัมพันธ์กับ $\phi_{1,k}$ แบบพาราโบลา โดยมี ($R^2 = 1.000$) สมการเป็น

$$\phi_{1,k} = 0.6327 - 1.4855\alpha + 0.9922\alpha^2$$

ดังนั้นค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยที่ผ่านการละลายที่อุณหภูมิ -34 ถึง -46 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ $7.456 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 ค่าความร้อนจำเพาะของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและผ่านการละลายในช่วงแช่แข็ง

พันธุ์ปลาหมึก	การละลาย	อุณหภูมิ (°C)			ค่าความร้อนจำเพาะ (Cal/°C)		
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
กล้วย	ไม่ผ่านการละลาย	-40.5	-40.2	-40.1	0.479	0.482	0.483
		-30.4	-30.2	-30.1	0.493	0.506	0.510
		-18.0	-17.7	-17.3	0.628	0.648	0.665
		-10.0	-9.5	-9.4	1.127	1.160	1.152
	ผ่านการละลาย	-40.9	-40.7	-40.2	0.378	0.374	0.372
		-30.5	-30.0	-29.9	0.390	0.397	0.403
		-18.0	-17.2	-17.1	0.477	0.478	0.481
		-10.0	-9.9	-9.4	1.009	1.016	1.025
กระดอง	ไม่ผ่านการละลาย	-40.9	-39.9	-40.2	0.377	0.482	0.445
		-30.9	-30.0	-30.2	0.423	0.498	0.435
		-18.9	-18.1	-18.3	0.511	0.619	0.595
		-10.9	-10.4	-10.1	1.015	1.113	1.204
	ผ่านการละลาย	-40.9	-40.5	-40.5	0.425	0.426	0.427
		-30.5	-30.1	-29.9	0.447	0.443	0.441
		-18.8	-18.6	-18.4	0.524	0.526	0.530
		-10.9	-10.4	-10.0	1.032	1.066	1.100

ตารางที่ จ.2 ค่าสภาพนำความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและผ่านการละลายในช่วงแช่แข็ง

พันธุ์ปลาหมึก	การละลาย	อุณหภูมิ (°C)			ค่าสภาพนำความร้อน (W/m K)		
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
กล้วย	ไม่ผ่านการละลาย	-39.8	-39.9	-40.1	1.521	1.524	1.524
		-30.0	-30.0	-30.0	1.479	1.456	1.435
		-18.0	-18.1	-18.0	1.391	1.357	1.388
		-10.1	-10.1	-10.0	1.281	1.271	1.286
	ผ่านการละลาย	-39.6	-39.9	-40.0	1.396	1.397	1.392
		-30.8	-30.6	-30.5	1.306	1.314	1.325
		-18.1	-18.1	-18.0	1.254	1.244	1.229
		-10.3	-10.1	-10.1	1.161	1.155	1.152
กระดอง	ไม่ผ่านการละลาย	-40.1	-40.0	-40.0	1.582	1.576	1.544
		-30.0	-29.9	-29.9	1.456	1.446	1.479
		-18.0	-18.0	-18.0	1.406	1.403	1.407
		-10.0	-10.0	-10.0	1.303	1.314	1.315
	ผ่านการละลาย	-39.9	-40.0	-39.9	1.499	1.492	1.488
		-30.6	-30.3	-30.3	1.388	1.391	1.397
		-18.1	-18.2	-18.0	1.315	1.333	1.325
		-10.1	-10.0	-10.1	1.244	1.240	1.248

ตารางที่ จ.๓ ค่าสภาพแพร่ความร้อนของปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกกระดองทั้งที่ไม่ผ่านการละลายและผ่านการละลายในช่วงแช่แข็ง

พันธุ์ปลาหมึก	การละลาย	อุณหภูมิ (°C)			ค่าสภาพแพร่ความร้อน (mm ² /s) x 10 ⁻¹		
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
กล้วย	ไม่ผ่านการละลาย	-40.0	-40.0	-40.0	7.461	7.425	7.456
		-30.0	-30.0	-30.0	6.207	6.234	6.219
		-17.5	-17.5	-17.5	5.272	5.245	5.287
		-10.5	-10.5	-10.5	2.761	2.761	2.761
	ผ่านการละลาย	-40.1	-40.1	-40.1	8.818	8.810	8.814
		-30.5	-30.5	-30.5	7.866	7.862	7.861
		-17.5	-17.5	-17.5	6.213	6.234	6.225
		-10.5	-10.5	-10.5	2.838	2.833	2.828
กระดอง	ไม่ผ่านการละลาย	-40.0	-40.0	-40.0	8.494	8.493	8.490
		-30.0	-30.0	-30.0	7.726	7.730	7.719
		-19.0	-19.0	-19.0	5.828	5.795	5.771
		-10.0	-10.0	-10.0	2.884	2.891	2.898
	ผ่านการละลาย	-40.0	-40.0	-40.0	8.550	8.558	8.554
		-30.0	-30.0	-30.0	7.736	7.729	7.722
		-18.5	-18.5	-18.5	6.104	6.101	6.107
		-9.5	-9.5	-9.5	2.891	2.910	2.902

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนิษฐ์อร วนาอินทรายุธ เกิดวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2510 ที่จังหวัด
กรุงเทพ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
เทคโนโลยีการอาหารที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2533



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย