หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Sweat, V.E., C.G. Haugh, and W.J. Stadelman,"Thermal Conductivity of Chicken Meat at Temperature between -75 and 20 °C," J. Food Sci., 38 (1), 158-160, 1973.

2. Baghe - Khandan, M.S., M.R. Okos, and V.E. Sweat, "The Thermal Conductivity of Beef as Affected by Temperature and Composition," Trans.ASAE, 25 (4), 1118-1122, 1982.

3. Rizvi, S.S.H., J.L. Blaisdell, and W.J. Harper, "Thermal Diffusivity of Model Meat Analog Systems," J. Food Sci., 45 (6), 1727-1731, 1980.

4. Chakrabarti, S.M. and W.H. Johnson, "Specific Heat of Flue Cured Tobacco by Differential Scanning Calorimetry," Trans. ASAE, 15 (5), 928-931, 1972.

5. Sweat, V.E., "Experimental Values of Thermal Conductivity of Selected Fruits and Vegetables," J. Food Sci., 39 (6), 1080-1083, 1974.

6. Lazano, J.E., M.J. Urbician, and E. Rotstein, "Thermal Conductivity of Apples as a Function of Moisture Content," J. Food Sci., 44 (1), 198-199, 1979.

7. Mohsenin, N.N., Thermal Properties of Food and Agricultural Material, pp. 83-111, 143-164, Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1980.

8. Hwang, M.P. and K. Hayakawa, "A Specific Heat Calorimeter for Foods," J. Food Sci., 44 (2), 435-438, 448, 1979.

9. Marakami, E.G., "Thermal Properties of Shredded Coconut," Unpublished M. Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1980.

10. Haswell, G.A., "A Note on the Specific Heat of Rice, Oats, and Their Products," Cereal Chemistry, 31 (4), 341-342, 1954.

11. Kazarian, E.A. and C.W. Hall, "Thermal Properties of Grain," Trans. ASAE, 8 (1), 33-37, 1965.

12. Alam, A., and G.C. Shove, "Hygroscopicity and Thermal Properties of Soybeans," Trans. ASAE, 15 (2), 320-325, 1972.

13. Kulacki, F.A. and S.C. Kennedy, "Measurement of the Thermo - Physical Properties of Common Cookie Dough," J. Food Sci., 43 (2), 380-384, 1978.

14. Young, J.H. and T.B. Whitaker, "Specific Heat of Peanuts by Differential Scanning Calorimetry," Trans. ASAE, 16 (3), 522-524, 1973.

15. Wallapapan, K., V.E. Sweat, and J.A. Arce, "Thermal Diffusivity and Conductivity of Defatted Soy Flour," Trans. ASAE, 27 (6), 1610-1613, 1984.

16. Reidy, G.A. and A.L. Rippen, "Methods for Determining Thermal Conductivity in Foods," Trans. ASAE, 14 (2), 248-254, 1971.

17. Lentz, C.P., "Thermal Conductivity of Meats, Fats, Gelatin Gels, and Ice," Food Technol., 15 (5), 243-247, 1961.

18. Saravacos, G.D. and M.N. Pilsworth, "Thermal Conductivity of Freeze - Dried Model Food Gels," J.Food Sci., 30 (7), 773-775, 1965.

19. Drusas, A.E. and G.D. Saravacos, "Thermal Conductivity of Tomato Paste," J. Food Eng., 4 (2), 157-168, 1985.

20. Ojha, T.P., A.W. Farrall, A.M., Dhamak, and C.M. Stine, "Determination of Heat Transfer through Powdered Food Products," Trans. ASAE, 101(4), 543-545, 1967.

21. Walters, R.E., and K.N. May, "Thermal Conductivity and Density of Chicken Breast, Muscle and Skin," Food Technol., 17, 808-811, 1963.

22. Sweat, V.E., "Measurement of Thermal Conductivity of Dairy Products and Margarines," J. Food Process Eng., 2, 187-197, 1978.

23. Saif, H., "Thermal Properties of Cassava Roots and Chips," Unpublished M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1978.

24. Dickerson, R.W., Jr., "An Apparatus for the Measurement of Thermal Diffusivity of Foods," Food Technol., 19, 880-886, 1965.

25. Bhowmik, S.R. and K. Hayakawa, "A New Method for Determining the Apparent Thermal Diffusivity of Thermally Conductive Food," J. Food Sci., 44 (2), 469-474, 1979.

26. Hori, T., "Effect of Rennet Treatment and Water Content on Thermal Conductivity of Skim Milk," J. Food Sci., 48 (5), 1492-1496, 1983.

27. Siebel, E., "Specific Heats of Various Products", Ice and Refrigeration", 2 (4), 256-257, 1982.

28. Sweat, V.E., "Modeling the Thermal Conductivity of Meats," Trans. ASAE., 18 (3), 564-567, 1975.

29. Wratten, F.T., W.D. Poole, J.L. Chesness, S. Bal, and V. Ramarao, "Physical and Thermal Properties of Rough Rice," Trans. ASAE, 12 (6), 801-803, 1969.

30. Polley, S.L., O.P. Snyder, and P. Kotnour, "A Compilation of Thermal Properties of Foods," Food Technol., 34 (11), 76-94, 1980.

31. Suter, D.A., K.K. Agrawal, and B.L. Clary, "Thermal Properties of Peanut Pods, Hulls, and Kernels," Trans. ASAE, 18 (2), 370-375, 1975.

32. Lamberge, I. and B. Hallstrom, "Thermal Properties of Potatoes and a Computer Simulation Model of a Blanching Process," J. Food Technol., 21, 577-585, 1986.

33. Heldman, D.R., Food Process Engineering, pp. 96-98, the AVI publishing Co., Inc., Westport, Conn., 1975.

34. ธงชัย เนมขุนทด, การปลูกสับปะรด, โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, หน้า 5-13, สำนักพิมพ์เรืองแสง, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2530.

35. Tressler, D.K., M.A. Joslyn, and G.L. Marsh, Fruit and Vegetable Juices, pp.161, the AVI Publishing Co., Inc., New York, 1969.

36. A.O.A.C., Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 13th ed., 1980.

37. Duncan, G.A., J.M. Bunn, and W.H. Henson, Jr., "Specific Heat of Burley Tobacco During the Cure," Trans. ASAE, 11 (4), 480-483, 1968.

38. Keppeler, R.A. and J.R. Arboleda, "The Thermal Properties of Frozen Invert Sugar Solutions," J. Food Process Eng., 5, 89-111, 1982.

39. Kustermann, M., R. Scherer, and H.D. Kutzbach, "Thermal Conductivity and Diffusivity of Shelled Corn and Grain," J. Food Process Eng., 4, 137-153, 1981.

40. Albin, F.V., K. Badarinarayana, S.S. Murthy, and M.V.K. Murthy, "Thermal Diffusivities of Some Unfrozen and Frozen Food Models," J. Food Technol., 14, 361-367, 1979.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณ

ก.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าความร้อนจำเพาะ

- สับปะรดที่ความชื้นร้อยละ 64.11 อุณหภูมิ 63.3 องศาเซลเซียส

น้ำหนักสับปะรด (W_s)	=	160.64	กรัม
น้ำหนักน้ำ (W_w)	=	400.00	กรัม
อุณหภูมิเริ่มต้นของสับปะรด (T_{si})	=	63.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (T_{wi})	=	31.0	องศาเซลเซียส
ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (H_c)	=	45.682	แคลอรี/องศาเซลเซียส
ความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_{pw})	=	1	แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส

จากกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (รูปที่ 1) พบว่า

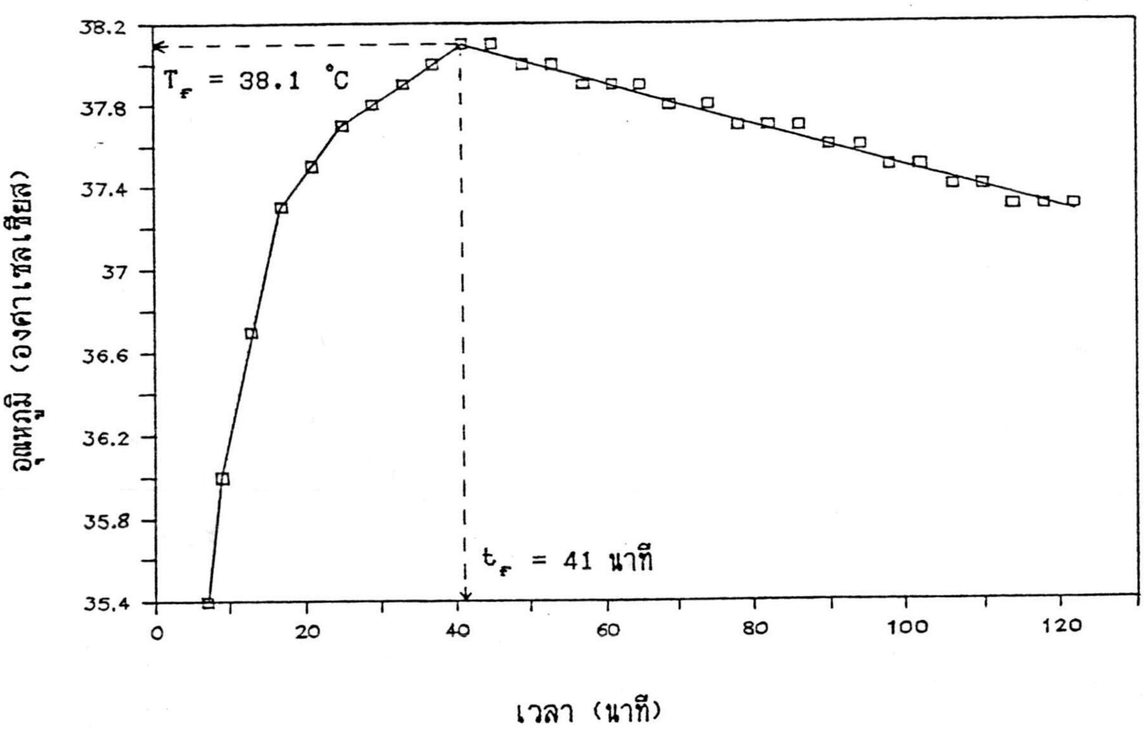
อุณหภูมิที่จุดสมดุล (T_F)	=	38.1	องศาเซลเซียส
เวลาที่จุดสมดุล (t_F)	=	41.0	นาที
ความชันของกราฟเส้นตรงช่วงหลังจากจุดสมดุล	=	-0.010	องศาเซลเซียส/นาที

คำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะของสับปะรด (C_{ps}) โดยแทนค่าต่างๆในสมการที่ 10 คือ

$$C_{ps}.W_s.(\Delta T_s) = C_{pw}.W_w.(\Delta T_w) + H_c.(\Delta T_c) - L \quad ......(10)$$

เมื่อ $L = (C_{pw}.W_w + H_c + C_{ps}.W_s)\ (dT/dt)\ t_F$

จะได้ ความร้อนจำเพาะ = 0.841 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของน้ำในแคลอริมิเตอร์ของสับปะรดที่ความชื้นร้อยละ 64.11 อุณหภูมิ 63.3 องศาเซลเซียส

ก.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าสภาพนำความร้อน

- สับปะรดที่ความชื้นร้อยละ 74.23 อุณหภูมิ 61.7 องศาเซลเซียส

คำนาณหาค่าพลังงานความร้อนที่ให้แก่ probe (q) จากกราฟเส้นตรงระหว่างอุณหภูมิ กับ ln(t) ของกลีเซอรีน (k = 0.285 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน) โดยแทนค่าต่างๆ ในสมการที่ 16 คือ

$$q' = 4\pi Sk \qquad \text{.........(16)}$$

ครั้งที่	r^2	ความชัน (S)	q'(วัตต์/เมตร)
1	0.995	0.560	2.005
2	0.987	0.578	2.070
3	0.991	0.546	1.955
4	0.994	0.603	2.158
5	0.995	0.577	2.065

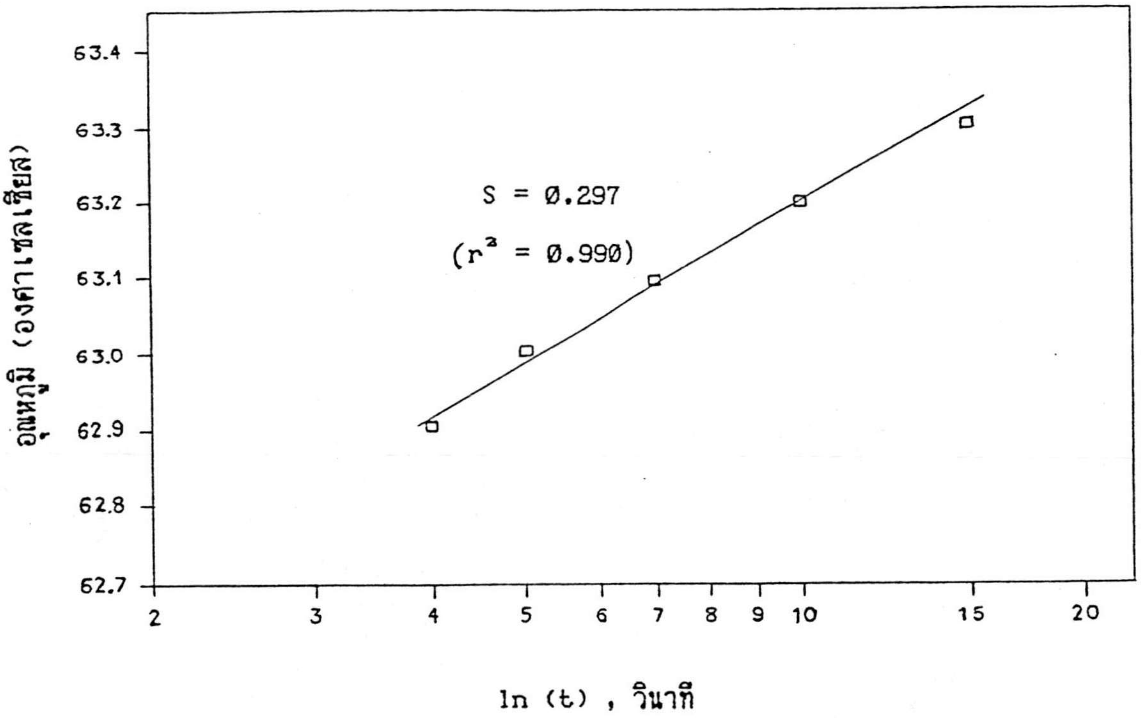
เฉลี่ย q'= 2.051 ± 0.076

คำนวณหาค่าสภาพนำความร้อน (k) จากกราฟเส้นตรงระหว่างอุณหภูมิกับ ln(t) ของสับปะรด (รูปที่ 2)* โดยใช้ q'= 2.051 วัตต์/เมตร แล้วแทนค่าต่างๆ ในสมการ $k = q'/4\pi S$

ครั้งที่	r^2	ความชัน (S)	k (วัตต์/เมตร องศาเคลวิน)
*1	0.990	0.297	0.550
2	0.996	0.278	0.587
3	0.990	0.321	0.509
4	0.995	0.299	0.545
5	0.990	0.321	0.509
6	0.990	0.321	0.509

เฉลี่ย k = 0.535 ± 0.032

จะได้ สภาพนำความร้อน = 0.535 วัตต์/เมตร องศาเคลวิน



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ ln (t) ของสับปะรด ที่ความชื้นร้อยละ 74.23 อุณหภูมิ 61.7 องศาเซลเซียส

ก.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าสภาพแพร่ความร้อน

- สับปะรดที่ความชื้นร้อยละ 84.16 อุณหภูมิ 60.7 องศาเซลเซียส

จากกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการแพร่ความร้อน (รูปที่ 3) พบว่า

อัตราเร็วของการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน (A) = 1.19 องศาเซลเซียส/นาที

= 0.020 องศาเซลเซียส/วินาที

ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันและสับปะรด $(T_R - T_o)$ = 20.5 องศาเซลเซียส

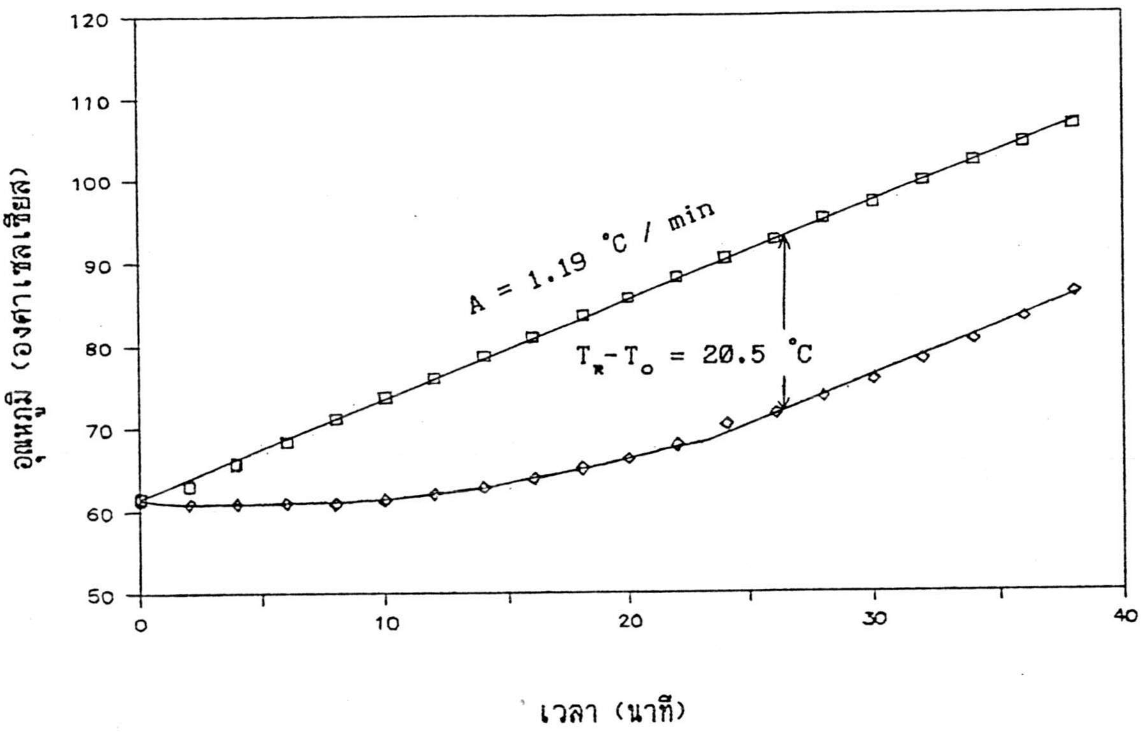
รัศมีภายในของ thermal diffusivity tube (R) = 0.026 เมตร

คำนวณหาค่าสภาพแพร่ความร้อนโดยแทนค่าต่างๆ ในสมการที่ 8 คือ

$$\alpha = AR^2 / 4 (T_R - T_o) \quad \text{.........(8)}$$

$$= [0.020 \times (0.026)^2] / 4 (20.5)$$

จะได้ สภาพแพร่ความร้อน $= 1.636 \times 10^{-7}$ เมตร^2/วินาที



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการแพร่ความร้อนของสับปะรด ที่ความชื้นร้อยละ 84.16 อุณหภูมิ 60.7 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test

1. จัดอันดับค่าเฉลี่ยจากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุด หรือค่าสูงสุดไปค่าต่ำสุด
2. คำนวณค่า standard error (S_x) จาก

   $$S_x = \sqrt{MS_E / r}$$

   เมื่อ MS_E = mean square error จาก one - way ANOVA

   r = จำนวนซ้ำของการทดลอง
3. degree of freedom ที่ใช้ คือ degree of freedom ของ residual error term
4. ใช้ตาราง Significant Studentized Ranges (SSR) หาค่าของ SSR ที่ degree of freedom นั้น ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตั้งแต่ p = 2 ถึงจำนวนค่าเฉลี่ยที่จะเปรียบเทียบ
5. คำนวณค่า Least Significant Ranges (LSR) จาก

   $$LSR = SSR \times S_x$$
6. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ กับค่า LSR ถ้าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมากกว่าค่า LSR แสดงว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข.2 ตัวอย่างการคำนวณค่า mean square error (MS_E)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ one - way ANOVA ของสับปะรดที่อุณหภูมิ 60 - 65 °C ที่ความชื้น 3 ระดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ดังนี้

ความชื้นร้อยละ 60 - 65, C_p = 0.841, 0.850, 0.841 cal/g °c

ความชื้นร้อยละ 70 - 75, C_p = 0.854, 0.865, 0.864 cal/g °c

ความชื้นร้อยละ 80 - 85, C_p = 0.875, 0.879, 0.876 cal/g °c

source of variation (SOV)	degree of freedom (df)	sum of square (SS)	mean square (MS)	F calculation
Treatment	2	1.61×10^{-3}	8.04×10^{-4}	38.34
Error	6	1.26×10^{-4}	2.10×10^{-5}	
Total	8	1.73×10^{-3}		

ข.3 ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan Multiple Range Test

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความร้อนจำเพาะ ที่อุณหภูมิ 60 - 65 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นต่างๆ ดังนี้

ความชื้นร้อยละ 60 - 65, C_p (1) = 0.844 cal/g °c

ความชื้นร้อยละ 70 - 75, C_p (2) = 0.861 cal/g °c

ความชื้นร้อยละ 80 - 85, C_p (3) = 0.877 cal/g °c

degree of freedom = 6

จาก one - way ANOVA $MS_E = 2.10 \times 10^{-5}$

$S_x = \sqrt{MS_E / r} = \sqrt{(2.10 \times 10^{-5}) / 3}$

$= 2.64 \times 10^{-3}$

$LSR = SSR \times S_x$

จากตาราง SSR

	p = 2	p = 3
$SSR_{0.05}$	3.46	3.58
ดังนั้น $LSR_{0.05}$	9.15×10^{-3}	9.47×10^{-3}

$C_p (3) - C_p (2) = 0.877 - 0.861 = 0.016 > 9.47 \times 10^{-3}$

$C_p (3) - C_p (1) = 0.877 - 0.844 = 0.033 > 9.15 \times 10^{-3}$

$C_p (2) - C_p (1) = 0.861 - 0.844 = 0.017 > 9.15 \times 10^{-3}$

แสดงว่า C_p (3) และ C_p (2) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

C_p (3) และ C_p (1) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

C_p (2) และ C_p (1) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนจำเพาะของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิสูง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความร้อนจำเพาะ (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)
64.11	63.3	0.841
64.53	63.5	0.850
63.12	60.8	0.841
63.78	81.1	0.847
64.66	81.2	0.861
63.05	81.3	0.849
63.45	100.1	0.860
64.78	100.6	0.873
63.88	100.1	0.872
72.10	62.7	0.854
73.54	63.1	0.865
73.02	62.7	0.864
74.12	81.5	0.873
73.65	81.3	0.868
72.80	83.5	0.867
74.25	100.3	0.877
74.89	100.3	0.889
74.18	100.6	0.888
84.17	61.6	0.875
84.55	63.0	0.879
83.05	62.1	0.876
83.54	84.9	0.883
84.77	81.9	0.892
83.90	81.4	0.886
84.56	100.4	0.913
84.87	100.2	0.913
83.79	100.1	0.903

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนจำเพาะของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความร้อนจำเพาะ (แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส)
63.57	-10.5	0.471
64.18	-10.8	0.469
64.53	-10.9	0.467
64.13	-18.6	0.472
63.95	-18.3	0.475
64.27	-18.9	0.467
64.74	-30.5	0.474
64.55	-30.2	0.471
64.12	-30.7	0.475
73.52	-10.6	0.481
74.66	-10.8	0.478
72.42	-10.8	0.479
74.03	-18.8	0.475
73.89	-18.5	0.480
74.56	-18.8	0.476
74.23	-30.6	0.484
73.88	-30.1	0.481
74.62	-30.6	0.480
84.72	-10.7	0.489
84.07	-10.4	0.489
84.20	-10.6	0.487
84.84	-18.7	0.485
84.50	-18.1	0.488
82.25	-18.0	0.486
84.57	-30.8	0.489
84.12	-30.5	0.486
83.86	-30.9	0.491

ตารางที่ 3 ค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิสูง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพนำความร้อน (วัตต์/เมตร องศาเคลวิน)
64.02	61.5	0.474
64.56	63.5	0.497
63.11	61.5	0.490
64.69	80.9	0.548
64.08	83.3	0.536
64.51	81.7	0.536
63.51	100.0	0.651
62.13	100.0	0.636
62.78	100.0	0.635
74.54	61.9	0.537
74.23	61.7	0.535
74.87	62.6	0.536
72.42	82.0	0.558
72.56	83.4	0.558
72.12	80.7	0.554
74.21	100.0	0.835
74.84	100.0	0.850
74.53	100.0	0.835
83.52	61.3	0.633
83.09	60.9	0.634
84.17	60.4	0.639
84.14	81.4	0.739
84.89	80.4	0.731
84.55	81.0	0.745
83.93	100.0	0.941
84.65	100.0	0.946
84.82	100.0	0.937

ตารางที่ 4 ค่าสภาพนำความร้อนของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพนำความร้อน (วัตต์/ เมตร องศาเคลวิน)
64.42	-10.3	0.866
64.34	-10.1	0.865
63.85	-10.3	0.851
63.72	-18.0	1.008
64.55	-18.2	1.014
64.21	-18.1	1.015
64.38	-30.3	1.110
63.68	-30.3	1.111
64.11	-30.2	1.124
73.87	-10.3	0.860
74.22	-10.3	0.855
73.83	-10.2	0.868
74.15	-18.1	1.029
74.76	-18.2	1.028
73.38	-18.2	1.013
73.16	-30.3	1.127
73.98	-30.2	1.133
74.12	-30.1	1.139
84.67	-10.2	1.051
84.26	-10.1	1.051
83.12	-10.2	1.063
83.54	-18.0	1.121
84.88	-18.1	1.115
84.16	-18.2	1.135
83.47	-30.2	1.190
83.14	-30.1	1.191
84.78	-30.1	1.196

ตารางที่ 5 ค่าสภาพแพร่ความร้อนของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิสูง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพแพร่ความร้อน (เมตร^2/วินาที) x 10^7
64.55	60.1	1.364
64.76	60.1	1.307
63.82	60.5	1.297
63.85	80.1	1.435
64.13	80.0	1.442
64.66	80.0	1.434
63.83	100.3	1.584
64.11	100.2	1.653
64.05	100.2	1.649
74.98	60.1	1.430
74.12	60.4	1.389
74.09	60.4	1.362
73.14	80.4	1.527
73.88	80.1	1.495
73.95	80.1	1.590
73.68	100.9	2.203
74.35	100.2	2.276
73.97	100.2	2.377
84.16	60.7	1.636
84.58	60.7	1.640
83.97	60.5	1.622
84.12	80.6	2.073
84.34	80.4	2.019
84.76	80.4	2.075
84.13	100.5	2.790
84.88	100.5	2.658
83.92	100.2	2.774

ตารางที่ 6 ค่าสภาพแพร่ความร้อนของสับปะรดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ที่ความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพแพร่ความร้อน (เมตร^2/วินาที) x 10^7
63.52	-10.5	4.286
64.19	-10.2	4.302
64.66	-10.5	4.338
64.14	-18.1	4.986
64.05	-18.0	5.048
63.83	-18.1	4.931
64.47	-30.0	5.606
64.92	-30.0	5.538
64.16	-30.1	5.663
73.25	-10.4	4.361
73.93	-10.4	4.255
74.11	-10.2	4.365
74.25	-18.2	4.911
74.37	-18.2	5.101
74.04	-18.0	5.039
73.32	-30.0	5.673
73.28	-30.1	5.762
74.06	-30.2	5.695
84.55	-10.2	4.642
83.86	-10.2	4.557
84.61	-10.1	4.586
84.82	-18.3	5.425
84.07	-18.2	5.409
83.58	-18.0	5.501
84.62	-30.2	6.061
84.19	-30.0	5.911
83.65	-30.0	5.928

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสิรินาถ เมฆมณี เกิดวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2509 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2530 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2530