หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายเศรษฐกิจการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำ, กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. ธุรกิจการเกษตร. เล่ม 4. หน้า 24-25, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ, 2526.

2. ธีรชัย สุทธิคำ. "การบรรจุอาหารนมและผลิตภัณฑ์อาหารนม" การใช้ภาชนะบรรจุในอุตสาหกรรมอาหาร. ศูนย์วิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 2526.

3. Dairy Development Mission to Thailand. "New Zealand Government Bilateral Aid Project : A Plan For the Development of the Dairy Industry in Thailand." Wellington, New Zealand, 1980.

4. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. รายงานประจำปี 2521. หน้า 11-24, สำนักพิมพ์กราฟิกอาร์ต, 2525.

5. ราณี กิเลนทอง. "ถั่วเหลือง-โปรตีนทดแทนหมายเลขหนึ่ง." ภาควิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2526.

6. สมชาย ประภาวัติ, อุดม กาญจนปกรณ์ชัย, กุลวดี ตรองพาณิชย์, ประชา บุญญลิริกุล, อนุกูล พลศิริ, ประเสริฐ สายสิทธิ์ และ อมร ภูมิรัตน. "การค้นคว้าและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงราคาถูกจากถั่วเหลือง." สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

7. ฐานเศรษฐกิจ "ตลาดโลก" สหบูรพาสาส์นการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2527.

8. ประชาชาติ ธุรกิจ "การตลาด-บริการ" สำนักพิมพ์พิฆเนศ, กรุงเทพฯ, 2528.

9. Hughes, O. and Bennion, M. Introductory Food 5th ed., pp. 250-253, Collier-Macmillan Limited, London, 1970.

10. Gardner, F.A., Beck, M.L. and Denton, J.H. "Functional Quality Comparison of Whole Egg and Selected Egg Substitute Products" Poultry Sci. 61(1982) : 75-78.

11. Lowe, B. Experimental Cookery-From the Chemical and Physical Standpoint 4th ed., pp. 343-347, 375, John Wiley & Son, New York, 1966.

12. Wang, A.C., Funk, K. and Zabik, M.E. "Effect of Sucrose on Quality Characteristics of Baked Custards" Poultry Sci. 53(1974) : 807-813.

13. Zabik, M.E. and Figa, J.E. "Comparison of Frozen, Foam-Spray-Dried, Freeze-Dried and Spray-Dried Eggs. 1. Gels Prepared with Milk and Whole Eggs Containing Corn Syrup Solids." Food Technol. 22(1968) : 1169-1175.

14. Zabik, M.E. "Comparison of Frozen, Foam Spray-Dried, Freeze-Dried and Spray Dried Eggs. 2. Gels made with Milk and albumen or York Containing Corn Syrup Solids." Food Technol. 22(1968) : 1465-1469.

15. Zabik, M.E. and Wolfe, N.J. "Comparison of Frozen, Foam-Spray-Dried, Freeze-Dried and Spray-Dried Egg. 3. Baked Custards Prepared from Eggs with Added Corn Syrup Solids." Food Technol. 22(1968) : 1470-1476.

16. Jenness, R. and Patten, S. Principles of Dairy Chemistry. pp. 324-327, 330-345, John Wiley & Sons, New York, 1959.

17. คิริพรรณ โชคล่วัลย์ "ผลของความร้อนที่มีต่อโปรตีนในนม" สัมมนาปริญญาตรี เล่มที่ 6 ตอนที่ 1, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2516-2517.

18. Web, B.H., Johnson, A.H. and Alford, J.A. Fundamentals of Dairy Chemistry. 2d ed., pp. 619-632, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 1974.

19. Euber, J.R. and Van-Brunner, J.R. "Interaction of K-Casein with Immobilized β-Lactoglobulin." J. Dairy Sci. 65(1982) : 2384-2387.

20. Sawyer, W.H. "Complex Between β-Lactoglobulin and K-Casein." J. Dairy Sci. 52(9), (1969) : 1347-1355.

21. Smits, P. and Brouwershaven, J.H. "Heat-induced Association of β-Lactoglobulin and Casein Micelles." J. Dairy Res. 47(1980) : 313-325.

22. Tamine, A.Y. and Deeth, H.C. Yoghurt : Biochemistry" J. Food Protec. 43(1980) : 947-949.

23. Lampert, L.M. Modern Dairy Products. 3d ed., pp. 255-256, Chemical Publishing Co., New York, 1975.

24. ติดต่อโดยตรงกับ คุณกำพล หาญกิตติล่กุล

25. พงษ์ วนานุวัธ. "นม ยู เอช ที" วารสารวิทยาศาสตร์. 10(2523) : 782 - 793.

26. Mehta, R.S. "Milk Processed at Ultra-High Temperatures-A Review." J. Food Protec. 43(3), (1980) : 212-225.

27. ติดต่อโดยตรงกับ คุณธีรชัย ลุ่ทธิคำ

28. Davies, F.L., Shankar, P.A., Brooker, B.E., and Hobbs, D.G. "A Heated Induced Change in Ultrastructure of Milk and Its Effect on Gel Formation in Yoghurt." J. Dairy Res. 45(1978) : 53.

29. Morr, C.V. "Symposium : Milk Proteins in Dairy and Food Processing." J. Dairy Sci 58(7), (1974) : 977-983.

30. Charley, H. Food Science. 2d ed., pp. 289, 326-328, John Wiley & Son, New York, 1982.

31. ดร.สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. ไข่และเนื้อไก่ หน้า 134 พิมพ์ที่โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 2522.

32. Whitaker, J.R. Food Protein pp. 231-236, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 1977.

33. Standelman, W.J. and Cotterill, O.J. Egg Science and Technology 2d ed., pp. 246-252, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 1977.

34. Hegg, P.O. "Conditions for the Formation of Heat-Induced Gels of Some Globula Food Proteins" J. Food Sci. 47(1982) : 1241-1244.

35. Johnson, T.M. and Zabik, M.E. "Gelation Properties of Albumen Proteins, Singly and in Combination." Poultry Sci. 60(1981) : 2071-2083.

36. Meyer, L.H. Food Chemistry pp. 126-129, Affiliated East-West press. PVT., LTD., New Delhi, 1973.

37. Hayat, M.A. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy. Biological Applications, Vol. I. Van Nostrand Reinhold Co., N.Y., 1974.

38. Janaka, M. "Method for Making Cold Custard Pudding." Japanese Examined Patent 56-38107, 4, Sep, 1981.

39. Perry, J.H. Chemical Engineers' Handbook 4th ed., McGraw-Hill Book Co. Inc., New York-Tokyo, Intern. Student Edition, 1963.

40. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 14th ed., Washington, D.C. 1984.

41. Indian Standard Institution. "Indian Standard : Methods of Test for Dairy Industry." Indian Standards Institution, New Delhi, 1961.

42. West, L.G. and Llorente, M.A. "High Performance Liquid Chromatographic Determination of Lactose in Milk." J.A.O.A.C. 64(4), (1981) : 805-807.

43. TARODO DE LA FUENTE, B. Controle et Analyse dans l' Industrie Laitiere. Importance des Measures Rheologiques et du Dosage des Mineraux. Communication Faite Aux Journies du Controle et de l'Analyse dans les Industries Alimentaires. NANTES (16-18 Mars), 1971.

44. LAUNAY, B. Methodes Instrumentales d' Appreciation de la Texture des Denress Alimentaires. Centre de Documentation Internationale des Industries Utilisatrice des Produits Agricoles. Serie Syntheses Bibliographiques No. 1, 1971.

45. Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. Principles and Procedures of Statisties.McGraw Hill Book Company, New York, 1960.

46. Cochran, W.G. and G.M. Cox. Experimental Designs. John Wiley and Sons, New York, 1957.

47. Wolf, W.J. "Lipoxygenase and Flavor of Soybean Protein Products." J. Agr. Food Chem. 23(2), (1975) : 136-141.

48. Smith, A.K. and Circle, S.J. Soybeans : Chemistry and Technology, Vol. I, Proteins. pp. 128-132, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut , 1972.

49. Circle, S.J., Meyer, E.W. and Whitney, R.W. "Rheology of Soy Protein Dispersions. Effect of Heat and Other Factors on Gelation." Cereal Chem. 41(1964) : 157-172.

50. Catsimpoolas, N. and Meyer, E.W. "Gelation Phenomena of Soybean Glosulins. I. Protein-Protein Interactions." A.A.C.C. 47(1970) : 559-569.

51. Fleming, S.E. and Sosulski, F.W. "Glation and Thickening Phenomena of Vegetable Protein Products." J. Food Sci. 40(1975) : 805.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์และตรวจสอบ

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

การหาปริมาณกรด (acidity) A.O.A.C. (16.023) (40)

สารละลายที่ใช้

1. Phenolphthalein indicator เตรียมโดยการละลาย phenolphthalein 1 กรัม ใน ethyl alcohol 95 % 100 มิลลิลิตร เติม NaOH 0.1 N ที่ละหยดจนหยดแรกให้สีชมพูแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 200 มิลลิลิตร

2. NaOH 0.1 N เตรียมโดยการละลาย NaOH กับน้ำปริมาณเท่า ๆ กันใน flask ปิด flask ด้วยจุกยาง ทิ้งไว้ให้ NaOH ที่ไม่ละลายตกตะกอนลงในเวลา 3-4 วัน ใช้สารละลายส่วนใสเตรียม standard NaOH 0.1 N โดยใช้ Stock Solution ประมาณ 8 มิลลิเมตรต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ติเตรทกับ Standard KHP (potassium hydrogen phthalate) เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน

วิธีการ 1. ชั่งน้ำหนักน้ำนมที่แน่นอนประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน white porcelain basin ขนาด 60 มิลลิลิตร

2. เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและทำให้เย็นแล้วลงไป 10-20 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลาย phenolphthalein 1 มิลลิลิตร

4. ติเตรท อย่างรวดเร็วกับ Standard NaOH 0.1 N จนได้สีชมพูถาวรในช่วงเวลา 10-15 วินาทีแล้วนำมาคำนวณ

titratable acidity (lactic acid ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร) = $9 \frac{V_1 N}{V_2}$

V_1 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของ Standard NaOH ที่ใช้ในการติเตรท

V_2 = ปริมาตรของน้ำนมหรือตัวอย่างที่ใช้ทดลอบ

N = normality ของ standard NaOH solution

การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ A.O.A.C. (16.032) (40)

วิธีการ 1. อบ dish ให้แห้งให้มีน้ำหนักคงที่

2. ทำให้เย็นใน desiccator

3. ชั่ง dish พร้อมฝา

4. ปิเปตน้ำนม 10 มิลลิลิตรใส่ dish แล้วปิดฝาชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นไอศกรีมและคัสตาร์ดให้ชั่งน้ำหนัก 10 กรัม

5. วาง dish บน boiling water bath เป็นเวลา 30 นาที เปิดฝา dish ไว้

6. นำเข้าตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 100° อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

7. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

8. เอา dish และฝาใส่ในตู้อบให้ความร้อนต่ออีก 1 ชั่วโมง โดยไม่ปิดฝา อบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่

9. ปิดฝาแล้วทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

10. คำนวณ % Total solid ดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Total Solid} = \frac{\text{น้ำหนักของ dry solids}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

การหาปริมาณโปรตีน Indian Standard Mothod (41)

สารเคมี : 1. คะตาลิสท์ (copper sulfate, $CuSO_4, 5H_2O$ และ potassium sulfate, K_2SO_4)

2. กรดซัลฟุริคเข้มข้น (ประมาณ 98 % โดยน้ำหนักและปราศจากไนโตรเจน)

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % โดยน้ำหนัก

4. สารละลายกรดซัลฟุริคมาตรฐานเข้มข้น 0.1 N

5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานเข้มข้น 0.1 N ปราศจากคาร์บอเนต

6. Indicator Solution ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เท่ากันระหว่าง สารละลายที่อิ่มตัวของ methyl red ใน ethanol (95 % โดยปริมาตร) กับ methylene blue 0.1 % ใน ethanol (95 % โดยปริมาตร)

7. Sucrose บริสุทธิ์และปราศจากน้ำ

วิธีการ 1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอย่างละเอียด, ถ้าเป็นนมหรือคัสตาร์ดใช้ 10 กรัม ถ้าเป็นไข่ไก่ใช้ 2 - 3 กรัม ลงในขวดย่อย (Kjeldahl flask)

2. เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้นลงไป 25 มิลลิลิตร โดยรินลงข้าง ๆ หลอดให้ล้างน้ำนมหรือตัวอย่างที่ติดอยู่ข้าง ๆ ขวด digest ลงไปด้วย

3. เติม copper sulfate 0.2 กรัมและ potassium sulfate 10 กรัม

4. ให้ความร้อนจนเดือด และให้ความร้อนต่อไปจนได้สารละลายใส เวลาที่ใช้ขึ้นกับชนิดของตัวอย่าง ปกติใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง

5. ทิ้งสารละลายให้เย็น ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วลงไปเพื่อป้องกัน bumping

6. เติม NaOH เข้มข้น 50 % ลงไปในปริมาณมากเกินพอ ปกติที่ใช้ประมาณ 75-80 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ รินใส่เพื่อให้เป็นชั้นอยู่ใน acid liquor

7. ปิเปตสารละลายกรดซัลฟุริค 0.1 N จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงใน flask ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติม indicator sotution ลงไป 5-7 หยด

8. วาง flask ไว้เข้าเครื่องกลั่น โดยให้ปลาย condensor จุ่มอยู่ให้ล่ารละลายกรดซัลฟุริคแล้วเปิดเครื่องกลั่น
9. ทำการกลั่นเอาแอมโมเนียโดยใช้ล่ารละลายกรดซัลฟุริคมาตรฐานเป็นตัวจับ กลั่นจนแน่ใจว่าแอมโมเนียหมดแล้ว ให้ได้ distillate มากกว่า 150 มิลลิลิตร ปิดเครื่องกลั่นนำ flask ออกจากเครื่องกลั่น
10. ติเตรทปริมาณกรดที่มากเกินพอด้วยล่ารละลายด่างมาตรฐาน
11. ทำ blank โดยใช้ sucrose 0.5 กรัม แทนน้ำนม โดยวิธีการที่ใช้เหมือนกันหมด

การคำนวณ : Total nitrogen, percent by weight = $\frac{1.4\ (A-B)N}{W}$

A = มิลลิลิตรของล่ารละลายด่างมาตรฐานที่ใช้ในการทำ blank

B = มิลลิลิตรของล่ารละลายด่างมาตรฐานที่ใช้ในการติเตรท

N = normality ของล่ารละลายด่างมาตรฐาน

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ตรวจสอบ หน่วยเป็นกรัม

% โปรตีน = % nitrogen X 6.38

การหาปริมาณไขมันของน้ำนม (Röse - Gottlieb Method) A.O.A.C. (16, 064) (40)

ล่ารเคมี 1. Concentrate ammonia solution sp gr 0.88
2. Ethanol 95-96 % (โดยปริมาตร)
3. Diethyl ether, sp gr 0.720 และปราศจาก peroxide
4. Petroteum ether, boiling range 40-60° C

วิธีการ 1. ชั่งน้ำหนักนมหรือตัวอย่าง 10 กรัมอย่างละเอียดลงใน Majonnier fat extraction tube
2. เติมล่ารละลายแอมโมเนียเข้มข้นลงไป 1.25 มิลลิลิตรแล้วผสม
3. เติม ethanol 10 มิลลิลิตรแล้วผสม
4. เติม diethyl ether 25 มิลลิลิตร ปิดจุกคอร์กแล้วผสมโดยการเขย่ากลับไปกลับมา 1 นาที

6. นำหลอดเยย่าไปเซนตริฟิวจ์ที่ 500-600 rpm เป็นเวลา 5 นาที จนกระทั่งชั้น ether ใส แยกจากชั้นที่เป็นน้ำ
7. ถ่ายชั้น ether ออกโดยการ decant ลงไปใน flask ที่แห้งและทราบน้ำหนักเรียบเร้อยแล้ว
8. ทำการสกัดซ้ำเป็นครั้งที่ 2 และ 3 แต่ละครั้งให้ใช้ diethyl-ether 25 มิลลิลิตร และ petroleum ether 25 มิลลิลิตร และนำเอาชั้น ether มาถ่ายใส่ flask อันเดียวกัน ภายหลังที่เซนตริฟิวจ์แล้ว
9. ระเหยเอา solvent ออกให้หมด แล้วอบให้ไขมันแห้ง 1 ชั่วโมงในตู้อบ ทิ้งให้เย็น เสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักละเอียด

คำนวณ $\%\ \text{ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$

การหาปริมาณไขมันของไข่ไก่ (Acid Hydrolysis Method) A.O.A.C. (17.012-17.013) (40)

สารเคมี เช่นเดียวกับวิธีการ Röse - Gottlieb Method แต่ใช้กรดไฮโดรคลอริคแทน สารละลายแอมโมเนีย

วิธีการ
1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไข่ไก่ 3 กรัมอย่างละเอียดลงใน Majonnier fat extraction tube
2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริคลงไป 10 มิลลิลิตรวาง tube ใน water bath ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 70 องศาเซลเซียส ต้มจนเดือดและต้มต่อไปอีก 30 นาที เยย่า tube ทุก ๆ 5 นาทีอย่างระมัดระวัง
3. นำ tube ออกจาก water bath แล้วเติมน้ำให้เกือบเต็มกระเปาะของ tube และปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. สกัดไขมันด้วย ether ด้วยวิธีในข้อ 4 - 9 ของ Röse - Gottlieb Method

การหาปริมาณแลคโทส์ West และ Llbrente (42)

สารเคมี 1. Solvent -HPLC grade acetonitrile และ H_2O

2. Mobile phase - Acetonitrile + H_2O (80+20) นำมาผ่านเครื่องกรองที่ใช้กระดาษกรองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร หนา 0.45 um (Millipore Corp., Bed ford, MA 01730)

3. Trichloroacetic acid 0.5 %

4. Lactose standard

วิธีการ A. เตรียมสารละลายมาตรฐานของแลคโทส์

1. ชั่งน้ำหนัก lactose. H_2O AR grade 3 กรัมละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแลคโทส์มาตรฐาน 60 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 8, 6 และ 4 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีด จะได้สารละลายความเข้มข้น 48, 36 และ 24 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

3. ในการทดลอง จะใช้สารละลายมาตรฐาน 1 มิลลิลิตร แทนน้ำนมในการเตรียมตัวอย่าง

B. การเตรียมตัวอย่าง

1. ปิเปตน้ำนม 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่สามารถนำไปเซ็นตริฟิวจ์ได้นำไปชั่งหาน้ำหนักละเอียด

2. เติม trichloroacetic acid 0.5 % จำนวน 20 มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรง ๆ

3. นำไปเซ็นตริฟิวจ์ที่ 3000 X g เป็นเวลา 20 นาที

4. นำเอาสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร มาใส่หลอดทดลองใหม่ เติม acetonitrile 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

5. นำไปกรองโดยใช้กระดาษกรองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร หนา 0.45 มิลลิเมตร

C. การทำ Liquid Chromatography

1. ปรับระบบให้สมดุลโดยใช้ mobile phase ผ่านเป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราการไหลของ mobile phase 2 มิลลิลิตรต่อนาที
2. ฉีดสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ ครั้งละ 1 ไมโครลิตร บันทึก peak ของสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างโดยใช้ recorder

การคำนวณ

คำนวณโดยหาพื้นที่ของสามเหลี่ยมภายใต้ peak ของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่าง ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่าง แล้วนำมา plot standard curve ของสารละลายมาตรฐานก่อนแล้วจึงหาจำนวนมิลลิกรัมของตัวอย่างในน้ำนม 1 มิลลิลิตร

$$\% \text{ lactose } H_2O \text{ โดยน้ำหนัก} = \frac{\text{จำนวนมิลลิกรัมของตัวอย่างในน้ำนม 1 มิลลิลิตร}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้เป็นมิลลิกรัม}} \times 100$$

การหาปริมาณเถ้า A.O.A.C. (16.035) (40)

วิธีการ
1. เผา crucible ใน muffle ที่ 550° C นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก crucible อย่างละเอียด
2. ปิเปตน้ำนม 10 มิลลิลิตร หรือไข่ไก่หรือศัลตารัดหนัก 10 กรัม ใส่ใน crucible แล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดและรวดเร็ว
3. วาง crucible บน hot plate ค่อย ๆ เคี่ยวน้ำนมหรือตัวอย่างให้เดือดจนกระทั่งไหม้เกรียม
4. เผาใน muffle ที่ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือเทาอ่อน
5. ทำให้เย็นใน desiccator
6. ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดแล้วคำนวณ % ของเถ้า ดังนี้

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหรือน้ำนม}} \times 100$$

วิธีตรวจสอบทางกายภาพ

วัดสีของตัวอย่าง

วิธีการ 1. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดลงใน dish ของเครื่อง

- ถ้าตัวอย่างเป็นน้ำนม, ไข่ไก่ และส่วนผสมศัลตารัด ให้ผสมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อน
- ถ้าตัวอย่างเป็นศัลตารัด เมื่อวัดสีผิวนอก ให้วางถ้วยที่มีศัลตารัดอยู่ลงใน dish ของเครื่อง เมื่อวัดสีเนื้อสัมผัสภายใน ให้ใช้มีดปาดศัลตารัดส่วนบนออกจนเหลือครึ่งถ้วย นำไปวางใน dish ของเครื่อง

2. นำแผ่นสีมาตรฐานมาสวมเข้ากับเครื่อง เปิดไฟและเปิดสวิชให้แผ่นสีหมุน

3. ทำการปรับให้สีในแผ่นสีมาตรฐาน มีสีใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ตรวจสอบ เมื่อปรับแผ่นสีจนสีใกล้เคียงกับตัวอย่างแล้ว นำเอาแผ่นสีมาอ่านโดยทาบกับแผ่นวงกลมที่ calibrate เปอร์เซนต์ไว้แล้ว

วัดความแน่นของเนื้อสัมผัสศัลตารัด (43, 44)

เป็นการตรวจสอบลักษณะเนื้อของตัวอย่างศัลตารัดว่ามีความคงตัวอย่างไร โดยใช้ penetrometer

หลักการอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกและน้ำหนักของหัวเข็ม เคลื่อนลงสู่เนื้อของศัลตารัดภายในเวลาที่กำหนดแล้วอ่านระยะทางที่หัวเข็มเคลื่อนที่ได้ ถ้าหัวเข็มเคลื่อนที่ได้ระยะทางน้อย แสดงว่าเจลมีแรงต้านทานมากหรืออยู่ตัวดี เป็นต้น

วิธีการ 1. ต่อ timer เข้ากับเครื่อง penetrometer แล้วนำศัลตารัดที่ต้องการวัดวางบนฐานของเครื่อง

2. สวมหัวเข็มเข้ากับเครื่อง ปรับระดับของหัวเข็มให้มาสัมผัสที่ผิวหน้าของศัลตารัดพอดี ที่จุดนี้ให้ปรับหน้าปัทม์ของเครื่อง penetrometer ให้อยู่ที่ 0

3. หมุน timer ไปที่จุด start timer จะทำงานอัตโนมัติโดยจะปล่อยหัวเข็มที่เวลา 0 และหยุดหัวเข็มที่เวลา 5 วินาที
4. อ่านระยะทางที่หัวเข็มเคลื่อนที่ผ่านอาหาร หน่วยเป็นมิลลิเมตร แล้วจดบันทึกไว้
5. การคำนวณ

คำนวณเป็นค่า ดัชนีความแน่น (Index of Firmness)

$$\text{ดัชนีความแน่น} = \frac{1000}{X} \quad (\text{ม.ม.}^{-1})$$

X = ระยะทางที่หัวเข็มเคลื่อนที่ผ่านอาหารหน่วยมิลลิเมตร ในเวลา 5 วินาที

<u>วัดเปอร์เซนต์ของน้ำอิสระที่แยกจากเจล</u> (% syneresis) Johnson และ Zabik (35)

เป็นการหาปริมาณของน้ำที่แยกจากเนื้อศัลตารัดภายในเวลาที่กำหนด

วิธีการ 1. ชั่งน้ำหนักศัลตารัดพร้อมถ้วย และชั่งน้ำหนักถ้วยที่ใช้หา syneresis ซึ่งประกอบด้วย ถ้วยที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรตลอดกันภาชนะและถ้วยพลาสติคที่รองรับน้ำที่แยกจากเจล บันทึกน้ำหนักไว้

2. ใช้มีดปาดเนย ปาดรอบถ้วยศัลตารัด แล้วแบ่งศัลตารัดออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กันวางศัลตารัดแต่ละส่วนบนกระดาษกรอง (whatman No.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0 เซ็นติเมตร) ซึ่งอยู่บนถ้วยที่เจาะรู อย่างระมัดระวังไม่ให้เจลแตก ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
3. นำเอาเจลออก จับกระดาษกรองตั้งไว้ 2 นาที เพื่อล่ะเต็ดน้ำ แล้วทิ้งกระดาษกรอง
4. ชั่งน้ำหนักถ้วยหา syneresis นี้อีก แล้วนำไปหักลบกับน้ำหนักถ้วยหา syneresis เริ่มต้นจะได้น้ำหนักของน้ำที่แยกจากเจลในเวลา 1 ชั่วโมง
5. ชั่งน้ำหนักถ้วยศัลตารัดเปล่าแล้วนำน้ำหนักนี้ไปหักลบกับน้ำหนักศัลตารัดทั้งถ้วยจะได้น้ำหนักศัลตารัด แล้วคำนวณหา % syneresis โดยการคำนวณ

$$\% \text{ syneresis} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่แยกจากเนื้อศัลตารัด}}{\text{น้ำหนักศัลตารัดเริ่มต้น}} \times 100$$

ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างภายในของคัสตาร์ดชนิดอบ Johnson และ Zabik (35)

เป็นการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างเพื่อช่วยสนับสนุนการตรวจสอบทางกายภาพโดยการวัดความแน่นของเนื้อสัมผัสคัสตาร์ด และเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลกล่าวคือ ถ้าลักษณะโครงสร้างใกล้ชิดกันมากกว่าจะมีค่าดัชนีความแน่นมากกว่าและเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจลน้อยกว่าเครื่องมือที่ใช้คือ Scanning Electron Microscope

วิธีการ 1. แช่แข็งเจลคัสตาร์ดด้วย freezer เป็นเวลา 1 วัน

2. ทำตัวอย่างให้แห้ง โดยการระเหิดน้ำแข็งออกใช้เครื่อง vacuum dryer

3. ติดตัวอย่างบนแท่งยึดตัวอย่าง (mounting) โดยป้ายกาว Silver paint บนแผ่นหน้าของ stub ที่ล้างให้สะอาดด้วย acetone วางตัวอย่างเจลคัสตาร์ดบนกาวทันที ทิ้งตัวอย่างให้แห้ง 15 นาที

4. ฉาบผิวตัวอย่างด้วยโมเลกุลของทอง (Au) โดยใช้ ion sputter ซึ่งมีหลักการทำงานคือสามารถกระจายโมเลกุลของธาตุภายใต้สูญญากาศ และกระแสไฟฟ้าที่พอเหมาะ

5. ใส่ตัวอย่างเจลคัสตาร์ดที่เตรียมแล้วในช่องใส่ตัวอย่าง (specimen chamber) ในเครื่อง Scanning Electron Microscope

6. จัดภาพที่ต้องการให้เหมาะสม ปรับภาพให้คมชัดโดย fine focus แล้วถ่ายภาพ

วิธีตรวจสอบคุณภาพของคัสตาร์ดชนิดอบโดยทางประสาทสัมผัส

การศึกษาคุณภาพในด้านต่าง ๆ ของคัสตาร์ดโดยใช้ผู้ทดสอบนั้น ใช้วิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 7 ช่วงตามแบบตารางข้างท้ายนี้ ผู้ทดสอบจำนวน 14-20 คน จะให้คะแนนผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความเห็นตาม scale ที่กำหนดไว้ สำหรับในการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมที่มีต่อคุณภาพคัสตาร์ดชนิดอบนั้น นอกจากให้ผู้ทดสอบแสดงระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ แล้ว ยังได้ให้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน จัดเรียงลำดับความหนืดของผิวนอกของผลิตภัณฑ์ตามแบบสอบถามข้างท้ายนี้แล้วนำผลไปประเมินค่าทางสถิติ

ตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้

วันที่ ..... ผู้ทดสอบ.....

ตัวอย่าง .....

โปรดพิจารณาตัวอย่างเหล่านี้ แล้วให้คะแนนที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุดพร้อมทั้งให้เหตุผลนั้น ๆ

ลักษณะของตัวอย่าง	ตัวอย่างหมายเลข											
ความนุ่มของผิวนอก	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความเรียบของผิวนอก	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ลียองตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความแน่น	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความเรียบของเนื้อสัมผัสภายใน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ปรากฏการณ์การแยกน้ำ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
คุณภาพรวมของผลิตภัณฑ์	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับ : ยอมรับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ไม่ยอมรับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

คะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ

7	=	ชอบมาก	3	=	ไม่ชอบเล็กน้อย
6	=	ชอบปานกลาง	2	=	ไม่ชอบปานกลาง
5	=	ชอบเล็กน้อย	1	=	ไม่ชอบมาก
4	=	เฉย ๆ			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

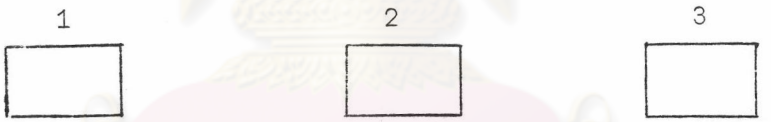
แบบสอบถาม

ชื่อ .....

วันที่ .....

ตัวอย่างอาหาร .....

โปรดจัดลำดับตัวอย่างเหล่านี้ตามความนุ่มของผิวนอก โดยกรอกหมายเลขตัวอย่างที่นุ่มที่สุดในช่องแรก ที่นุ่มรองลงมาในช่องที่สอง และช่องที่สามตามลำดับ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้แผนการทดลอง 2 แบบคือ

1. แผนการทดลองแบบFactorial Design ประเภท Asymmetric Three Factor Experiment และ Asymmetric Two Factor Experiment

2. แผนการทดลองแบบ Completely Random Design

ในการออกแบบแผนการทดลองดังกล่าวจะมีวิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้ (45, 46)

<u>ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลอง ที่ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial Design ประเภท Asymmetric Three Factor Experiment</u>

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงผลการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมศีนรูป, pH ของส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการอบ ในการผลิตคัสตาร์ดชนิดอบที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด,pH , ดัชนีความแน่น, เปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจล และคุณภาพคัสตาร์ดชนิดอบโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความนุ่มของผิวนอก, ความเรียบของผิวนอก, สีของตัวอย่าง, กลิ่นรส, ความแน่น, ความเรียบของเนื้อสัมผัสภายใน, ปรากฏการณ์การแยกน้ำและคุณภาพรวมของผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance)

Treatment combination	Factor A	Factor B	Factor C
$a_1b_1c_1$	a_1	b_1	c_1
$a_2b_2c_2$	a_2	b_2	c_2
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$a_nb_nc_n$	a_n	b_n	c_n

ในแต่ละการทดลองมีการทดลองซ้ำ จะได้ดังนี้

Treatment combination	การทดลองซ้ำ 1 2 3 r	ผลรวม
$a_1b_1c_1$		
$a_2b_2c_2$		
.		
.		
.		
.		
.		
$a_nb_nc_n$		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณค่าต่าง ๆ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Square - SS)	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
Treatment A	$SS_A = \sum_{i=1}^{a} Y^2_{i.../bcr} - CT$	(a-1)
Treatment B	$SS_B = \sum_{j=1}^{b} Y^2_{.j../acr} - CT$	(b-1)
Treatment C	$SS_C = \sum_{k=1}^{c} Y^2_{..k./abr} - CT$	(c-1)
AB	$SS_{AB} = \left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y^2_{ij../cr} - CT\right] - SS_A - SS_B$	(a-1)(b-1)
BC	$SS_{BC} = \left[\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y^2_{.jk./ar} - CT\right] - SS_B - SS_C$	(b-1)(c-1)
AC	$SS_{AC} = \left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{c} Y^2_{i.k./br} - CT\right] - SS_A - SS_C$	(a-1)(c-1)
ABC	$SS_{ABC} = \left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y^2_{ijk./r} - CT\right] - SS_A - SS_B - SS_C$	(a-1)(b-1)(c-1)
Error	$SS_E = SS_Y$ -all other SS	abc(r-1)
Total	$SS_Y = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\sum_{l=1}^{r} Y^2_{ijkl} - CT$	(abcr-1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CT = Corrcetion Term $= \frac{\left(\sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} \sum_{k=1}^{c} \sum_{l=1}^{r} Y_{ijkl}\right)^2}{n}$

n = abcr

a = จำนวนทรีทเมนต์ A

b = จำนวนทรีทเมนต์ B

c = จำนวนทรีทเมนต์ C

r = จำนวนซ้ำ

MS = Mean Square = $SS/_{df}$

Testing hypothesis :

H : $\alpha_i = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_{A}/_{MS_{E}}$

เทียบกับCritical value fα, (a-1), abc(r-1)

H : $\beta_j = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_{B}/_{MS_{E}}$

เทียบกับ Critical value fα, (b-1), abc(r-1)

H : $\gamma_k = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_{C}/_{MS_{E}}$

เทียบกับ Critical value fα, (c-1), abc(r-1)

H : $(\alpha\beta)_{ij} = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_{AB}/_{MS_{E}}$

เทียบกับ Critical value fα, (a-1 (b-1), abc(r-1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป, pH ของส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการอบที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ข้อมูลเป็นดังนี้

Treatment combination	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอบทั้งหมด (นาที)				
	การทดลองซ้ำ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3		
$a_1b_1c_1$	43.50	44.70	44.10	132.30	44.10
$a_2b_1c_1$	43.80	44.40	44.10	132.30	44.10
$a_1b_2c_1$	44.40	44.40	44.40	133.20	44.40
$a_2b_2c_1$	45.30	45.00	45.15	235.45	45.15
$a_1b_3c_1$	52.20	56.40	54.30	162.90	54.30
$a_2b_3c_1$	49.80	54.60	52.20	156.60	52.20
$a_1b_1c_2$	50.10	51.30	50.10	152.10	50.70
$a_2b_1c_2$	49.80	51.50	50.55	151.85	50.62
$a_1b_2c_2$	51.30	52.50	51.90	155.70	51.90
$a_2b_2c_2$	51.60	51.30	51.45	154.35	51.45
$a_1b_3c_2$	57.60	57.30	57.45	172.35	57.45
$a_2b_3c_2$	57.60	54.10	58.35	175.05	58.35
รวม				1814.15	

วิธีการคำนวณ

1. Correction Term $= \frac{(1814.15)^2}{36}$

$= 91,420.56$

2. Total SS $= (43.50^2+43.80^2+.....+57.45^2+58.35^2)-CT$

$= 92,279.31 - 91,420.56$

$= 858.75$

3. Treatment SS $= \frac{(132.30^2+132.30^2....+175.05^2)}{3}-CT$

$= 92,253.92 - 91,420.56$

$= 833.36$

4. Error $= 858.75 - 833.36$

$= 25.39$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 พิจารณาเฉพาะการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมและ pH ของส่วนผสม

pH ของส่วนผสม (B)	การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป (A)		รวม
	ไม่ให้ความร้อนเพิ่ม	ให้ความร้อนเพิ่มที่ 85 องศาเซลเซียส 30 นาที	
6.9	288.90	284.15	568.55
7.1	288.90	289.80	578.70
7.3	335.25	331.65	666.90
รวม	908.55	905.60	1814.15

วิธีคำนวณ

5. รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางใหม่ดังนี้ 284.40 = 132.30+152.10

6. Total SS $= \frac{(288.40^2 + \ldots\ldots\ldots + 331.65^2)}{6} - CT$

$= 91,909.35 - 91,420.56$

$= 488.79$

7. $SS_A = \frac{(908.55^2 + 905.60^2)}{18} - CT$

$= 91,420.80 - 91,420.56$

$= 0.24$

8. $SS_B = \frac{568.55^2 + 578.70^2 + 666.90^2}{12} - CT$

$= 91,908.20 - 91,420.56$

$= 487.64$

9. $SS_{AB} = 488.79 - 0.24 - 487.64$

$= 0.91$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 พิจารณาเฉพาะ pH ของส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการอบ

pH ของส่วนผสม (B)	อุณหภูมิสุดท้ายในการอบ (C)		รวม
	สูงจากจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล 3^{o} C	สูงจากจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล 5^{o} C	
6.9	264.60	303.95	568.55
7.1	268.65	310.05	578.70
7.3	319.50	347.40	666.90
รวม	852.75	961.40	1814,15

10. รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางใหม่ดังนี้ 264.60 = 132.30 + 132.30

11. Total SS $= \frac{(264.60^2 + \ldots\ldots\ldots + 347.40^2)}{6} - CT$

$= 92,244.93 - 91,420.56$

$= 824.37$

12. $SS_C = \frac{(852.75^2 + 961.40^2)}{18} - CT$

$= 91,748.47 - 91,420.56$

$= 327.91$

13. $SS_{BC} = 824.37 - 487.64 - 327.91$

$= 8.82$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 พิจารณาเฉพาะการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมและอุณหภูมิสุดท้ายในการอบ

อุณหภูมิสุดท้าย (C)	การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป (A)		รวม
	ไม่ให้ความร้อนเพิ่ม	ให้ความร้อนเพิ่ม	
สูงจากจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล 3° C	428.40	480.15	908.55
สูงจากจุดเริ่มต้นของการเกิดเจล 5° C	424.35	481.25	905.60
รวม	852.75	961.40	1814.15

14. รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางใหม่ดังนี้ 428.40 = 132.30+133.20+162.90

15. Total SS $= \frac{(428.40^2 + \ldots\ldots\ldots + 481.25^2)}{9} - CT$

$= 91,749.45 - 91,420.50$

$= 328.89$

16. $SS_A = \frac{(908.55^2 + 905.60^2)}{18} - CT$

$= 91,420.80 - 91,420.56$

$= 0.24$

17. $SS_{AC} = 328.89 - 0.24 - 327.91$

$= 0.74$

18. $SS_{ABC} = 833.36-0.24-487.64-327.91-0.91-8.82-0.74$

$= 7.1$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (variance) ของเวลาที่ใช้ในการอบเฉลี่ย (นาที) โดยศึกษาผลการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป, pH ของส่วนผสมและอุณหภูมิสุดท้ายในการอบที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด

SOV	df	SS	MS	Fcalc	Ftable
Treatment	11	833.36	75.76	71.47*	2.18
A	1	0.24	0.24	0.23ns	4.26
B	2	487.64	243.83	230.02*	3.40
C	1	327.91	327.91	309.35*	4.26
AB	2	0.91	0.46	0.43ns	3.40
BC	2	8.82	4.41	4.16*	3.40
AC	1	0.74	0.74	0.69ns	4.26
ABC	2	7.10	3.55	3.35ns	3.40
Error	24	25.39	1.06		
Total	35	858.75			

A = การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมคืนรูป

B = pH ของส่วนผสม

C = อุณหภูมิสุดท้ายในการอบ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลองที่ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial Design ประเภท Asymmetric Two Factor Experiment

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงผลของการใช้น้ำนมต่างประเภทคือ น้ำนมคืนรูป, น้ำนมพาสเจอไรส์, น้ำนมยูเอชที, น้ำนมสเตอร์ไลส์และน้ำนมข้นจืด กับผลของการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมทั้ง 5 ประเภทที่ 85 องศาเซลเซียส 30 นาที และการไม่ให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมเหล่านี้ ในการทำศัลยกรรมตกแต่งช่องปาก ที่มีต่อค่าเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด, pH, ดัชนีความแน่น, เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แยกจากเจล รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความนุ่มของผิวนอก, ความเรียบของผิวนอก, สีของตัวอย่าง, กลิ่นรส, ความแน่น, ความเรียบของเนื้อสัมผัสภายใน ปรากฏการณ์แยกน้ำและคุณภาพรวมของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance)

Factor A \ Factor B	b_1	b_2	b_3 ..... b_n
a_1	a_1b_1	a_1b_2	a_1b_3 ..... a_1b_n
a_2	a_2b_1	a_2b_2	a_2b_3 ..... a_2b_n
a_3	a_3b_1	a_3b_2	a_3b_3 ..... a_3b_n
.	.	.	. .
.	.	.	. .
.	.	.	. .
.	.	.	. .
.	.	.	. .
a_n	a_nb_1	a_nb_2	a_nb_3 a_nb_n

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในแต่ละการทดลองมีการทดลองซ้ำ จะได้ดังนี้

ทรีทเมนต์	การทดลองซ้ำ				ผลรวม
	1	2	3	r	
a_1b_1					
a_1b_2					
a_1b_3					
a_1b_n					
a_2b_1					
a_2b_2					
a_2b_3					
a_2b_n					
.					
.					
.					
.					
a_nb_n					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณค่าต่าง ๆ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of square = SS)	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
Treatment A	$SS_A = \sum_{i=1}^{a} Y^2_{i../br} - CT$	(a-1)
Treatment B	$SS_B = \sum_{j=1}^{b} Y^2_{.j./ar} - CT$	(b-1)
AB	$SS_{AB} = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} Y^2_{ij./r} - CT$	(a-1)(b-1)
Error	$SS_E = SS_y - SS_A - SS_B - SS_{AB}$	ab(r-1)
Total	$SS_y = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} \sum_{k=1}^{r} Y^2_{ijk} - CT$	abr-1

CT = Correction Term = $\left(\sum_{ijk}^{abr} Y_{ijk}\right)^2 / n$

MS = Mean Square = SS/df

n = abr

a = จำนวนทรีทเมนต์ A

b = จำนวนทรีทเมนต์ B

r = จำนวนซ้ำ

Testing hypothesis :

$H : \alpha_i = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_A/MS_E$

เทียบกับ critical value $f_{\alpha, (a-1), ab(r-1)}$

$H : \beta_j = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_B/MS_E$

เทียบกับ critical value $f_{\alpha, (b-1), ab(r-1)}$

$H : (\alpha\beta)_{ij} = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_{AB}/MS_E$

เทียบกับ critical value $f_{\alpha, (a-1)(b-1), ab(r-1)}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาผลของน้ำนมต่างประเภทและการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ข้อมูลเป็นดังนี้

Treatment Combination	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอบทั้งหมด (นาที)				
	การทดลอง			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3		
a_1b_1	51.90	50.40	50.60	152.90	50.79
a_2b_1	51.60	49.20	49.80	150.60	50.20
a_3b_1	51.00	50.40	51.60	153.00	51.00
a_4b_1	44.40	43.50	42.60	130.50	43.50
a_5b_1	37.20	37.20	36.00	110.40	36.80
a_1b_2	52.20	49.80	50.10	152.10	50.70
a_2b_2	50.40	49.60	50.20	150.20	50.07
a_3b_2	51.60	52.80	51.60	156.00	52.00
a_4b_2	44.40	42.00	42.00	128.40	42.80
a_5b_2	38.40	41.10	36.00	115.50	38.50
รวม				1399.60	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณ

1. Correction Term $= \frac{(1399.60)^2}{30}$

$= 65,296.01$

2. Total SS $= (51.90^2 + 51.60^2 + ... + 36.00^2) - CT$

$= 66,210.48 - 65,296.01$

$= 914.47$

3. Treatment SS $= \frac{(152.90^2 + 150.60^2 + ... + 115.50^2)}{3} - CT$

$= 66,181.15 - 65,296.01$

$= 885.14$

4. Error $= 914.47 - 885.14$

$= 29.33$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 น้ำนมต่างประเภทและการให้ความร้อนเพิ่ม

น้ำนมต่างประเภท (A)	การให้ความร้อนเพิ่ม (B)		รวม
	ไม่ให้ความร้อนเพิ่ม	ให้ความร้อนเพิ่ม	
น้ำนมคืนรูป	152.90	152.10	305.00
น้ำนมพาสเจอไรส์	150.60	150.20	300.80
น้ำนมยูเอชที	153.00	156.00	309.00
น้ำนมสเตอริไลส์	130.50	128.40	258.90
น้ำนมยันจีด	110.40	115.50	225.90
รวม	697.40	702.20	1,399.60

วิธีคำนวณ

5. รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางใหม่ดังนี้ 152.90 = 51.90+50.40+50.60

6. $SS_A = \frac{305^2 + \ldots\ldots + 225.90^2}{6} - CT$

$= 66,174.44 - 65,296.01$

$= 878.43$

7. $SS_B = \frac{(697.40^2 + 702.20^2)}{15} - CT$

$= 65,296.71 - 65,296.01$

$= 0.76$

8. $SS_{AB} = 885.14 - 878.43 - 0.76$

$= 5.95$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการอบเฉลี่ย โดยศึกษาผลของน้ำนมต่างประเภทและการให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนมที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด

SOV	df	SS	MS	Fcalc	F table
Treatment	9	885.14	98.35	66.90*	2.45
A	4	878.43	219.61	149.39*	2.87
B	1	0.76	0.76	0.52ns	4.35
AB	4	5.95	1.49	1.01ns	2.87
Error	20	29.33	1.47		
Total	29	914.47			

A = น้ำนมต่างประเภท

B = การให้ความร้อนเพิ่มแก่น้ำนม

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลองที่ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely Random Design

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึง

1. ผลของการใช้ปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมในระดับ 7.9, 10 และ 15.8 % ในการทำคัสตาร์ดชนิดอบ
2. ผลของการใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมพาสเจอไรส์ในระดับ 0, 30, 40, และ 50 % ในการทำคัสตาร์ดชนิดอบ

ที่มีต่อค่าเวลาที่ใช้ในการอบ, pH, ดัชนีความแน่น, เปอร์เซนต์ของน้ำที่แยกจากเจล รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้แก่ความนุ่มของผิวนอก, ความเรียบของผิวนอก, สีของตัวอย่าง, กลิ่นรส, ความแน่น, ความเรียบของเนื้อสัมผัสภายใน, ปรากฏการณ์การแยกน้ำ, และคุณภาพรวมของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance)

ทรีทเมนต์	การทดลองซ้ำ 1	2	3	r	รวม
1					
2					
3					
.					
.					
.					
.					
n					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนวณค่าต่าง ๆ โดยใช้สูตร ต่อไปนี้

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of square = SS)	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
Treatment	$SS_t = \sum_{i=1}^{t} Y_{i./r}^2 - CT$	(t-1)
Error	$SS_E = SS_y - SS_t$	t(r-1)
Total	$SS_y = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{r} Y_{ij}^2 - CT$	tr-1

CT = Correction Term = $(\sum_{ij} Y_{ij})^2 / rt$

MS = Mean Square = SS/df

t = จำนวนทรีทเมนต์

r = จำนวนซ้ำ

Testing hypothesis :

H : $\beta_i = 0$ ใช้ F-test โดยค่า $f = MS_T/MS_E$

เทียบกับค่า critical value $f_{\alpha, (t-1), t(r-1)}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์

เมื่อทราบผลในการตรวจสอบ hypothesis แล้ว ถ้าผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันก็ไม่ต้องคำนวณต่อ แต่ถ้าผลปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญก็ต้องนำมาคำนวณ หาต่อว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ใดที่แตกต่างกัน ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range test

วิธีคำนวณ

1. คำนวณค่าของ

$$Sx = \sqrt{(\text{error mean square})/r}$$

r = จำนวนซ้ำ

โดยมีความคลาดเคลื่อน df เปิดค่า significant studentized ranges (SSR) สำหรับค่า 5 เปอร์เซ็นต์ในตารางที่ ข-2 ดูตรงกับค่าของ p ตั้งแต่ 2 ถึงจำนวนค่าเฉลี่ยที่ต้องการเปรียบเทียบแล้วคูณค่าของ SSR ด้วย $S_{\bar{x}}$ เพื่อให้ได้ค่า least significant ranges (LSR) ดังตารางข้างล่าง

ค่า p	2	3
SSR		
LSR = SSR($S_{\bar{x}}$)		

2. ลำดับค่าเฉลี่ย โดยเรียงค่าเฉลี่ยจากต่ำไปหาสูง เพื่อความสะดวกในการนับระยะการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าว่าห่างกันเท่าไร คือ จากค่าเฉลี่ยหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกค่าเฉลี่ยหนึ่งมีจำนวนค่าเฉลี่ยกี่ค่า จำนวนนั้นคือ p

Treatment	
$\bar{x}$	
ลำดับ	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การเปรียบเทียบ ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง ให้เริ่มจากค่าสูงสุดกับต่ำสุดกับรองต่ำสุดและถัดไปเรื่อย ๆ จนถึงกับรองสูงสุด แล้วเปรียบเทียบรองสูงสุดกับต่ำสุดกับรองต่ำสุดเรื่อย ๆ ไป ความแตกต่างนั้นเรียกว่ามีนัยสำคัญ (significant) ถ้าสูงกว่าค่า LSR ที่เปรียบเทียบยกเว้นกรณีที่ค่าเฉลี่ยในระยะห่างกว่าซึ่งรวมความแตกต่างนั้นไว้จะพิสูจน์ออกมาว่าไม่มีนัยสำคัญ (non-significant) ก่อน เช่น ถ้าเฉลี่ยที่ 1 กับ 4 ไม่แตกต่างกัน ก็ถือว่าความแตกต่างระหว่างเฉลี่ยที่อยู่ระหว่าง 1 กับ 4 อาทิ 2 กับ 3 ไม่มีนัยสำคัญด้วย

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงผลของการใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมพาสเจอไรส์ในระดับ 0, 30, 40 และ 50 % ที่มีต่อความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเป็นดังนี้

การทดลองซ้ำที่	คะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านความนุ่มของผิวนอกของคัสตาร์ด					ผลรวม
	น้ำนมคืนรูป 100 %	น้ำนมพาสเจอไรส์ 100 %	น้ำนมถั่วเหลือง 30 %	น้ำนมถั่วเหลือง 40 %	น้ำนมถั่วเหลือง 50 %	
1	6.40	6.30	6.05	5.10	5.00	
2	6.50	6.40	6.25	5.05	4.90	
3	6.25	6.20	6.00	5.00	4.80	
ผลรวม	19.15	18.90	18.30	15.15	14.70	86.20
ค่าเฉลี่ย	6.38	6.30	6.10	5.05	4.90	

วิธีคำนวณ

1. Correction term $= \frac{(86.20)^2}{15} = 495.36$

2. Total SS $= (6.40^2 + 6.50^2 + 6.25^2 + \ldots\ldots\ldots + 4.80^2) - CT$

$= 501.59 - 495.36$

$= 6.23$

3. Treatment SS $= \frac{19.15^2 + 18.90^2 + 18.30^2 + 15.15^2 + 14.70^2}{3} - CT$

$= 501.48 - 495.36$

$= 6.12$

4. Error $= 6.23 - 6.12$

$= 0.11$

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความชอบของความนุ่มของผิวนอกเฉลี่ย โดยศึกษาผลของการใช้น้ำนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมพาสเจอไรส์ในระดับ 0, 30, 40 และ 50 % ที่มีต่อความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์

SOV	df	SS	MS	$Fcal_c$	F table
Treatment	4	6.12	1.53	153*	3.48
Error	10	0.11	0.01		
Total	14	6.23	0.45		

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เมื่อทราบผลการตรวจสอบ hypothesis แล้ว พบว่า ความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % นำมาคำนวณต่อว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ใดที่แตกต่างกัน ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณ

1. คำนวณค่าของ

$S\bar{x} = \sqrt{(\text{error mean square})/_r}$

$= \sqrt{0.01/_3}$

$= 0.06$

โดยมีความคลาดเคลื่อน df = 10 เปิดค่า significant studentized ranges (SSR) สำหรับค่า 5 เปอร์เซ็นต์ในตารางที่ ข-2 ดูตรงกับค่าของ p ตั้งแต่ 2 - 5 แล้วคูณค่าของ SSR ด้วย Sx เพื่อให้ได้ค่า least significant ranges (LSR) ดังตารางข้างล่างนี้

ค่า p	2	3	4	5
SSR	3.15	3.30	3.37	3.43
LSR =SSR ($S_{\bar{x}}$)	0.19	0.20	0.20	0.21

2. ลำดับค่าเฉลี่ย โดยเรียงค่าเฉลี่ยจากต่ำไปสูง เพื่อความสะดวกในการนับระยะการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าว่าห่างกันเท่าไร คือ จากค่าเฉลี่ยหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกค่าเฉลี่ยหนึ่งมีจำนวนค่าเฉลี่ยกี่ค่า จำนวนนั้นคือ p จะได้ลำดับดังนี้

Treatment	น้ำนมถั่วเหลือง 50 %	น้ำนมถั่วเหลือง 40 %	น้ำนมถั่วเหลือง 30 %	น้ำนมพาสเจอไรส์ 100 %	น้ำนมคืนรูป 100 %
x	4.90	5.05	6.10	6.30	6.38
ลำดับ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

3. การเปรียบเทียบ

6.38 - 4.90 = 1.48 > 0.21 ; มีนัยสำคัญ
(5) (1)

6.38 - 5.05 = 1.33 > 0.20 ; มีนัยสำคัญ
(5) (2)

6.38 - 6.10 = 0.28 > 0.20 ; มีนัยสำคัญ
(5) (3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.38	-	6.30	=	0.08	<	0.19	;	ไม่มีนัยสำคัญ
(5)		(4)						
6.30	-	4.90	=	1.40	>	0.20	;	มีนัยสำคัญ
(4)		(1)						
6.30	-	5.05	=	1.25	>	0.20	;	มีนัยสำคัญ
(4)		(2)						
6.30	-	6.10	=	0.2	>	0.19	;	มีนัยสำคัญ
(4)		(3)						
6.10	-	4.90	=	1,20	>	0.20	;	มีนัยสำคัญ
(3)		(1)						
6.10	-	5.05	=	1.05	>	0.19	;	มีนัยสำคัญ
(3)		(2)						
5.05	-	4.90	=	0.15	<	0.19	;	ไม่มีนัยสำคัญ
(2)		(1)						

สรุปผลการเปรียบเทียบโดยย่อดังนี้

6.38 6.30 > 6.10 > 5.05 4.90

ค่าเฉลี่ยซึ่งไม่ได้ยึดเส้นติดต่อกันโดยเส้นเดียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าเฉลี่ยที่ยึดเส้นโยงต่อกันแล้วแสดงว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ

ในการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมที่มีต่อคุณภาพตัสตารัดยนิดอบนั้น นอกจากการให้ผู้ทดสอบ แสดงระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ แล้ว ยังได้ให้ผู้ทดสอบจัดเรียงลำดับความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์ (ranking) ได้นำผลการจัดเรียงลำดับความนุ่มของผิวนอกนี้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะกล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ผลการจัดเรียงลำดับความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์

Ranks

Panelist	ปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมศัลตาร์ด (เปอร์เซ็นต์)		
	7.9	10.0	15.8
P_1	3	1	2
P_2	3	2	1
P_3	3	2	1
P_4	3	2	1
P_5	3	2	1
P_6	3	2	1
P_7	3	2	1
P_8	2	3	1
P_9	3	1	2
P_{10}	3	1	2

P = Panelist

1 = นุ่มที่สุด

2 = นุ่มรองลงมา

3 = นุ่มน้อยที่สุด

เพื่อที่จะวิเคราะห์ผลเหล่านี้ จะต้องเปลี่ยนผลการจัดเรียงลำดับนี้อยู่ในรูปของ score ตามตารางที่ ฆ-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นตัวอย่างที่ถูกจัดเรียงลำดับก่อนใน 3 ตัวอย่าง จะมีค่า = 0.85

" " ตรงกลางใน 3 ตัวอย่าง จะมีค่า = 0

" " สุดท้าย จะมีค่า = -0.85

Score

Panelist	ปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมคัสตาร์ด (เปอร์เซ็นต์)			Total
	7.9	10	15.8	
P_1	-0.85	0.85	0	0
P_2	-0.85	0	0.85	0
P_3	-0.85	0	0.85	0
P_4	-0.85	0	0.85	0
P_5	-0.85	0	0.85	0
P_6	-0.85	0	0.85	0
P_7	-0.85	0	0.85	0
P_8	0	-0.85	0.85	0
P_9	-0.85	0.85	0	0
P_{10}	-0.85	0.85	0	0
Total	-7.65	1.70	5.95	

วิธีคำนวณ

1. Correction Term = 0

2. Treatment SS = $\frac{(-7.65)^2 + (1.70)^2 + (5.95)^2}{10} - CT$

= 9.68 - 0

= 9.68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. Panelist SS = $0/_3$ = 0

4. Total SS = 14.45 - 0 = 14.45

SOV	df	SS	MS	Fcalc	F table
Treatment	2	9.68	4.84	26.89*	3.35
Panelist		0	0		
Error	27	4.77	0.18		
Total	29	14.45			

เมื่อทราบผลการตรวจสอบ hypothesis แล้ว พบว่า ความนุ่มของผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % นำมาคำนวณต่อว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ใดที่แตกต่างกัน โดยวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า คัสตาร์ดที่ผลิตขึ้นจะมีความนุ่มตามลำดับของปริมาณน้ำตาลที่ใช้คือ 15.8 % นุ่มที่สุด 10 % และ 7.9 % นุ่มรองลงมาตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 1 The Distribution of F for 5% level (46)

Variance Ratio – 5 Percent Points for Distribution of F
n_1 – Degrees of freedom for numerator
n_2 – Degrees of freedom for denominator

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	238.9	243.9	249.0	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.45	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.64	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.77	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.53	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.84	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.41	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.12	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.90	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.74	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.61	2.40
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.50	2.30
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.77	2.60	2.42	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.53	2.35	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.64	2.48	2.29	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.42	2.24	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.55	2.38	2.19	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.34	2.15	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.11	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.23	2.10	1.90	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.18	2.00	1.79	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.10	1.92	1.70	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.02	1.83	1.61	1.25
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.52	1.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 2 Significant Studentized Ranges for 5% Level New Multiple-Range Test (46)

n \ p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	50	100
1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
2	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
3	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
4	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
5	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
6	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
7	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
8	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
9	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
10	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48	3.48	3.48
11	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
12	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
13	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
14	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
15	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
16	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
17	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
18	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
19	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
20	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47
22	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
24	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
26	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
28	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
30	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
40	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
60	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47	3.48	3.48
100	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47	3.53	3.53
∞	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47	3.61	3.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 3. Scores for Ranked Data (46)

The mean deviations of the 1st, 2nd, 3rd . . . largest members of samples of different sizes: zero and negative values omitted.

Ordinal number	Size of Sample									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	.56	.85	1.03	1.16	1.27	1.35	1.42	1.49	1.54
2			.30	.50	.64	.76	.85	.93	1.00
3					.20	.35	.47	.57	.66
4							.15	.27	.38
5									.12
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1.59	1.63	1.67	1.70	1.74	1.76	1.79	1.82	1.84	1.87
2	1.06	1.12	1.16	1.21	1.25	1.28	1.32	1.35	1.38	1.41
3	.73	.79	.85	.90	.95	.99	1.03	1.07	1.10	1.13
4	.46	.54	.60	.66	.71	.76	.81	.85	.89	.92
5	.22	.31	.39	.46	.52	.57	.62	.67	.71	.75
6		.10	.19	.27	.34	.39	.45	.50	.55	.59
7				.09	.17	.23	.30	.35	.40	.45
8						.08	.15	.21	.26	.31
9								.07	.13	.19
10										.06
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.89	1.91	1.93	1.95	1.97	1.98	2.00	2.01	2.03	2.04
2	1.43	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62
3	1.16	1.19	1.21	1.24	1.26	1.29	1.31	1.33	1.35	1.36
4	.95	.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.18
5	.78	.82	.85	.88	.91	.93	.96	.98	1.00	1.03
6	.63	.67	.70	.73	.76	.79	.82	.85	.87	.9
7	.49	.53	.57	.60	.64	.67	.70	.73	.75	.78
8	.36	.41	.45	.48	.52	.55	.58	.61	.64	.67
9	.24	.29	.33	.37	.41	.44	.48	.51	.54	.57
10	.12	.17	.22	.26	.30	.34	.38	.41	.44	.47
11		.06	.11	.16	.20	.24	.28	.32	.35	.38
12				.05	.10	.14	.19	.22	.26	.29
13						.05	.09	.13	.17	.21
14								.04	.09	.12
15										.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาววันดี รัตนคงเนตร
วัน เดือน ปีเกิด	1 มกราคม 2499
การศึกษา	2522 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยมหิดล
การทำงาน	2522 - 2524 บริษัท ไทยเพรสซิเดนท์ฟู้ด จำกัด ฝ่ายควบคุมคุณภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย