เอกสารอ้างอิง

1. กองแบบแผนและโครงการพิเศษ. "สถิติการปลูกพืชไร่และพืชผัก." กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 2523.

2. มาโนช ทองเจียม. "มันฝรั่ง." วิทยาสาร. กองพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร, ปีที่ 3, เล่มที่ 3, มิถุนายน, 2522.

3. พิษณุวัฒน์ ทวีวัฒน์ และคณะ. "รายงานการศึกษาเรื่องภาวะการผลิต การค้าและการขนส่งมันฝรั่งในประเทศไทย." โครงการปรับปรุงคุณภาพของมันฝรั่งหลังฤดูเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2522.

4. สายสนม ประดิษฐ์ดวง. "การศึกษาหาพันธุ์มันฝรั่งที่เหมาะสมในการทำมันฝรั่งทอดเพื่ออุตสาหกรรมในประเทศไทย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2515.

5. สมศรี จันทวานิช. "การผลิตชิ้นมันฝรั่งทอดแช่แข็งจากมันฝรั่งที่ปลูกได้ภายในประเทศ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (เคมีเทคนิค), บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

6. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. "เรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดย่อม : อุตสาหกรรมวุ้นเส้น." กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2528.

7. เจ้าหน้าที่กองควบคุมพืชเสพติด. "การศึกษาเรื่องมันฝรั่ง." สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, กรุงเทพฯ, 2524.

8. กรมการค้าภายใน. "การศึกษากลไกการตลาดของมันฝรั่ง." กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ, 2527.

9. ภัททนันท์ วุฒิการณ์ และคณะ. "สภาพการผลิตและเศรษฐกิจของมันฝรั่งในจังหวัดเชียงใหม่." โครงการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2526.

10. Smith, O, and Davis, Carl O. Potatoes: Production, Storing, Processing. pp. 32-93, AVI Westport, Connecticut, 1968.

11. Brautlectit, C.A. Starch: Its Sources, Production and Uses. pp. 35-57, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1953.

12. Willard, M. Potato Flour, Potato Processing. pp. 463-468. AVI Westport, Connecticut, 1967.

13. Radley, J.A. Starch Production Technology. pp. 135-150. Applied Science Publishers Ltd., London, 1976.

14. Ken Suzuki. Starch and Dextrose. pp. 12-15. Japan External Trade Organization, Tokyo, 1980.

15. Arsdel, W.B., Copley, M.J. Food Dehydration. Vol II pp. 83-135. AVI Westport, Connecticut, 1964.

16. Roy, L.W. Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol IV pp. 10-13. Academic Press, New York, 1964.

17. Swinkels, J.J.M. Differences between Commercial Native Starches. AVEBE b.a., International Marketing and Sales, Foxhol, 1983.

18. Peat, S. The Biological Function of Starch in Starches and Its Derivatives, 3rd. ed. (revised), Vol I, John Wiley & Son, New York, 1954.

19. Spalding, S.J. "Native Starches." International Flavors and Food Additives. 10(1), (1979): 23-24.

20. Mc Cready, R., and Hassaid, W. Separation and Quantitative Estimation of Amylose and Amylopectin in Potato Starch." J. Am. Chem. Soc.65 (1947): 1154-1157.

21. Stepanenko, B.N., and Atanaseva, E.M. "Structure of Amylose of Potato Tubers." Doklady Akad. Nauk S.S. S.R. 86 (1952): 789-792.

22. Erlander, S.R. "The Production of Amylose and Amylopectin in Corn Endosperms and in Potato Tubers." Cereal Chem, 37(1960): 81-93.

23. ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 117-147, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.

24. Brown, S.A., French, D. "Specific Adsorption of Starch Oligosaccharides in The Gel Phase of Starch Granules." Carbohydrate Res. 59(1979): 203.

25. ธนิตย์ เลิศวนารินทร์. "การศึกษาการทำวุ้นเส้นเบื้องต้นจากแป้งถั่วเขียว." ปัญหาพิเศษ (วิทยาศาสตร์การอาหาร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

26. Lii. C.Y., Chang, S.M. "Characterization of Red Bean Starch and Its Noodle Quality." J.Food Sci. 46(1), (1981): 78-81.

27. Naiyikol, O., Appolonia, B.L. "Comparison of Legume and Wheat Flours Carbohydrate I.Sugar Analysis." Cereal Chem. 55(16), (1978): 913-918.

28. Schoch, T.J., Maywald, E.C. WPreparation and Properties of Various Legume Starches." Cereal Chem. 45(11), (1968): 564-573.

29. ระเบียบ ภูมิรัตน์. "รายงานโครงการถนอมอาหารระยะที่ 2 พ.ศ. 2512." ฉบับที่ 3, กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, กรมวิทยาศาสตร์, 2513.

30. พรดี ชนะนิธิธรรม และ รุ้งระวี กิริยาพงศ์. "การทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้แป้งมันสำปะหลังในการทำวุ้นเส้น." โครงการวิจัยปริญญาบัณฑิต (เคมีเทคนิค), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

31. วิเชียร วรพุทธพร. "ศึกษาการทำวุ้นเส้นและซ่าหริ่มจากแป้งถั่วมะแฮะพันธุ์ต่าง ๆ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525.

32. สมชาย ประภาวัติ. "การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว." สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523.

33. Von Loesecke, H.W. Drying and Dehydration of Foods. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1955.

34. AOAC. Official Method of Analysis 13th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington D.C., 1980.

35. Williams, P.C.; Kuzira, F.D. and Hlynka, I. "A Rapid Procedure for Estimating the Amylose Content of Starches or Flours." Cereal Chem. 47(4), (1970): 410-420.

36. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. "Wheat Starches. I. Comparison of Physicochemical Properties." Cereal Chem. 42(6), (1965): 558-568.

37. Mazurs. E.G.; Schoch, T.J. and Kite, F.E. "Graphical Analysis of The Brabender Viscosity Curves of Various Starch." Cereal Chem. 34 (1957) : 141-152.

38. Cochran, W.G. and Cox G.M. Experimental Designs. John Wieley amd Sons, New York, 1957.

39. จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. ไทยวัฒนาพานิช, 2523.

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์จะทำซ้ำ 2 ตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ย

ก.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)

1.1 ประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง collax moisture meter เข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 13

1.2 วางเหรียญน้ำหนัก 10 กรัม ลงบนจาน ปรับสกรูทางตอนล่างด้านซ้ายจนกระทั่งเข็มกระดิกอยู่ที่ตำแหน่ง 0

1.3 นำเอาเหรียญออก ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในจาน

1.4 ใช้คีมคีบจานวางลงบนแท่นใต้ดวงไฟขนาด 250 วัตต์ (ดวงไฟอยู่ห่างจากแท่น 9 เซนติเมตร)

1.5 จับเวลา 20 นาที

1.6 ใช้คีมคีบจานวางลงบนขาตั้งเดิม อ่านค่าร้อยละของความชื้นบนสเกล

ในกรณีเข็มตกสเกลจะเติมเหรียญเล็ก 1 หรือ 2 เหรียญ ซึ่งเทียบได้เท่ากับ30และ 60เปอร์เซนต์ตามลำดับ รวมเข้ากับสเกลที่อ่านได้ เป็นค่าเปอร์เซนต์ของความชื้นทั้งหมด

ก.2 ปริมาณโปรตีน Kjeldahl method A.O.A.C. 1980-2.062

2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5-1.6 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ใน Kjeldahl flask

2.2 เติม K_2SO_4 1.5 กรัม $CuSO_4$ 0.6 กรัม

2.3 เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 25 มิลลิลิตร

2.4 นำไปย่อยบนเตาไฟจนได้ของเหลวใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.5 เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2.6 แบ่งตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ใน flask

2.7 เตรียมกรดบอริกเข้มข้น 4เปอร์เซนต์ จำนวน20มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นตัวจับแอมโมเนียที่จะกลั่นได้จากตัวอย่าง หยด methyl red-methylene blue 2-3 หยด เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์

2.8 นำตัวอย่างที่ย่อยและแบ่งไว้ 50 มิลลิลิตรมาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50เปอร์เซนต์ จำนวน20มิลลิลิตร แล้วนำมากลั่นด้วยไอน้ำ

2.9 นำสารละลายที่กลั่นได้ในกรดบอริกมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟุริคที่มีความเข้มข้น 0.05 โมล/ลิตร จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูม่วง

2.10 ใช้ $(NH_4)_2SO_4$ แทนตัวอย่าง ทำการทดลองแบบเดียวกัน เพื่อหา% recovery

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{(Ax5) \times (Nx2) \times 14 \times R \times 100}{S}$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริคที่ใช้กับสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริคในหน่วยของ โมล/ลิตร

R = % recovery เมื่อใช้ $(NH_4)_2SO_4$ เป็นสารตัวอย่าง

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

% โปรตีน = % ไนโตรเจน x f

f = factor กรณีมันฝรั่ง = 6.25

ก.3 ปริมาณไขมัน (Soxhlet method) A.O.A.C. 1980-7.056

3.1 ชั่งตัวอย่างที่แห้ง 2-5 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ห่อด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปใส่ใน thimble ใน extraction tube ของ Soxhlet apparatus

3.2 ใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3.3 นำไป reflux บน heating mantle ใช้อุณหภูมิปานกลาง โดยให้อัตราการกลั่นตัวของปิโตรเลียมอีเทอร์ 2-3 หยดต่อวินาที ใช้เวลาในการ reflux 10 ชั่วโมง

3.4 ระเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากขวดก้นกลมที่สกัดไขมัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 30 นาที

3.5 ทำให้เย็นในเดสซีเคเตอร์

3.6 ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม

การคำนวณ

$$\% \text{ น้ำมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักของขวดก้นกลม} + \text{น้ำมัน}) - \text{น้ำหนักของขวดก้นกลม}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ก.4 ปริมาณเถ้า A.O.A.C. 1980 - 14.006

4.1 นำครูซีเบิล (crucible)ไปเผาที่อุณหภูมิ 550°ซ จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ใน crucible

4.3 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°ซ

4.4 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550°ซ จนได้น้ำหนักคงที่

4.5 นำมาทำให้เย็นในเดสซีเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักครูซิเบิล} + \text{เถ้า}) - \text{น้ำหนักครูซิเบิล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ก.5 ปริมาณเส้นใย A.O.A.C. 1980 - 7.065

5.1 ชั่งตัวอย่าง (น้ำหนักแห้ง) ที่สกัดไขมันออกแล้ว (ยกเว้นกรณีที่ fat น้อยกว่า 1%) 2 กรัม ใส่ในบีคเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

5.2 เติมกรดซัลฟุริคที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ลงไป 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

5.3 ต้มให้เดือด 30 นาที ขณะต้มหมุนบีคเกอร์เป็นครั้งคราวเพื่อไม่ให้มีส่วนของแข็งติดที่ด้านข้างของบีคเกอร์

5.4 นำมากรองใน buchner funnel ผ่านกระดาษกรอง โดยใช้ suction pump ช่วยล้างบีคเกอร์ด้วยน้ำร้อนจำนวน 50-70 มิลลิลิตร และเทลงผ่านกระดาษกรอง

5.5 ใช้น้ำจำนวน 50 มิลลิลิตร ล้างซ้ำอีก 3 ครั้ง

5.6 นำกากที่ได้ใส่ในบีคเกอร์

5.7 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

5.8 นำไปต้มให้เดือด 30 นาที

5.9 นำมากรองผ่านแอสเบสตอส (asbestos) ใน gooch crucible

5.10 ล้างด้วยกรดซัลฟุริคที่มีความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์ จำนวน 25 มิลลิลิตร ล้างตามด้วยน้ำกลั่นที่เดือดจำนวน 50 มิลลิลิตร และแอลกอฮอล์จำนวน 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5.11 นำครูซิเบิล ไปอบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสซีเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

5.12 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 $\pm$ 15 °ซ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในเดสซีเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

การคำนวณ

$$\% \text{ เส้นใย (dry basis)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปในระหว่างการเผาผลาญครูซิเบิล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ก.6 การหาปริมาณแป้ง (starch content) (34)

การเตรียม Fehling A

1. ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต 34.639 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร

2. เก็บสารละลายในข้อ 1 เป็นเวลา 1-2 วัน แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง

การเตรียม Fehling B

1. ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาร์เทต 173 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ละลายสารทั้งสองในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

2. เก็บสารละลายในข้อ 1 เป็นเวลา 1-2 วัน แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง

6.1 ชั่งตัวอย่างมันฝรั่ง 2 กรัม (น้ำหนักแห้ง)

6.2 นำไปย่อยโดยเติมกรดเกลือ (เข้มข้น 37 เปอร์เซนต์) 10 มิลลิลิตรและน้ำ 20 มิลลิลิตร

6.3 ต้มโดย reflux เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็น

6.4 นำมาทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 250 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

6.5 กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman NO. 1 เอาสารละลายนี้ใส่ในบุเรต

6.6 เตรียม Fehling's solution โดยปิเปต Fehling A และ B อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดชมพู่ ตั้งบนเตาให้เดือดแล้วติเตรทกับสารละลายในข้อ 6.5 แล้วต้มให้เดือดจนใกล้ถึง end point ซึ่งสารละลายที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง

6.7 หยดเมทิลีน บลู 2-3 หยด แล้วรอจนสารละลายเดือด จึงเติมสารละลายในข้อ 6.5 ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสีของเมทิลีน บลู จางหายไป และเกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง

การหาแฟคเตอร์ของสารละลายมาตรฐาน Fehling's solution

1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

2. ติเตรทกับ Fehling's solution เช่นเดียวกับข้อ 6.6 และ 6.7

การคำนวณ

แฟคเตอร์ของสารละลายมาตรฐาน Fehling's solution

$$F = \frac{\text{น้ำหนักกลูโคส (กรัม) x titer (มิลลิลิตร)}}{250}$$

$$\text{starch content (\%)} = \frac{F \times 250 \times 100 \times 0.9}{X \times Y}$$

เมื่อ F = Factor of Fehling's solution

X = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการติเตรท

Y = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ก.7 การตรวจสภาพเม็ดแป้งด้วยกล้อง SEM (scanning electronmicroscope)

7.1 นำแป้งที่แห้งเกลี่ยบนที่รองรับตัวอย่างให้บางที่สุดและกระจายอย่างทั่วถึง

7.2 นำมาเคลือบผงถ่านด้วยเครื่อง Hitachi Hus-5 ที่ระดับกระแส 30 มิลลิแอมแปร์ นาน 50-60 นาที และเคลือบด้วย Ion Coater IB-2 ที่ระดับกระแส 6-8 มิลลิแอมแปร์ นาน 40-60 วินาที

7.3 นำตัวอย่างที่เตรียมในข้อ 7.2 ใส่ในคอลัมน์บรรจุเข้าเครื่องใช้กำลังไฟฟ้า 3-15 กิโลโวลท์

7.4 ภาพที่ปรากฏเป็นภาพ 3 มิติ

ก.8 การตรวจสภาพเม็ดแป้งด้วยกล้อง DIC (differential interference contrast)

8.1 นำแป้งแห้งผสมกับน้ำให้มีความเจือจางมากที่สุด

8.2 หยดของผสมในข้อ 8.1 ลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาดและปิดด้วย cover glass และนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ DIC บันทึกภาพด้วยกล่องถ่ายภาพแบบธรรมดา ซึ่งติดอยู่ที่กล้องนั้น

ก.9 <u>การหาปริมาณอะไมโลสในแป้ง</u> (starch) (35)

9.1 ชั่งน้ำหนักแป้ง 20 มิลลิกรัม และเติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งแป้งกระจายเข้ากันดี เติมน้ำจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

9.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 9.1 10 มิลลิลิตร เติมกรดเกลือ 0.1 นอร์มัล 5 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

9.3 ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดซึมแสง (absorbance) ที่ความยาวช่วงคลื่น 625 นาโนเมตร

9.4 นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณ อะไมโลสจากสูตร

$$y = 85.24\ x - 13.19$$

เมื่อ y = ปริมาณ อะไมโลส (%)

x = ค่าการดูดซึมแสงที่ 625 นาโนเมตร

ก.10 <u>ความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ</u> (water binding capacity) (36)

10.1 นำกระดาษกรอง Whatman No. 3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร แช่ในน้ำกลั่น 1 นาที แล้วนำเข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 30 นาที

10.2 นำกระดาษกรองในข้อ 1 ไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าที่ได้ (x)

10.3 ชั่งตัวอย่างแป้ง 3 กรัม (น้ำหนักแห้ง) (y) เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

10.4 นำของผสมแป้งกับน้ำในข้อ 3 กรองผ่านกระดาษกรองที่เตรียมไว้ในข้อ 10.2

10.5 นำแป้งและกระดาษกรองในข้อ 10.4 เข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา 30 นาที (Z)

10.6 นำแป้งและกระดาษจากข้อ 10.5 ไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าที่ได้

การคำนวณ

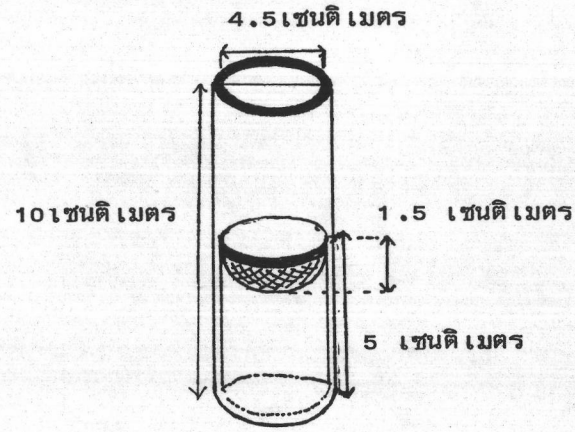
$$\text{ความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำ (\%)} = \frac{z-x-y}{y} \times 100$$

เมื่อ x = น้ำหนักกระดาษกรองหลังจากเข้าเครื่องเหวี่ยง

y = น้ำหนักแป้ง

z = น้ำหนักกระดาษกรองกับแป้งหลังจากเข้าเครื่องเหวี่ยง

หมายเหตุ หลอดทดลองและส่วนที่สร้างขึ้นมาสำหรับใช้วางกระดาษกรองในหลอดทดลองก่อนเข้าเครื่องเหวี่ยงมีรายละเอียดดังนี้



ก.11 การวัดอุณหภูมิแป้งสุกและความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Brabender Amylograph (37)

11.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้ง 25 กรัม (น้ำหนักแห้ง) เติมน้ำกลั่นในแป้งจนมีปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

11.2 นำของผสมแป้งกับน้ำใส่ในภาชนะบรรจุที่สะอาดของเครื่อง Brabender -Amylograph

11.3 ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 30 °ซ ระหว่างเดินเครื่องภาชนะบรรจุจะหมุนอยู่ตลอดเวลาเพื่อทำให้เกิดแรงกวนต่อของผสมระหว่างแป้งกับน้ำจะเพิ่มอุณหภูมิระหว่างนี้ 1.5 °ซ ต่อนาที จนกระทั่งถึง 95 °ซ บันทึกค่าความหนืดที่จุดนี้

11.4 ปล่อยให้ของผสมได้รับความร้อนคงที่ที่ 95 °ซ เป็นเวลา 20 นาที บันทึกค่าความหนืดที่จุดนี้

11.5 ปรับเครื่องให้ลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5 °ซ ต่อนาที โดยเปิดท่อน้ำเย็นไหลวนใน cooling element ที่จุ่มในภาชนะซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของผสมมีอุณหภูมิลดลงถึง 50 °ซ บันทึกค่าความหนืดที่จุดนี้

ค่าความหนืดที่ปรากฏบนเส้นกราฟจากเครื่อง Brabender Amylograph นั้น ถ้าเส้นกราฟแสดงความหนืดขึ้นสูงจนสุดสเกล ก็จะถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนัก 125 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับความหนืด 500 BU. และหากความหนืดยังคงมากขึ้นจนเส้นกราฟสุดสเกลอีกก็จะถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนักเพิ่มอีก 125 กรัม การอ่านค่าความหนืดหลังจากนี้ให้อ่านที่จุดที่ต้องการบันทึกค่าความหนืดและบวกอีก 1000 BU.(เท่ากับตุ้มน้ำหนักที่ถ่วงไว้ 2 ตุ้ม คือ 250 กรัม) จากผลการทดลองรูปที่ 29 ค่าความหนืดที่จุด ก. เท่ากับ 1430 BU. เมื่อทำการทดลองต่อถ้าเส้นกราฟแสดงความหนืดลงลงมากจนตกสเกลให้เอาตุ้มน้ำหนักที่ถ่วงไว้ในครั้งแรกออกครั้งละ 1 ตุ้ม จนเส้นกราฟอยู่ในสเกล ซึ่งความหนืดที่อ่านหลังจากนี้ให้หักลบตามค่าตุ้มน้ำหนักที่เอาออก จากรูปที่ 29 ความหนืดที่จุด ข. จะเท่ากับ 920 BU. (1420-500) เป็นต้น

ภาคผนวก ข

ภาชนะบรรจุพลาสติก eval film ประกอบด้วย 4 ชั้น คือ

1. polyester
2. ethylene vinyl alcohol
3. polyethylene
4. ethylene vinyl acetate

ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของพลาสติกได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่าง ๆ (Taipack, Co., Ltd)

Property \ Type of plastic	Unit	Eval film (EF)	Oriented Polypropylene (OPP)	Polyester (PET)	Polypropylene (CP)	Low density Polyethylene LDPE	High density Polyethylene (HDPE)	Polyvinylidene chloride (PVDC)
Thickness	μ	15	20	12	20	30	20	30
Moisture Permeability	g/m^2. 24 hrs. 30 μ	50	5.0	22.1	12.5	16.3	7.9	10.9
Moisture absorption	%	3.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Oxygen permeability coefficient	**	0.02	77	2.4	137	270	249	1-5
Oil resistance	hr	∞	44	∞	35	20	40	>200
Melting point	°c	180	175	260	120	105-115	137	150-160

** $cc.cm/cm^2$. sec. cm Hg x 10^{12}

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะวุ้นเส้น

ชื่อผู้ทดสอบ _____ เพศ____ อายุ _____

โปรดพิจารณาลักษณะตัวอย่างที่ให้มาแล้วให้คะแนนตามรายละเอียดที่แจ้งไว้

1. ลักษณะสี

	คะแนน
ใสเป็นเงามันสม่ำเสมอ	4
ใสสม่ำเสมอ แต่ไม่เป็นเงามัน	3
ขุ่นและไม่เป็นเงามัน	2
ขุ่นมีสีคล้ำ และไม่เป็นเงามัน	1

ตัวอย่างเลขที่	คะแนน

ความเห็นเกี่ยวกับสีในด้านการยอมรับ

โปรดขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

ตัวอย่างเลขที่					
ชอบมากที่สุด	9				
ชอบมาก	8				
ชอบปานกลาง	7				
ชอบเล็กน้อย	6				
เฉย ๆ	5				
ไม่ชอบเล็กน้อย	4				
ไม่ชอบปานกลาง	3				
ไม่ชอบมาก	2				
ไม่ชอบมากที่สุด	1				

2. ลักษณะเส้น

	คะแนน
เส้นเหนียว มีความยืดหยุ่นดีมากและไม่เกาะติดกัน	4
เส้นเหนียว มีความยืดหยุ่นดี และมีการเกาะติดกันระหว่างเส้นบ้าง	3
เส้นเหนียว มีความยืดหยุ่นพอใช้ และมีการเกาะติดกันระหว่างเส้นมาก	2
เส้นไม่เหนียว และเปื่อยยุ่ย	1

ตัวอย่างเลขที่	คะแนน

ความเห็นเกี่ยวกับลักษณะเส้นในด้านการยอมรับ

โปรดขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตัวอย่างเลขที่				
ชอบมากที่สุด 9				
ชอบมาก 8				
ชอบปานกลาง 7				
ชอบเล็กน้อย 6				
เฉย ๆ 5				
ไม่ชอบเล็กน้อย 4				
ไม่ชอบปานกลาง 3				
ไม่ชอบมาก 2				
ไม่ชอบมากที่สุด 1				

3. กลิ่นรส

	คะแนน
มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของวุ้นเส้นตามกรรมวิธีการผลิต	4
มีกลิ่นรสต่าง ๆ ไปจากธรรมชาติของวุ้นเส้นเพียงเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ	3
มีกลิ่นรสอันเกิดจากปฏิกริยาการหมักเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ	2
มีกลิ่นอับ รสเปรี้ยวหรือมีกลิ่นของกำมะถัน หรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์อื่น ๆ	1

ตัวอย่าง เลขที่	คะแนน

ความเห็นเกี่ยวกับกลิ่นรสในด้านการยอมรับ

โปรดขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตัวอย่าง เลขที่				
ชอบมากที่สุด 9				
ชอบมาก 8				
ชอบปานกลาง 7				
ชอบ เล็กน้อย 6				
เฉย ๆ 5				
ไม่ชอบ เล็กน้อย 4				
ไม่ชอบปานกลาง 3				
ไม่ชอบมาก 2				
ไม่ชอบมากที่สุด 1				

โปรดขีด เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิด เห็นของท่านมากที่สุดในการพิจารณา เรื่องความ เหนียวของตัวอย่างทั้ง 3

ทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกัน	ความ เหนียว เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง			ทั้ง 3 ตัวอย่าง ความ เหนียว แตกต่างกัน

จงเรียงลำดับความ เหนียวของผลิตภัณฑ์จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

_____ _____ _____

ภาคผนวก ฆ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณและในตาราง ANOVA มีดังนี้คือ

1.	CT	=	Correction Term
2.	SOV	=	Source of variation
3.	df	=	Degree of freedom
4.	SS	=	Sum of square
5.	MS	=	Mean square
6.	ns	=	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
7.	*	=	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ฆ.1 แผนการทดลองแบบ asymmetrical factorial experiment with complete block (38, 39) สภาพการทดลอง 2x 2x 3 = 12 สภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในมันฝรั่งสด หลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 10°ซ เป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน รายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 1

ฆ.1.1 วิธีการคำนวณ

1. Correction Term = $(315.12)^2/24$

= 4137.5255

2. Total SS = $(14.85^2+\ldots+11.31^2)$ - CT

= 4205.1136 - 4137.5255

= 67.5881

3. Treatment SS = $(29.95^2+\ldots+22.51^2)/2$ - CT

= 4204.7210^2 - 4137.5255

= 67.1955

4. Replicates SS = $(156.34^2+158.78^2)/12$ - CT

= 4137.7736 - 4137.5255

= 0.2481

5. Error = 67.5881 - (67.1955+ 0.2481)

= 0.1475

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณแป้งในมันฝรั่งสดหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บไว้ที่ 10 °ซ เป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน

มันฝรั่ง		ระยะเวลา (เดือน)	ปริมาณแป้ง (%)		ผลรวม
พันธุ์	ขนาด (กรัม/ลูก)		จำนวนซ้ำที่		
			1	2	
เคนนีเบค	90 - 140	0	14.85	15.10	29.95
		1	14.40	14.70	29.10
		2	14.33	14.60	28.93
	141 - 250	0	15.00	15.26	30.26
		1	14.74	15.11	29.85
		2	14.55	14.81	29.36
สปุนต้า	90 - 140	0	11.45	11.89	23.34
		1	11.39	11.50	22.89
		2	11.10	11.23	22.33
	141 - 250	0	11.89	11.70	23.59
		1	11.44	11.57	23.01
		2	11.20	11.31	22.51
ผลรวม			156.34	158.78	315.12

6. จากตารางที่ 1 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 2 ดังนี้

$$87.98 = 29.95 + 29.10 + 78.93$$

ตารางที่ 2 พิจารณาเฉพาะพันธุ์และขนาดของมันฝรั่ง

ขนาดของมันฝรั่ง (กรัม/ลูก) (B)	ปริมาณแป้งเกี่ยวเนื่องระหว่าง A และ B		รวม
	พันธุ์ของมันฝรั่ง (A)		
	เคนนีเบค	สปุนต้า	
90 - 140	87.98	68.56	156.54
141 - 250	89.47	69.11	158.58
รวม	177.45	137.67	315.12

7. Total SS $= (87.98^2 + \ldots + 69.11^2)/6 - CT$

$= 4203.6711 - 4137.5255$

$= 66.1456$

8. $SS_A = (177.45^2 + 137.67^2)/12 - CT$

$= 4203.4609 - 4137.5255$

$= 65.9354$

9. $SS_B = (156.54^2 + 158.58^2)/12 - CT$

$= 4137.6990 - 4137.5255$

$= 0.1735$

10. $SS_{AB} = 66.1456 - 65.9354 - 0.1735$

$= 0.0367$

11. จากตารางที่ 1 รวมข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 3 ดังนี้

60.21 = 29.95 + 30.26

ตารางที่ 3 พิจารณาเฉพาะพันธุ์ของมันฝรั่งและระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยว

ระยะเวลา (เดือน) (C)	ปริมาณแป้งเกี่ยวเนื่องระหว่าง และ พันธุ์ของมันฝรั่ง (A)		รวม
	เคนนีเบค	สปุนต้า	
0	60.21	46.93	107.14
1	58.95	45.90	104.85
2	58.29	44.84	103.13
รวม	177.45	137.67	315.12

12. Total SS = $(60.21^2 + \ldots + 44.84^2)/4 - CT$

= 4204.4827 - 4137.5255

= 66.9572

13. SS_C = $(107.14^2 + \ldots + 103.13^2)/8 - CT$

= 4138.5373 - 4137.5255

= 1.0118

14. SS_{AC} = 66.9572 - 65.9354 - 1.0118

= 0.01

15. จากตารางที่ 1 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 4 ดังนี้

$$53.29 = 29.95 + 23.34$$

ตารางที่ 4 พิจารณาเฉพาะขนาดของมันฝรั่งและระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยว

ระยะเวลา (เดือน) (C)	ปริมาณแป้งเกี่ยวเนื่องระหว่าง B และ C		รวม
	ขนาดมันฝรั่ง (กรัม/ลูก) (B)		
	90 - 140	141 - 250	
0	53.29	53.85	107.14
1	51.99	52.86	104.85
2	51.26	51.87	103.13
รวม	156.54	158.58	315.12

16. Total SS $= (53.29^2 + \ldots + 51.87^2)/4 - CT$

$= 4138.7175 - 4137.5255$

$= 1.1920$

17. $SS_{BC} = 1.1920 - 0.1735 - 1.0118$

$= 6.7 \times 10^{-3}$

18. $SS_{ABC} = 67.1955 - (65.9354 + 0.1735 + 0.0367 + 1.0118 + 0.01 + 6.7 \times 10^{-3})$

$= 0.0214$

ผลการวิเคราะห์ค่าแปรปรวนแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในมันฝรั่งสดหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 10 ซ เป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน

SOV[1]	df	SS	MS	f compute	f table $f_{0.05}$, df, df_E
Replications	1				
A	1	65.9354	65.9354	5033.2370*	4.84
B	1	0.1735	0.1735	13.2443*	4.84
C	2	1.0118	0.5059	38.6183*	1.98
AB	1	0.0367	0.0367	2.8015ns	4.84
AC	2	0.0100	0.0050	0.3817ns	1.98
BC	2	0.0007	0.0004	0.2557ns	1.98
ABC	2	0.0214	0.0107	0.8168ns	1.98
Error	11	0.1445	0.0131		
Total	23				

[1]A = พันธุ์ของมันฝรั่ง

B = ขนาดของมันฝรั่ง

C = ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

จากตารางที่ 5 สรุปได้ดังนี้ คือ

พันธุ์ของมันฝรั่ง 2 พันธุ์มีปริมาณแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ขนาดของมันฝรั่งทั้ง 2 ช่วงมีปริมาณแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 0, 1 และ 2 เดือนมีปริมาณแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ข.1.2 Duncan's New Multiple Range Test

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (39)

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณแป้งในมันฝรั่งสดภายหลังการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาต่างกัน

วิธีการคำนวณ

1. คำนวณหาค่า LSR (least significant ranges)

$$LSR = SSR\ (S_{\bar{x}})$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\text{error mean square}/r}$$

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

เมื่อ r = จำนวนซ้ำในแต่ละ treatment

SSR = significant studentized ranges

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณแป้งในมันฝรั่งสดภายหลังการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาต่างกันได้ข้อมูลดังนี้

$MS_E = 0.0131$

$r = 2$

$S_{\bar{x}} = \sqrt{0.0131/2}$

$= 0.08$

เปิดตาราง SSR สำหรับค่า 5 เปอร์เซนต์ มีค่า degree of freedom ของ Error = 11

ค่า P	2	3
SSR	3.11	3.27
LSR = SSR($S_{\bar{X}}$)	0.25	0.26

2. ลำดับค่าเฉลี่ยจากต่ำไปหาสูง

	tr_3	tr_2	tr_1
$\bar{X}$	51.57	52.43	53.57
ลำดับ	1	2	3

3. การเปรียบเทียบเริ่มจากค่าสูงสุดกับต่ำสุด ตามลำดับ

ถ้าค่าที่ได้สูงกว่าค่า LSR ที่เปรียบเทียบแสดงว่าความแตกต่างนั้นมีนัยสำคัญ

ถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่า LSR ที่เปรียบเทียบแสดงว่าความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญ

$tr_1 - tr_3 = 53.57 - 51.57 = 2.00 > 0.26$ แตกต่างมีนัยสำคัญ

$tr_1 - tr_2 = 53.57 - 52.43 = 1.14 > 0.25$ แตกต่างมีนัยสำคัญ

$tr_2 - tr_3 = 52.43 - 51.57 = 0.86 > 0.25$ แตกต่างมีนัยสำคัญ

ฆ.2 แผนการทดลองแบบ symmetrical factorial experiment with complete block (38, 39) สภาพการทดลอง 2 x2 x2 = 8 สภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาผลของตัวแปรในกระบวนแป้งมันฝรั่งต่อผลผลิตและคุณสมบัติของแป้งที่ได้ ซึ่งคุณสมบัติที่ตรวจสอบ ได้แก่ ปริมาณอะไมโลส ความสามารถในการเกาะเกี่ยวน้ำของแป้ง ปริมาณเถ้า อุณหภูมิแป้งสุก ความหนืดที่อุณหภูมิ 95 °ซ ความหนืดที่อุณหภูมิ95 °ซนาน20นาที และ ความหนืดเมื่อเย็นลงถึง50 °ซ

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องความหนืดของแป้งที่อุณหภูมิ 95 °ซ รายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 6

วิธีการคำนวณ

1. Correction term = $24230^2/24$
   = 24462166

2. Total SS = $(1430^2 + ... + 2440^2) - CT$
   = 26222500 - 24462164 = 1760334
   = 1760334

3. Treatment SS = $(4330^2 + ... + 2440^2)/3 - CT$
   = 26219100 - 24462166
   = 1756934

4. Replications SS = $(8100^2 + ... + 8070^2)/8 - CT$
   = 24462250 - 24462166
   = 84

5. Error = 1760334 - 1756934 - 84
   = 3316

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลในเรื่องความหนืดของแป้งที่อุณหภูมิ 95°ซ

มันฝรั่ง		จำนวนครั้งของการบด	ความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ (BU)			รวม
พันธุ์	ขนาด (กรัม/ลูก)		จำนวนซ้ำที่			
			1	2	3	
เคนนีเบค	90 - 140	1	1430	1440	1440	4330
		2	760	740	750	2250
	141 - 250	1	1410	1380	1400	4190
		2	990	1000	970	2960
สปุนต้า	90 - 140	1	970	950	970	2890
		2	650	630	650	1930
	141 - 250	1	1080	1100	1060	3240
		2	810	800	830	2240
รวม			8100	8060	8070	24230

6. จากตารางที่ 6 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 7 ดังนี้

6580 = 4330 + 2250

ตารางที่ 7 พิจารณาเฉพาะพันธุ์ของมันฝรั่งและขนาดของมันฝรั่ง

ขนาด (กรัม/ลูก) (B)	ค่าความหนืดที่95 °ช เกี่ยวเนื่องระหว่าง A และ B		รวม
	มันฝรั่งพันธุ์ (A)		
	เคนนีเบค	สปุนต้า	
90 - 140	6580	4820	11400
141 - 250	7150	5680	12830
รวม	13730	10500	24230

7 Total SS $= (6580^2 + ... + 5680^2)/6 - CT$

$= 24985617 - 24462166$

$= 523345$

8 $SS_A = (13730^2 + 10500^2)/12 - CT$

$= 24896908 - 24462166$

$= 434742$

9 $SS_B = (12830^2 + 11400^2)/12 - CT$

$= 24547408 - 24462166$

$= 85242$

10 $SS_{AB} = 523345 - 434742 - 85242$

$= 3361$

11. จากตารางที่ 6 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 8 ดังนี้

8520 = 4190 +4330

ตารางที่ 8 พิจารณาเฉพาะพันธุ์ของมันฝรั่งและจำนวนครั้งของการบด

จำนวนครั้งของการบด (ครั้งที่) (C)	ค่าความหนืดที่95 °ซเกี่ยวเนื่องระหว่าง A และ C		รวม
	มันฝรั่งพันธุ์ (A)		
	เคนนีเบค	สปุนต้า	
1	8520	6130	14650
2	5210	4370	9580
รวม	13730	10500	24230

12. Total SS = $(8520^2 + \ldots + 4370^2)/6 - CT$

= 26068050 - 24462166

= 1605884

13. SS_C = $(14650^2 + 9580^2)/12 - CT$

= 25533242 - 24462166

= 1071075

14. SS_{AC} = 1605884 - 434742 - 1071075

= 100067

15. จากตารางที่ 6 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตารางที่ 9 ดังนี้

$$7220 = 4330 + 2890$$

ตารางที่ 9 พิจารณาเฉพาะขนาดของมันฝรั่งและจำนวนครั้งของการบด

ขนาด (กรัม/ลูก) (B)	ค่าความหนืดที่95 °ซ เกี่ยวเนื่องระหว่าง B และ C		รวม
	จำนวนครั้งของการบด (ครั้งที่) (C)		
	1	2	
90 - 140	7220	4180	12830
141 - 250	7430	5400	11400
รวม	14650	9580	24230

16. Tatal SS $= (7220^2 + ... 9580^2)/6 - CT$

$= 25660950 - 24462166$

$= 1198784$

17. SS_{BC} $= 1198784 - 85242 - 1071075$

$= 42467$

18. SS_{ABC} $= 1760334 - 434742 - 85242 - 3361$

$- 1071075 - 100067 - 42467$

$= 23380$

ผลการวิเคราะห์ค่าแปรปรวนแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนศึกษาผลของตัวแปรในกระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่งต่อความหนืดของแป้งที่อุณหภูมิ 95 °ซ

SOV[1]	df	SS	MS	f compute	f table f 0.05, df, df_E
Replications	2				
A	1	434742	434742	1834*	4.6
B	1	85242	85242	360*	4.6
C	1	1071075	1071075	4519*	4.6
AB	1	3361	3361	14*	4.6
AC	1	100067	100067	422*	4.6
BC	1	42467	42467	179*	4.6
ABC	1	23380	23380	99*	4.6
Error	14	3316	237		
Total	23				

[1] A = พันธุ์ของมันฝรั่ง

B = ขนาดของมันฝรั่ง

C = จำนวนครั้งของการบด

การวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปรใช้วิธีคำนวณแบบ Yate's method โดยคำนวณหาค่า contrast mean และนำไปสร้างกราฟกับค่าของ probability (38, 39) แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่า contrast mean ของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตแป้งมันฝรั่ง เกี่ยวกับความหนืดของแป้งที่ 95 °ซ (39)

Treatment combination	total	1	2	3	Contrast mean
1	4190	7430	14650	24230	Mean effect = 3028.75
a	3240	7220	9580	-3230	-403.75
b	4330	5400	-2390	-1430	-178.75
ab	2890	4180	-840	-290	-36.25
c	2960	-950	-210	-5070	-633.75
ac	2440	-1440	-1220	1550	193.75
bc	2250	-520	-490	-1010	-126.25
abc	1930	-320	200	690	86.25

ฆ.3 แผนการทดลองแบบ asymmetrical factorial experiment with complete block (38, 39) สภาพการทดลอง 4x2 x4 = 32 สภาพ

ฆ.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาผลของความชื้น ภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาแป้ง ต่อคุณสมบัติของแป้งมันฝรั่งเคนนีเบคและสปุนต้า

ตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องผลของความชื้น ภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาแป้งต่อความหนืดของแป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่อุณหภูมิเมื่อเย็นถึง 50 °ซ รายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 12

วิธีการคำนวณ

1. Correction term = $(77290)^2 / 64$

= 93339687

2. Total SS = $(1340^2 + ... + 980^2) - CT$

= 93750900 - 93339687

= 411213

3. Treatment SS = $(2560^2 + ... + 2120^2)/2 - CT$

= 93568000 - 93339687

= 228313

4. Replicates SS = $(40160^2 + ... + 37130^2)/32 - CT$

= 93483125 - 93339687

= 143438

5. Error = 411213 - 228313 - 143438

= 39462

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลความหนืดของแป้งเมื่อเย็นถึง 50 °ซ ในสภาวะตัวแปรต่าง ๆ

ความชื้นในแป้ง (%)	ภาชนะบรรจุ*	ระยะเวลา (เดือน)	ความหนืดเมื่อเย็นถึง 50 °ซ		รวม
			จำนวนซ้ำที่		
			1	2	
18	P	0	1340	1220	2560
		1	1300	1180	2480
		2	1280	1200	2480
		3	1200	1180	2380
	E	0	1340	1220	2560
		1	1300	1200	2500
		2	1300	1160	2460
		3	1300	1140	2380
14	P	0	1320	1220	2540
		1	1280	1160	2440
		2	1260	1160	2420
		3	1200	1160	2360
	E	0	1320	1220	2540
		1	1300	1190	2490
		2	1280	1140	2420
		3	1220	1000	2220
10	P	0	1300	1220	2520
		1	1260	1200	2460
		2	1240	1180	2420
		3	1120	1160	2280
	E	0	1300	1220	2520
		1	1280	1200	2480
		2	1240	1200	2440
		3	1140	1020	2160
6	P	0	1280	1200	2480
		1	1240	1200	2440
		2	1240	1180	2420
		3	1140	960	2100
	E	0	1280	1200	2480
		1	1240	1180	2420
		2	1240	1080	2320
		3	1140	980	2120
รวม			40160	37130	77290

* P = ภาชนะบรรจุพลาสติก polyethylene

E = ภาชนะบรรจุพลาสติก eval film

6. จากตารางที่ 12 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตาราง 13 ดังนี้

9900 = 2560+ 2480 +2480 +2380

ตารางที่ 13 พิจารณาเฉพาะความชื้นของแป้งและชนิดของภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุ (B)	ความหนืดเมื่อเย็นถึง 50 °ซ เกี่ยวเนื่องระหว่าง A และ B				รวม
	ความชื้นของแป้งก่อนเก็บ (%) (A)				
	18	14	10	6	
polyethylene	9900	9760	9680	9440	38780
eval film	9900	9670	9600	9340	38510
รวม	19800	19430	19280	18780	77290

7. Total SS $= (9900^2 + \ldots + 9340^2)/8 - CT$

$= 93373750 - 93339687$

$= 35063$

8. $SS_A = (19800^2 + \ldots + 18780^2)/16 - CT$

$= 93368750 - 93339687$

$= 33438$

9. $SS_B = (38780^2 + 38510^2)/32 - CT$

$= 93340625 - 93339687$

$= 938$

10. $SS_{AB} = 35063 - 33438 - 938$

$= 687$

11. จากตารางที่ 12 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตาราง 14 ดังนี้

5120 = 2560 + 2560

ตารางที่ 14 พิจารณาเฉพาะความชื้นของแป้งและระยะเวลาการเก็บรักษาของแป้ง

ระยะเวลา (เดือน) (C)	ความหนืดเมื่อเย็นถึง 50 °ซ เกี่ยวเนื่องระหว่าง A และ C				รวม
	ความชื้นของแป้งก่อนเก็บ (%) (A)				
	18	14	10	6	
0	5120	5080	5040	4960	20200
1	4980	4930	4940	4860	19710
2	4940	4840	4860	4740	19380
3	4760	4580	4440	4220	18000
รวม	19800	19430	19280	18780	77290

12. Total SS = $(5120^2 + \ldots\ldots + 4220^2)/4 - CT$

= 93555000 - 93339687

= 216313

13. SS_C = $(20200^2 + \ldots\ldots + 18000^2)/16 - CT$

= 93506250 - 93339687

= 166563

14. SS_{AC} = 216313 - 166563 - 33438

= 16312

15. จากตารางที่ 12 รวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ใส่ในตาราง 15 ดังนี้

10100 = 2560 +2540 +2520 +2480

ตารางที่ 15 พิจารณาเฉพาะชนิดของภาชนะบรรจุและระยะเวลาในการเก็บรักษาแป้ง

ระยะเวลา (เดือน) (C)	ความหนืดเมื่อเย็นถึง 50 °ซ ค่าเกี่ยวเนื่องระหว่าง BและC		รวม
	ชนิดของภาชนะบรรจุ (B)		
	polyethylene	eval film	
0	10100	10100	20200
1	9820	9890	19710
2	9740	9640	19380
3	9120	8880	18000
รวม	38780	38520	77290

16. Total SS = $(10100^2 + ... + 8880^2)/8 - CT$

= 93511250 - 93339687

= 171563

17. SS_{BC} = 171563 - 938 - 166563

= 4062

18. SS_{ABC} = 228313 - 33438 - 938 - 687 - 116563

= - 16312 - 4062

= 189213

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ในเรื่องผลของความชื้น ภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บศึกษาแป้งต่อความหนืดของแป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่อุณหภูมิ เมื่อเย็นถึง 50°ซ

SOV[1]	df	SS	MS	f Compute	f table f 0.05, df, df_E
Replicates	1				
A	3	33438	11146	8.76*	2.90
B	1	938	938	0.74ns	4.15
C	3	166563	55521	43.62*	2.90
AB	3	687	229	0.18ns	2.90
AC	9	16312	1812.44	1.42ns	2.19
BC	3	4062	1354	1.06ns	2.90
ABC	9	189213	21083.66	16.62ns	2.19
Error	31	39462	1272.98		
Total	63				

[1] A = ความชื้นของแป้ง

B = ชนิดของภาชนะบรรจุ

C = ระยะเวลาการเก็บรักษาแป้ง

จากตารางที่ 19 จะสรุปได้ดังนี้ คือ

แป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่มีความชื้นเริ่มต้นก่อนเก็บต่างกันมีความหนืดของแป้งที่อุณหภูมินี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

แป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่เก็บรักษาในระยะเวลาต่างกันมีความหนืดของแป้งที่อุณหภูมินี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ฆ.3.2 วิธีวิเคราะห์หาค่าแสดงอิทธิพลของตัวแปร (factorial effect) ในแผนการทดลองแฟคทอเรียล 4 x2 x4 จากการตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งมันฝรั่ง เคนนีเบค และสปุนต้า เมื่อศึกษาถึงผลของความชื้นของแป้งก่อนเก็บ ชนิดของภาชนะบรรจุ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน (38, 39)

ตัวอย่างการคำนวณ

วิเคราะห์หาค่าตัวเลขแสดงอิทธิพลของตัวแปรต่อคุณสมบัติแป้งมันฝรั่งสปุนต้าที่ความหนืดเมื่อเย็นลงถึง 50 ซ

วิธีการคำนวณ

1. ให้ตั้ง effect ตามระดับของแฟคเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

1.1 ระดับความชื้นของแป้งก่อนเก็บมี 4 ระดับคือ 18, 14, 10 และ 6 เปอร์เซนต์ effectจะเป็น +3, +1, -1, -3

1.2 ชนิดของภาชนะบรรจุมี 2 ประเภทคือ polyethylene และ eval film effect จะเป็น -1 กับ +1

1.3 ระยะเวลาการเก็บรักษาแป้งมี 4 ระดับคือ 0, 1, 2 และ 3 เดือน effect จะเป็น -3, -1, +1, +3

2. หาค่าแสดงอิทธิพล (factorial effect) จากผลบวกทางคณิตศาสตร์ของผลคูณของผลรวมที่แสดงในข้อ ฆ.3.1 กับ effect ที่ตรงกัน เช่น หาค่าแสดงอิทธิพลของแฟคเตอร์ จะได้ 2560 x(+3)+ 2480 x(+ 2)+ _ _ _ _ +2120 x(-3) = +3170 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ระดับหรือสภาวะการแปรต่าง ๆ ในการคำนวณหาค่าตัวเลขแสดงอิทธิพลของตัวแปรต่อความหนืดของแป้งบันฝรั่งสปุนต้าที่อุณหภูมิเมื่อเย็นลงถึง 50°ซ

SOV[1]	ความชื้นของแป้ง (%)	18								14								10								6								Factorial effect total
	ชนิดภาชนะบรรจุ[2]	P				E				P				E				P				E				P				E				
	ระยะเวลา (เดือน)	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
	ผลรวม	2560 2480		2480 2380		2560 2500		2460 2380		2540 2440		2420 2360		2540 2490		2420 2220		2520 2460		2420 2280		2520 2480		2440 2160		2480 2440		2420 2100		2480 2420		2320 2120		
A		+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	+3170
B		-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	- 130
C		-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	-6930
AB		-3	-3	-3	-3	+3	+3	+3	+3	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+3	+3	+3	+3	-3	-3	-3	-3	+370
AC		-9	-3	+3	+9	-9	-3	+3	+9	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	+3	+1	-1	-3	+3	+1	-1	-3	+9	+3	-3	-9	+9	+3	-3	-9	+3990
BC		+3	+1	-1	-3	-3	-1	+1	+3	+3	+1	-1	-3	-3	-1	+1	+3	+3	+1	-1	+3	-3	-1	+1	+3	+3	+1	-1	-3	-3	-1	+1	+3	-930
ABC		+9	+3	-3	-9	-9	-3	+3	+9	+3	+1	-1	-3	-3	-1	+1	+3	-3	-1	+1	+3	+3	+1	-1	-3	-9	-3	+3	+9	+9	+3	-3	-9	-130

1 A = ความชื้นของแป้งก่อนเก็บ

B = ชนิดภาชนะบรรจุ

C = ระยะเวลาการเก็บรักษา

2 P = ภาชนะพลาสติกประเภท polyethylene

E = ภาชนะพลาสติกประเภท eval film

ข.4 แผนการทดลองแบบ randomized complete block (38)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาคุณภาพของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งต่างกันโดยตรวจสอบ ขนาด ความเหนียว ของวุ้นเส้น (ความชื้น 14 เปอร์เซนต์) และการตรวจสอบโดยประสาทสัมผัสและการยอมรับ ในด้าน สี กลิ่น ความเหนียว (38, 39)

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องของคะแนนเฉลี่ยเรื่องสีของวุ้นเส้นที่ทำการทดสอบโดยผู้ทดสอบ 15 คน รายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงข้อมูลในเรื่องคะแนนเฉลี่ยเรื่องสีของวุ้นเส้น

ชนิดของแป้งที่ใช้ทำวุ้นเส้น	คะแนนเฉลี่ย ผู้ทดสอบ (คน)															รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
แป้งถั่วเขียวล้วน	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	20
แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันฝรั่งเคนนีเบค (1 : 1)	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	36
แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันฝรั่งสปุนต้า (1 : 1)	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	35
แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันฝรั่งที่ซื้อ (2 : 1)	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	59
รวม	9	10	10	12	9	9	8	10	11	12	12	9	11	9	9	150

วิธีการคำนวณ

1 Correction term $= \frac{(150)^2}{60}$

$= 375$

2 Total SS $= (1^2 + ___ + 4^2) - CT$

$= 438-375$

$= 63$

3 Treatment SS $= \dfrac{(20^2 + ___ + 59^2)}{15} - CT$

$= 426.8-375$

$= 51.8$

4 Replicates SS $= (9^2 + ___ + 9^2) - CT$

$= 381-375$

$= 6$

5 Error $= 63-51.8-6$

$= 5.2$

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนในเรื่องของคะแนนเฉลี่ยเรื่องสีของวุ้นเส้นที่ทำการทดสอบโดยผู้ทดสอบ 15 คน

SOV	df	SS	MS	f compute	f table f0.05,df, dfe
Replicates	14				
Treatment	3	51.80	17.30	139.47*	2.83
Error	42	5.20	0.12		
Total	59				

จากตารางการวิเคราะห์ค่าแปรปรวนจะสรุปได้ว่าวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งต่างกันทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันในคะแนนเฉลี่ยเรื่องสีของวุ้นเส้นที่นำไปลวกในน้ำเดือด 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ข.5 Ranking test (39)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อประเมินผลความชอบในเรื่องความเหนียวของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งต่างกันและนำมาลวกในน้ำเดือด 3 นาทีก่อนชิม ประเมินโดยวิธีการจัดลำดับความชอบ (ranking test) จากผู้ทดสอบ 15 คน พิจารณาดูว่า มีความแตกต่างของตัวอย่างทั้ง 3 แบบที่จัดลำดับความชอบมีนัยสำคัญหรือไม่ รายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงข้อมูลการลำดับความชอบในเรื่องความเหนียวของวุ้นเส้น

ชนิดตัวอย่าง	ผู้ตัดสิน															รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
แป้งถั่วเขียว	3	3	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	23
แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันฝรั่งเคนนีเบค (1:1)	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3	1	2	2	25
แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันฝรั่งสปุนต้า (1:1)	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	42

การคำนวณ

คำนวณค่าต่าง ๆ จากสูตรดังต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์ = n ตัวอย่าง

ผู้ทดสอบ = m คน

mean value (T) = $\frac{1}{2}$ m(n+1)

coefficient of concordance (w) = $\frac{12\ (X-T)^2}{m^2\ (n^3-n)}$

$$F \text{ จากการคำนวณ} = \frac{(m-1)\ w}{1-w}$$

degree of freedom of variance $\phi_1 = (n-1)-(2/m)$

$$\phi_2 = (m-1)\phi_1$$

นำค่า ϕ_1 และ ϕ_2 ไปเปิดตาราง F-distribution เพื่อเปรียบเทียบกับ F คำนวณ

$$\text{mean value (T)} = \tfrac{1}{2}\ m\ (n+1)$$

$$= \tfrac{1}{2}\ 15(3+1)$$

$$= 30$$

$$w = \frac{12 \Sigma (x-T)}{m^2\ (n^3-n)}$$

$$= \frac{12\ \left[(23-30)^2 + \ldots + (42-30)^2\right]}{15^2\ (3^3-3)}$$

$$= 0.48$$

$$F \text{ คำนวณ} = \frac{(m-1)w}{1-w}$$

$$= \frac{(15-1)0.48}{1-0.48}$$

$$= 13.15$$

$$\phi_1 = (n-1)\ (2/m)$$

$$= (3-1)\ (2/15)$$

$$= 1.87 \simeq 2$$

$$\phi_2 = (m-1)\ \phi_1$$

$$= (15-1)\ 1.87$$

$$= 26.13 \simeq 0.26$$

$$F\ (0.05,\ 2,\ 26) = 3.37$$

F คำนวณ > F ตาราง

สรุปได้ว่า การเรียงลำดับความชอบในเรื่องความเหนียวของวุ้นเส้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว จิตรา เศรษฐอุดม
วัน เดือน ปีเกิด	12 กันยายน 2501
การศึกษา	2522 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คหกรรมศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รางวัล	เหรียญเรียนดีประจำปีการศึกษา 2521 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษา	ทุนเรียนดีประจำปีการศึกษา 2522 จากสมาคมคหเศรษฐศาสตร์ ในพระบรมราชินูปถัมภ์