

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กุลยา ล้อมรุ่งเรืองรัตน์. 2535. การใช้แป้งมันเทศพันธุ์พื้นเมืองในผลิตภัณฑ์คุกกี้.
วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชาโภชนาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จามรี จันทร์วิเมื่อง และ นารี โตอุส่าห์. 2527. ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นรินทร์ พูลเพิ่ม และ เหตุอร ราชบุตร. 2531. มันเทศ. โรงพิมพ์องค์การ
สงเคราะห์ทหารผ่านศึก. pp. 1-7.
- ประชา บุญญสิริกุล. 2537a. บทบาทของเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหารใน
ประเทศไทย. วารสารอาหาร. 24(1):1-12.
- _____ . 2537b. การผลิตอาหารขบเคี้ยวที่มีข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลักด้วย
กระบวนการอัดพอง. วารสารอาหาร. 24(2):79-87.
- ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย. 2531. สรุปข่าวธุรกิจ ปี 19 ฉบับที่ 17. pp.
1-15.
- พอใจ ล้อมพันธ์อุดม. 2531. การผลิตอาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยกระบวนการ
เอกซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชาโภชนาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลัดดา จุฑาพานิช และ พรพรรณ ศรีสุข. 2535. มันเทศแผ่นทอดแบบปรับปรุง.
โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วราภรณ์ จำรูญชเนศกุล. 2534. การผลิตอาหารเสริมสำหรับทารกโดยกระบวนการ
เอกซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชาโภชนาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เวชยันต์ ชนบดีภัทร. 2532. ผลของตัวแปรในการผลิตและสมบัติทางกายภาพเคมีของ
แป้งจากมันเทศที่ปลูกในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร โอวาทพิารพร. 2532. การผลิตอาหารว่างจากมันเทศโดยกระบวนการ
เอกซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชาโภชนาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ สีนชวาลัย. 2519. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 1. แผนกอาหารและโภชนาการ
คณะเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิค
กรุงเทพ.

- สุภรัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, สมจิต นิยมไทย, มัดเตนา ร่วมรักษ์ และ สมยศ
จรรยาวิลาศ. 2530. การใช้มันเทศทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปและกึ่ง
สำเร็จรูป. รายงานค้นคว้าวิจัย ประจำปี 2526-2530 สถาบันค้นคว้าและ
พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริม
และฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. pp. 1-13.
- สุรพล อุปติสสกุล. 2537. สถิติการวางแผนการตลาด เล่ม 2. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. pp. 31-37,76.

ภาษาอังกฤษ

- Anonymous. 1989. Single-and twin-screw extruders in food
processing. Food Technology. Dziezak, J.D. Associate
ed. 43(4): 164-174.
- _____. 1991. Adventurous flavors spark snack growth.
Food Engineering International. 16(2): 12-14.
- _____. 1991. Extruding crispness. Food Processing.
60(9): 39-40.
- _____. 1993. Far east meets west. Food Processing.
62(9):13-16.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Virginia :
Association of Official Analytical Chemists.
- Arora, A., Zhao, J., and Camire, M.E. 1993. Extruded potato
peel functional properties affected by extrusion
conditions. J. Food Sci. 58(2):335-337.
- Artz, W.E., Warren, C., and Villota, R. 1990. Twin-screw
extrusion modification of a corn fiber and corn starch
extruded blend. J. Food Sci, 55(3):746-754.

- Badrie, N. and Mellowes, W.A. 1991. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. J. Food Sci. 56(5): 1334-1337.
- _____. 1992a. Cassava starch or amylose effects on characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) extrudate. J. Food Sci. 57(1):103-107.
- _____. 1992b. Soybean flour/oil and wheat bran effects on characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour extrudate. J. Food Sci. 57(1):108-111.
- Bradbury, J.H. 1988. The chemical composition of tropical root crops. ASEAN Food Journal. 4(1): 3-13.
- Broom, R. 1990. On the hoof. Food Processing. 59(10): 21-22, 24.
- Bruechert, L.J., Zhang, Y., Huang, T-C., Hartman, T.G., Rosen, R.T., and Ho, C-T. 1988. Contribution of lipids to volatiles generation in extruded corn-based model systems. J. Food Sci. 53(5):1444 quoted in Badrie, N., and Mellowes, W.A. 1992b. Soybean flour/oil and wheat bran effects on characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour extrudate. J. Food Sci. 57(1):108-111.
- Camire, M.E., Camire, A., and Krumhar, K. 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 29(1):35-57.
- Chiang, B.Y., and Johnson, J.A. 1977. Gelatinization of starch in extruded products. Cereal Chem. 54(3): 436-443.

- Glickman, M. 1969. Starches. In Gum Technology in the Food Industry. New York:Academic Press. pp. 274-323.
- Guy, R.C.F. 1985. The extrusion revolution. Food Manufacture. Jan:26. quoted in Badrie, N., and Mellows, W.A. 1992b. Soybean flour/oil and wheat bran effects on characteristics of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) flour extrudate. J. Food Sci. 57(1):108-111.
- Hann, R.R. 1969. Tailoring starches for the baking industry. The Baker Digest. 43(4):48-53.
- Harper, J.M. 1979. Food extrusion. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 11:155-215.
- _____. 1981. Extrusion of Foods. vol 2, CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Hutchings, J.B. 1994. Food Colour and Appearance. London: Blackie Academic & Professional. p. 422.
- Karmas, E., and Harris, R.S. 1988. Nutritional Evaluation of Food Processing. 3rd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Madhusudhan, B., Susheelamma, N.S., and Tharanathan, R.N. 1992. Studies on sweet potatoes. Part 2 : Isolation and characterization of starch. Starch. 45(1):8-12.
- Maga, J.A. 1991. Cereal-based snack foods. In Handbook of Cereal Science and Technology. Lorenz, K.J. and Kulp, K. eds. New York: Marcel Dekker, Inc. pp. 799-803.
- Marshall, W.E., and Chrasth, J. 1992. Interaction of food protein with starch. In Biochemistry of Food Proteins, B.J.F. Hudson (ed.). London: Elsevier Applied Science. pp. 82-83.
- Mazurs, E.G., Schoch, T.J., and Kite, F.E. 1957. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. Cereal Chem. 34(3):141-152.

- Mercier, C., and Feillet, P. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. Cereal Chem. 52(3):283-297.
- Park, J., Rhee, K.S., Kim, B.K., and Rhee, K.C., 1993. Single-screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends. J. Food Sci. 58(1):9-20.
- Schoch, T.J., and Maywald, E.C. 1968. Preparation and properties of various legume starches. Cereal Chem. 45(11):564-573.
- Seibel, W., and Hu, R. 1994. Gelatinization characteristics of a cassava/corn starch based blend during extrusion cooking employing response surface methodology. Starch. 46(6):217-224.
- Sokhey, A.S., Kollengade, A.N., and Hanna, M.A. 1994. Screw configuration effects on corn starch expansion during extrusion. J. Food Sci. 59(4):895-898.
- Tian, S.J., Rickard, J.E., and Blanshard, J.M.V. 1991. Physicochemical properties of sweet potato starch. J. Sci. Food Agric. 57:459-491.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 925.10 (1990)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE BINDER รุ่น E-53

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมซึ่งแห้งสนิท
2. นำตัวอย่างเข้าอบหาความชื้นในตู้อบลมร้อน ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
3. อบตัวอย่างจนกระทั่งน้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)} - \text{น้ำหนักที่คงที่ของตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)}} * 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 977.02 (1990)

อุปกรณ์

Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit และ Gerhardt Vapodest I

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 %
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 %

4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 %
5. ค่ะตะลิสต์ (ส่วนผสมของ K_2SO_4 และ Se ในอัตราส่วน 100:1)
6. อินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Methyl Red 1.00 กรัม และ Methylene Blue 0.25 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์จันมีปริมาตร 1 ลิตร แล้วบีเปิด 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำจันมีปริมาตร 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงในขวดย่อย
2. เติมค่ะตะลิสต์ 10 กรัม
3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร
4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อย เป็น 3 ช่วงคือ

ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250 °C เป็นเวลา 15-20 นาที

ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 380 °C เป็นเวลา 30-45 นาที

ช่วงที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 380 °C เป็นเวลา 20-30 นาที เพิ่มจาก

ช่วงที่ 2 ย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใสสีเหลืองอ่อน

5. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยแล้ว ด้วยเครื่อง Vapodest I โดยใช้สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % เป็นตัวทำปฏิกิริยา และเก็บสารที่กลั่นได้ ในสารละลายกรดบอริกซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ 5-6 หยด
6. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 N.
7. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นเป็นสารตั้งต้น ทำตามวิธีข้อ 2-6

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{A * (B-C) * 6.25 * 1.4 * 100}{D}$$

D

- A = Normality ของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรท
 B = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทของตัวอย่าง
 C = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทของ blank
 D = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตามวิธีของ AOAC 920.39 (1990)

อุปกรณ์

Soxtherm Automatic รุ่น S-166

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman NO. 1 โดยห่อ 2 ชั้น
2. ใส่ตัวอย่างใน Thimble ซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เติม Petroleum Ether ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 100 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด
4. สกัดไขมัน เป็นเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิของ Silicone Oil ซึ่งเป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัด ที่อุณหภูมิ 150 °C
5. ระเหย Petroleum Ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
6. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} * 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4. ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ AOAC 923.03 (1990)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Crucible ที่แห้งสนิทและรู้น้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างเข้าเผา ใน Furnace Muffle ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3. ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{ปริมาณเถ้า (กรัม)} * 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

5. ปริมาณเส้นใย

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 962.09 (1990)

อุปกรณ์

ชุดวิเคราะห์เส้นใยของ Gerhardt รุ่น RF-16/6 ซึ่งประกอบด้วย Hot Plate, Beaker 600 cc., Round Condenser

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.255 N.
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.31 N.
3. Ethyl Alcohol เข้มข้น 95 %

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดที่กำลังเดือด 200 มิลลิลิตร จากนั้นต่อ Round Condenser เข้ากับบีกเกอร์เพื่อรักษาระดับของกรดให้คงที่ขณะย่อยซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที
2. กรองส่วนผสมผ่านกระดาษกรองชนิดที่ไม่มีเถ้าซึ่งรูดน้ำหนักที่แน่นอน ล้างส่วนที่ติดบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนจนหมดความเป็นกรด
3. ล้างส่วนที่ติดบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 มิลลิลิตร จากนั้นย่อยต่อไปอีก 30 นาที
4. กรองส่วนผสมด้วยกระดาษกรองแผ่นเดิม แล้วล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดความเป็นด่าง จากนั้นล้างด้วยแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร
5. นำส่วนที่ติดบนกระดาษกรองไปอบให้แห้ง แล้วใส่ใน Crucible เพื่อหาปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่
6. ทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก Crucible

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไประหว่างเผาเถ้า (กรัม) * 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

6. การคำนวณเป็น % โดยน้ำหนักแห้ง

นำปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่ได้ มาคำนวณเป็น % โดยน้ำหนักแห้ง เช่น ในแป้งมันเทศชนิดปอกเปลือก ความชื้น 4.01 % วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนได้ 3.90 % โดยน้ำหนักเปียก เมื่อนำมาคำนวณเป็น % โดยน้ำหนักแห้ง จะได้ดังนี้

แป้งแห้ง (100-4.01) กรัม	มีปริมาณโปรตีน	3.90	กรัม
"	100	"	"
		<u>3.90*100</u>	
		(100-4.01)	
		= 4.06	"

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ผลทางกายภาพ

1. การหาค่าอัตราการพองตัว (Expansion Ratio)
ดัดแปลงจากวิธีของ Park และคณะ (1993)

อุปกรณ์
เวอร์เนีย

วิธีการตรวจสอบ

ลุ่มเอ็กซ์ทรูเดทยาวประมาณ 6 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเอ็กซ์ทรูเดท 3 จุด/1 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อชิ้น แล้วนำมาหารด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวได 3 มิลลิเมตร

$$\text{ค่าอัตราการพองตัว} = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเอ็กซ์ทรูเดท}}{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวได}}$$

2. การหาค่าแรงตัดขาด (Cutting Force)

อุปกรณ์
เครื่อง Texturometer Mainframe Standard T2001 load cell 200 นิวตัน ของบริษัท J.J. Lloyd Instrument ประเทศอังกฤษ โดยมีสภาวะดังนี้ ความเร็วใบมีดตัด 200 มม./นาที, ความต่างศักย์ 2 โวลต์

$$\text{load} * 1.0$$

$$\text{extension} * 1.0$$

วิธีการตรวจสอบ

- 2.1 ติดตั้งใบมีดตัดเข้ากับเครื่อง Texturometer
- 2.2 ปรับความเร็วใบมีด, load และ extension ตามต้องการ
- 2.3 ปรับสภาพของเครื่องให้เป็นศูนย์ (set zero) เพื่อให้เครื่องพร้อมที่จะทำงาน

- 2.4 วางกระดาษกราฟ(chart) บนเครื่อง recorder และใส่หัวปากกา
- 2.5 ปรับสภาพของเครื่อง recorder ให้ปากกาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น
- 2.6 วางเอกซ์ทรูเตกบนแป้นวางตัวอย่าง
- 2.7 กดปุ่ม DOWN เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่ลงมาตัดเอกซ์ทรูเตก
- 2.8 เมื่อใบมีดตัดเอกซ์ทรูเตกจนขาด กดปุ่ม STOP (ในขณะที่ตัดจะเกิดรูปกราฟเป็นพีก (peak) ปรากฏบนเครื่อง recorder)
- 2.9 กดปุ่ม UP เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่ไปอยู่ตำแหน่งเดิม พร้อมทั้งจะวัดเอกซ์ทรูเตกชิ้นต่อไป

การคำนวณ

จากกราฟรูปที่ 3 เนื่องจาก load cell ที่ใช้มีค่า 200 นิวตัน เมื่อใช้ความต่างศักย์ 10 โวลต์ แต่ในการทดลองนี้ใช้ความต่างศักย์ 2 โวลต์ ดังนั้นความสูงในแนวแกนตั้งของกราฟทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $\frac{200 \times 2}{10} = 40$ นิวตัน วัดความ

10

สูงของพีกที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณโดยกำหนดให้ความสูงของพีกสูงสุดเป็น 40 นิวตัน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากกราฟรูปที่ 3 พีกที่ 2 จากซ้ายมือ วัดความสูงของพีกได้ 50.6

ความสูงพีก	100	มีค่าเท่ากับแรง	40	นิวตัน
"	50.6	"	$\frac{40 \times 50.6}{100} = 20.24$	"

100

3. การหาค่าสี่ (L, a, b)

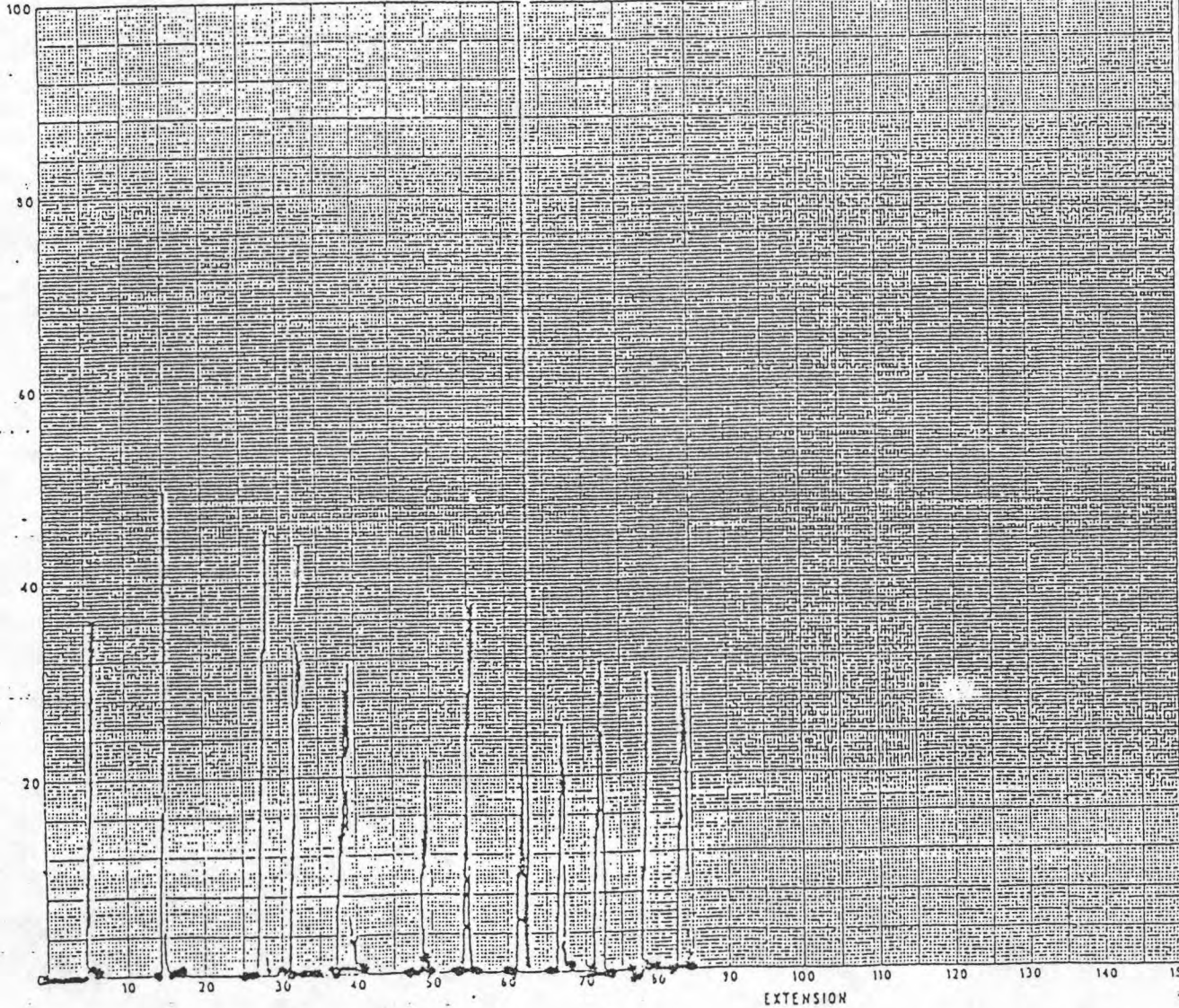
อุปกรณ์

เครื่อง GRETAG SPM 50 (Ch-8105 Regensdorf, Switzerland)

วิธีการตรวจสอบ

ลุ่มเอกซ์ทรูเตกมาบดด้วยเครื่อง moulinox, model X13 แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 mesh กวนให้เข้ากันแล้วนำกระดาษแข็งขาวกว้างประมาณ 1 นิ้ว

LOAD



INSTRUMENTS

Date	
Material:	
Batch No:	
Tested By:	
Temp °C:	
Speed mm/min	
Load Cell	
Paper/ Crosshead	
No of Cycles	
Grips	

CHART No. CPP/0015/0/0

Graph paper supplied by
J.J. Lloyd Instruments Ltd.J.J. Lloyd Instruments Ltd.
Brook Avenue, Varsash,
Southampton, ENGLAND.J.J. Lloyd Instruments GmbH
Aelmsdorfstrasse 111A
7000 Stuttgart 1, WEST GERMANY.J.J. Lloyd-Instruments S.A.
24 rue de la Gare, 78370,
Plaisir, France.

รูปที่ 3 กราฟแสดงการวัดค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง Texturometer

ที่ตากาวไว้ แล้วมาประกบเอกซ์ทรูเดทที่บิดไว้ ปาดผิวหน้าให้เรียบ สอดเข้าเครื่องวัด
กดปุ่ม Start อ่านค่า L, a, b จากหน้าปัดของเครื่อง

4. การหาค่าความหนืดและอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้ง

อุปกรณ์

เครื่อง Brabender viscoamylograph (Brabender OHG
Duisberg, Model 801240, ประเทศเยอรมัน)

วิธีการตรวจสอบ

- 4.1 อุ่นเครื่องประมาณ 20-30 นาที ก่อนวัดค่า
- 4.2 เตรียมน้ำแป้งเข้มข้น 13 % ปริมาตร 500 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน
- 4.3 ใส่แป้งลงใน amylograph bowl
- 4.4 ใส่ standard pin type stirrer ลงใน amylograph bowl และใส่หัวเข็มให้เข้าล็อก
- 4.5 ปรับเข็มของเครื่อง amylograph ให้อ่านที่ตำแหน่ง 0 บนกระดาษกราฟ
- 4.6 เปิดเครื่องให้ทำงาน เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิของระบบเป็น 50 °C ระหว่างเดินเครื่อง bowl จะหมุนอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็ว 75 รอบ/นาที น้ำแป้ง จะได้รับความร้อนโดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอัตรา 2 °C ต่อนาที จนถึง 95 °C และคงที่ที่อุณหภูมินี้ไว้ 20 นาที แล้วค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกันจนถึง 50 °C เครื่อง จะบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำแป้งกับเวลาที่ใช้ เป็นเส้นกราฟอย่างต่อเนื่อง

ภาคผนวก ค

การคำนวณทางสถิติและตัวอย่างแบบสอบถาม

แผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมมูลย์

(Balance Incomplete Block Design, BIB)

แผนมาตรฐานการจัดสิ่งทดลอง

$t=28, k=7, r=9, b=36, \lambda=2$ BIB ประเภทที่ 3

บล็อก

(1)	4	7	8	9	14	23	28
(2)	1	5	9	10	11	15	24
(3)	6	8	13	15	16	18	21
(4)	7	12	13	17	22	24	25
(5)	4	10	16	17	20	26	27
(6)	2	11	18	19	22	26	28
(7)	1	3	6	12	19	23	27
(8)	2	3	5	14	20	21	25
(9)	1	2	8	10	12	16	25
(10)	2	3	6	9	11	13	17
(11)	4	5	12	13	15	19	26
(12)	3	7	16	18	19	20	24
(13)	6	10	14	21	22	24	26
(14)	11	15	20	22	23	25	27
(15)	1	5	17	18	21	27	28
(16)	2	7	9	12	21	26	27
(17)	3	8	10	13	22	27	28
(18)	6	12	14	15	17	20	28
(19)	4	8	11	17	19	21	25
(20)	1	13	14	18	23	25	26
(21)	2	4	5	6	16	22	23
(22)	3	4	10	11	12	14	18
(23)	1	9	14	16	17	19	22

บล็อก							
(24)	1	2	4	13	20	24	28
(25)	3	5	8	17	23	24	26
(26)	5	6	7	10	19	25	28
(27)	1	6	7	8	11	20	26
(28)	9	10	13	19	20	21	23
(29)	2	8	14	15	19	24	27
(30)	3	9	15	16	25	26	28
(31)	5	8	9	12	18	20	22
(32)	11	12	16	21	23	24	28
(33)	1	3	4	7	15	21	22
(34)	5	7	11	13	14	16	27
(35)	4	6	9	18	24	25	27
(36)	2	7	10	15	17	18	23

หมายเหตุ t = จำนวนสิ่งทดลอง
 k = จำนวนหน่วยการทดลองต่อบล็อก
 r = จำนวนซ้ำ
 b = จำนวนบล็อก
 λ = จำนวนครั้งที่สิ่งทดลองแต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อก = $r(k-1)/(t-1)$

การคำนวณ

1. หาค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้แก่

$$Q_t = kT_t - B_t$$

$$W_t = (t-k)T_t - (t-1)B_t + (k-1)G.T.$$

โดยที่ T_t = ผลรวมสิ่งทดลองแต่ละครั้ง

B_t = ผลรวมของทุกบล็อกที่สิ่งทดลองนั้นปรากฏ

หมายเหตุ ก) ผลรวมของ $Q_t = 0$ เสมอ

ข) ผลรวมของ $W_t = 0$ เสมอ

ค) ผลรวมของ $B_t = kG.T.$

2. หาค่า sum of squares

$$C.F. = \frac{(\text{ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง})^2}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} = (\text{จำนวนซ้ำ})(\text{จำนวนสิ่งทดลอง})}$$

$$\text{Total S.S.} = \text{ผลบวกของ}(\text{ข้อมูลแต่ละตัว})^2 - C.F.$$

$$\text{Treatments S.S. (unadj.)}$$

$$= \frac{\text{ผลบวกของ}(\text{ผลรวมแต่ละบล็อก})^2}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม} = \text{จำนวนซ้ำ} \times t} - C.F.$$

$$\text{Treatments S.S. (adj.)} = \frac{(\sum Q_i^2)}{kt}$$

$$\text{Block S.S. (unadj.)}$$

$$= \frac{\text{ผลบวกของ}(\text{ผลรวมแต่ละบล็อก})^2}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม} = \text{จำนวนสิ่งทดลองต่อบล็อก}} - C.F.$$

$$\text{Block S.S. (adj.)}$$

$$= \text{Block S.S. (unadj.)} + \text{Treatments S.S. (adj.)} -$$

$$\text{Treatments S.S. (unadj.)}$$

$$\text{Intrablock S.S.} = \text{Total S.S.} - \text{Treatments S.S. (unadj.)} - \text{Block S.S. (adj.)}$$

3. ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน BIB ประเภท 3

Source of variation	d.f.	S.S.	M.S.
Treatment (unadj.)	t-1		
Block (adj.)	b-1		E_b
Intrablock (Error)	rt-t-b+1		E_e
Total	rt-1		

4. คำนวณตัวปรับค่า (μ)

$$\mu = \frac{(b-1)(E_b - E_{\cdot})}{t(k-1)(b-1)E_{\cdot} + (t-k)(b-t)E_{\cdot}}$$

หาก $E_b \leq E_{\cdot}$ ไม่ต้องหาค่า μ

5. คำนวณผลรวมของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้รับอิทธิพลของบล็อกออกแล้ว (T_i')

$$T_i' = T_i + \mu W_i$$

6. หาค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้ปรับค่าแล้ว

$$T_i = T_i' / r$$

7. คำนวณหา Adjusted Treatment Total S.S.

$$\text{Adj.Tr.Total S.S.}$$

$$= \frac{\text{ผลบวกของ(ผลรวมแต่ละสิ่งทดลองที่ปรับค่าแล้ว)}^2}{d.f._{tr}}$$

8. หา Adj.Tr.Total M.S.

$$\text{Adj.Tr.Total M.S.} = \text{Adj.Tr.Total S.S.} / d.f._{tr}$$

9. หา Effective Error M.S. (E_{\cdot}')

$$(E_{\cdot}') = E_{\cdot} [1 + (t-k)\mu] \quad ; \quad d.f._{\text{intra block}}$$

10. การทำ F-test

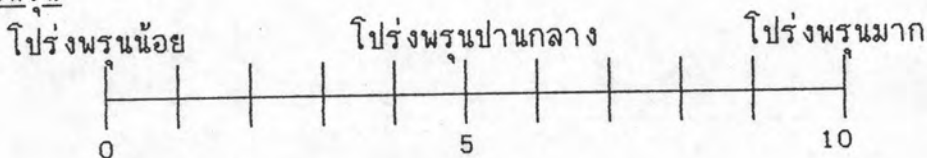
$$F = \frac{\text{Adj.Tr.Total M.S.}}{\text{Effective Error M.S.}} \quad ; \quad d.f._{(tr, \text{intra block})}$$

แบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสแบบ scoring

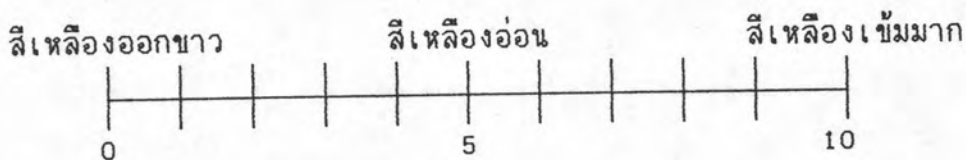
ชื่อ _____ วันที่ _____

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งมันเทศ แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับแกน
นอนให้ตรงกับความรู้สึกของท่านในด้านความโปร่งพรุน สี ความกรอบ และทำเครื่องหมาย
✓ ในด้านการยอมรับรวม และขีดเส้นตั้งฉากกับแกนนอนอีกครั้ง แล้วกำหนดให้
สัญลักษณ์เป็น I ตามความรู้สึกที่ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะดังกล่าว

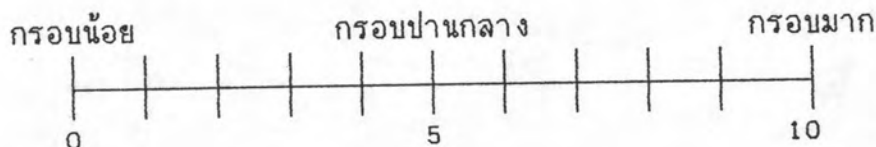
ความโปร่งพรุน



สี



ความกรอบ



การยอมรับรวม

- | | | |
|-------|--------------------|-------------------|
| _____ | ไม่ยอมรับมากที่สุด | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ไม่ยอมรับมาก | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ไม่ยอมรับปานกลาง | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ไม่ยอมรับเล็กน้อย | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | เฉย ๆ | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ยอมรับเล็กน้อย | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ยอมรับปานกลาง | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ยอมรับมาก | ตัวอย่างที่ _____ |
| _____ | ยอมรับมากที่สุด | ตัวอย่างที่ _____ |

ข้อเสนอแนะ _____

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่
สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งที่ใช้ร่วมกับแป้งมันเทศ (A) อุณหภูมิ
ในการผลิต (B) และความเร็วของสกรูอัด (C)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งที่ใช้ร่วม	2.788	2	1.394	441.953*
B: อุณหภูมิในการผลิต	1.581	2	0.791	250.561*
C: ความเร็วสกรูอัด	0.026	3	0.009	2.732
INTERACTIONS				
AB	0.192	4	0.048	15.185*
AC	0.364	6	0.060	19.210*
BC	0.048	6	0.008	2.514*
ABC	0.119	12	0.010	3.138*
RESIDUAL	0.114	36	0.003	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ
เนื่องจากชนิดแป้งที่ใช้ร่วมกับแป้งมันเทศ (A) อุณหภูมิในการผลิต (B)
และความเร็วของสกรูอัด (C)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งที่ใช้ร่วม	31.925	2	15.962	81.065*
B: อุณหภูมิในการผลิต	76.615	2	38.307	194.541*
C: ความเร็วสกรูอัด	282.378	3	94.126	478.013*
INTERACTIONS				
AB	14.108	4	3.527	17.911*
AC	19.687	6	3.281	16.663*
BC	8.700	6	1.450	7.364*
ABC	11.624	12	0.969	4.919*
RESIDUAL	7.089	36	0.197	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ที่
 สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งที่ใช้ร่วมกับแป้งมันเทศ (A) อุณหภูมิ
 ในการผลิต (B) และความเร็วของสกรูอัด (C)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งที่ใช้ร่วม	120.008	2	60.004	76.614*
B: อุณหภูมิในการผลิต	58.725	2	29.362	37.491*
C: ความเร็วสกรูอัด	299.964	3	99.988	127.667*
INTERACTIONS				
AB	23.700	4	5.925	7.565*
AC	17.118	6	2.853	3.643*
BC	24.810	6	4.135	5.280*
ABC	22.942	12	1.912	2.441*
RESIDUAL	28.195	36	0.783	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งที่ใช้ร่วมกับแป้งมันเทศ (A) อุณหภูมิในการผลิต (B) และความเร็วของสกรูอัด (C)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งที่ใช้ร่วม	59.560	2	29.780	186.984*
B: อุณหภูมิในการผลิต	36.531	2	18.265	114.686*
C: ความเร็วสกรูอัด	94.658	3	31.552	198.113*
INTERACTIONS				
AB	5.810	4	1.452	9.120*
AC	4.923	6	0.820	5.152*
BC	7.016	6	1.169	7.342*
ABC	7.571	12	0.631	3.962*
RESIDUAL	5.734	36	0.159	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งที่ใช้ร่วมกับแป้งมันเทศ (A) อุณหภูมิในการผลิต (B) และความเร็วของสกรูอัด (C)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งที่ใช้ร่วม	5.826	2	2.913	9.635*
B: อุณหภูมิในการผลิต	83.532	2	41.766	138.155*
C: ความเร็วสกรูอัด	34.652	3	11.551	38.208*
INTERACTIONS				
AB	14.035	4	3.509	11.607*
AC	8.730	6	1.455	4.813*
BC	7.770	6	1.295	4.284*
ABC	9.580	12	0.798	2.641*
RESIDUAL	10.883	36	0.302	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งมันเทศ (A) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ร่วม (B) อุณหภูมิในการผลิต (C) และความเร็วสกรูอัด (D)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งมันเทศ	7.489	1	7.489	56960.11*
B: ปริมาณแป้งที่ใช้ร่วม	13.510	2	6.755	51375.44*
C: อุณหภูมิในการผลิต	0.243	2	0.122	924.99*
D: ความเร็วสกรูอัด	4.019	2	2.009	15282.06*
INTERACTIONS				
AB	0.808	2	0.404	3071.18*
AC	0.102	2	0.051	386.43*
BC	0.064	4	0.016	121.48*
ABC	0.020	4	0.005	37.61*
AD	0.119	2	0.060	453.19*
BD	0.137	4	0.034	259.94*
ABD	0.032	4	0.008	60.25*
CD	0.134	4	0.033	254.49*
ACD	0.043	4	0.011	81.40*
BCD	0.109	8	0.014	103.42*
ABCD	0.129	8	0.016	122.62*

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ
เนื่องจากชนิดแป้งมันเทศ (A) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ร่วม (B) อุณหภูมิ
ในการผลิต (C) และความเร็วสกรูอัด (D)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งมันเทศ	43.307	1	43.307	530.30*
B: ปริมาณแป้งที่ใช้ร่วม	2846.389	2	1423.194	17427.07*
C: อุณหภูมิในการผลิต	117.937	2	58.969	722.07*
D: ความเร็วสกรูอัด	368.127	2	184.063	2253.86*
INTERACTIONS				
AB	53.230	2	26.615	325.90*
AC	28.732	2	14.366	175.91*
BC	53.112	4	13.278	162.59*
ABC	50.221	4	12.555	153.74*
AD	34.960	2	17.480	214.04*
BD	23.846	4	5.962	73.00*
ABD	3.170	4	0.792	9.71*
CD	8.035	4	2.009	24.60*
ACD	9.186	4	2.296	28.12*
BCD	19.700	8	2.462	30.15*
ABCD	35.239	8	4.405	53.94*

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งมันเทศ (A) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ร่วม (B) อุณหภูมิในการผลิต (C) และความเร็วสกรูอัด (D)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งมันเทศ	174.244	1	174.244	10792.82*
B: ปริมาณแป้งที่ใช้ร่วม	338.812	2	169.406	10493.13*
C: อุณหภูมิในการผลิต	18.764	2	9.382	581.13*
D: ความเร็วสกรูอัด	93.926	2	46.963	2908.92*
INTERACTIONS				
AB	50.423	2	25.211	1561.63*
AC	6.484	2	3.242	200.80*
BC	7.138	4	1.784	110.53*
ABC	10.590	4	2.647	163.98*
AD	1.062	2	0.531	32.91*
BD	162.807	4	40.702	2521.10*
ABD	18.832	4	4.708	291.62*
CD	12.917	4	3.229	200.03*
ACD	5.736	4	1.434	88.83*
BCD	37.281	8	4.660	288.65*
ABCD	14.237	8	1.780	110.24*

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งมันเทศ (A) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ร่วม (B) อุณหภูมิในการผลิต (C) และความเร็วสกรูอัด (D)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งมันเทศ	0.555	1	0.555	21.60*
B: ปริมาณแป้งที่ใช้ร่วม	21.390	2	10.695	416.54*
C: อุณหภูมิในการผลิต	6.437	2	3.219	125.35*
D: ความเร็วสกรูอัด	28.935	2	14.467	563.46*
INTERACTIONS				
AB	0.974	2	0.487	18.98*
AC	1.700	2	0.850	33.10*
BC	0.278	4	0.069	2.70*
ABC	1.344	4	0.336	13.09*
AD	1.084	2	0.542	21.12*
BD	35.111	4	8.778	341.87*
ABD	4.678	4	1.170	45.55*
CD	2.786	4	0.696	27.12*
ACD	1.229	4	0.307	11.97*
BCD	9.856	8	1.232	47.98*
ABCD	3.859	8	0.482	18.79*

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะต่าง ๆ เนื่องจากชนิดแป้งมันเทศ (A) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ร่วม (B) อุณหภูมิในการผลิต (C) และความเร็วสกรูอัด (D)

Source of Variation	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F.ratio
MAIN EFFECTS				
A: ชนิดแป้งมันเทศ	282.820	1	282.820	7482.56*
B: ปริมาณแป้งที่ใช้ร่วม	75.246	2	37.623	995.39*
C: อุณหภูมิในการผลิต	3.322	2	1.661	43.95*
D: ความเร็วสกรูอัด	34.742	2	17.371	459.58*
INTERACTIONS				
AB	19.806	2	9.903	262.00*
AC	3.832	2	1.916	50.69*
BC	21.653	4	5.413	143.22*
ABC	19.692	4	4.923	130.25*
AD	9.829	2	4.914	130.02*
BD	39.872	4	9.968	263.72*
ABD	16.829	4	4.207	111.31*
CD	9.856	4	2.464	65.19*
ACD	10.472	4	2.618	69.27*
BCD	40.974	8	5.122	135.51*
ABCD	13.038	8	1.630	43.12*

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ประวัติผู้เขียน

นางสาว รังสิณี โสธรวิทย์ เกิดวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2513 ได้รับ
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ
พ.ศ. 2535 ปัจจุบันรับราชการที่ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

