รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จารุณี เหลืองเพชรงาม , *การศึกษาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จแบบหลายโรงผสม* , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536

ชูเวช ชาญสง่าเวช , *การจัดการทางวิศวกรรม* , ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย , *การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหาร*

ปรีดา พิมพ์ขาวข่ำ , *เซรามิกส์* , สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535

พิชิต สุขเจริญพงษ์ , *การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม* , 2521

วรสาร *For Quality* , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , 2537

วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ , *วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ* , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , 2535

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ , จันทนา จันทโร , *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม* , สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536

สมชาย วิศาวีรศักดิ์ , *การพัฒนาระบบควบคุมคุณภพของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ประจำโต๊ะอาหาร* , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534

สมนึก วิสิทธิแพททย์ , *การปรับปรุงแผนการผลิตของโรงงานกระป๋องโลหะขนาดเล็ก ในประเทศไทย* , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาห- การ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2533

เสรี ยูนิพันธ์ , จรูญ มหิธาฟองกุล , ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย , *เทคนิคการควบคุมคุณภาพ* , สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536

ภาษาอังกฤษ

Dudley J. Cowden , *Statistical Methods in Quality Control* , Prentice-Hall , 1957

Feigenbaum A.V. , *Total Quality Control* , 3rd , McGraw-Hill , NY. , 1983

Harry J. Snyder , *Vender Quality Control* , 22 - Annual Technical Conference , 1968

Juran J.M. and Gryna , F.M. , *Quality Planning and Analysis* , 3rd , McGraw-Hill , NY. , 1993

Kramer , Amihud , *Fundamental of Quality Control for the Food Industry* , 1966

Moen , D. Ronald , *Improvement Quality Through Planned Experimentation* , 1st , McGraw-Hill , Singapore. , 1991

Robert D. Carlsan , Jo Ann Gerberr and James F. Mchugh , *Manual of Quality Assurance Procedures and Forms* , Prentice Hall , 1992

Wilbur A. Gould , *Food Quality Assurance* , AVI Text Book Series , 1977

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการสุ่มตรวจสอบวัตถุดิบทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร 3 ประเภท

(สำหรับแผนการสุ่มที่ใช้งาน นำเสนอในตารางที่ 7.3)

1. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋อง หรือมีลักษณะที่คล้ายกัน โดยจัดแบ่งตามปริมาตรของกระป๋องที่บรรจุ (canned or similarly processed fruits , vegetables and products thereof containing units of such size and character as to be readily separable)
2. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์แช่แข็ง (frozen or similarly processed fruits , vegetables and products thereof containing units of such size and character as to be readily separable)
3. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋อง , แช่แข็ง หรืออื่นๆที่อยู่ในสภาพของเหลว หรือสภาวะเนื้อเดียวกัน (canned , frozen or otherwise processed fruits , vegetables , related products and products thereof a comminuter , fluid or homogeneous state)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SINGLE SAMPLING PLANS AND ACCEPTANCE LEVELS—CANNED OR SIMILARLY PROCESSED FRUITS, VEGETABLES, AND PRODUCTS THEREOF CONTAINING UNITS OF SUCH SIZE AND CHARACTER AS TO BE READILY SEPARABLE

Container Size Group	Lot Size (No. of Containers)								
Group 1—Any type of container of less volume than that of a No. 300 size can (300 × 407)	3,600 or less	3,601–14,400	14,401–48,000	48,001–96,000	96,001–156,000	156,001–228,000	228,001–300,000	300,001–420,000	Over 420,000
Group 2—Any type of container of a volume equal to or exceeding that of a No. 300 size can, but not exceeding that of a No. 3 cylinder size can (404 × 700)	2,400 or less	2,401–12,000	12,001–24,000	24,001–48,000	48,001–72,000	72,001–108,000	108,001–168,000	168,001–210,000	Over 240,000
Group 3—Any type of container of a volume exceeding that of a No. 3 cylinder size can, but not exceeding that of a No. 12 size can (603 × 812)	1,200 or less	1,201–7,200	7,201–15,000	15,001–24,000	24,001–36,000	36,001–60,000	60,001–84,000	84,001–120,000	Over 120,000
Group 4—Any type of container of a volume exceeding that of a No. 12 size can, but not exceeding that of a 5-gal. container	200 or less	201–800	801–1,600	1,601–2,400	2,401–3,600	3,601–8,000	8,001–16,000	16,001–28,000	Over 28,000
Group 5—Any type of container of a volume exceeding that of a 5-gal. container	25 or less	26–80	81–200	201–400	401–800	801–1,200	1,201–2,000	2,001–3,200	Over 3,200
	Single Sampling Plans								
Sample size (No. of sample units)[1]	3	6	13	21	24	38	48	60	72
Acceptance No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8

[1]The sample units for the various container size groups are as follows: Groups 1, 2 and 3—1 container and its entire contents. Groups 4 and 5—approximately 2 lb of product. When determined by the inspector that a 2-lb sample unit is inadequate, a larger sample unit may be substituted.

รูปที่ 1. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋อง หรือมีลักษณะที่คล้ายกัน โดยจัดแบ่งตามปริมาตรของกระป๋องที่บรรจุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SAMPLING PLANS AND ACCEPTANCE LEVELS—FROZEN OR SIMILARLY PROCESSED FRUITS, VEGETABLES, AND PRODUCTS THEREOF CONTAINING UNITS OF SUCH SIZE AND CHARACTER AS TO BE READILY SEPARABLE

Container Size Group	Lot Size (No. of Containers)								
Group 1—Any type of container of 1 lb or less net weight	2,400 or less	2,401–12,000	12,001–24,000	24,001–48,000	48,001–72,000	72,001–108,000	108,001–168,000	168,001–240,000	Over 240,000
Group 2—Any type of container over 1 lb but not over 4 lb net weight	1,800 or less	1,801–8,400	8,401–18,000	18,001–36,000	36,001–60,000	60,001–96,000	96,001–132,000	132,001–168,000	Over 168,000
Group 3—Any type of container over 4 lb but not over 10 lb net weight	900 or less	901–3,600	3,601–10,800	10,801–18,000	18,001–36,000	36,001–60,000	60,001–84,000	84,001–120,000	Over 120,000
Group 4—Any type of container over 10 lb but not over 100 lb net weight	200 or less	201–800	801–1,600	1,601–2,400	2,401–3,600	3,601–8,000	8,001–16,000	16,001–28,000	Over 28,000
Group 5—Any type of container over 100 lb net weight	25 or less	26–80	81–200	201–400	401–800	801–1,200	1,201–2,000	2,001–3,200	Over 3,200
	Single Sampling Plans								
Sample size (No. of sample units)[1]	3	6	13	21	29	38	48	60	
Acceptance No.	0	1	2	3	4	5	6	7	

[1]The sample units for the various container size groups are as follows: Groups 1, 2, and 3—1 container and its entire contents. Groups 4 and 5—approximately 3 lb of product. When determined by the inspector that a 3-lb sample unit is inadequate, a larger sample unit of 1 or more containers and their contents may be substituted for 1 or more sample units of 3 lb.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์แช่แข็ง

SAMPLING PLANS AND ACCEPTANCE LEVELS—CANNED, FROZEN, OR OTHERWISE PROCESSED FRUITS, VEGETABLES, RELATED PRODUCTS, AND PRODUCTS THEREOF OF A COMMINUTED, FLUID, OR HOMOGENEOUS STATE

Container Size Group[1]	Lot Size (No. of Containers)								
Group 1—Any type of container of 12 oz or less	5,400 or less	5,401–21,600	21,601–62,400	62,401–112,000	112,001–174,000	174,001–240,000	240,001–360,000	360,001–480,000	Over 480,000
Group 2—Any type of container over 12 oz but not over 60 oz	3,600 or less	3,601–14,400	14,401–48,000	48,001–96,000	96,001–156,000	156,001–228,000	228,001–300,000	300,001–420,000	Over 420,000
Group 3—Any type of container over 60 oz but not over 160 oz	1,800 or less	1,801–8,400	8,401–18,000	18,001–36,000	36,001–60,000	60,001–96,000	96,001–132,000	132,001–168,000	Over 168,000
Group 4—Any type of container over 160 oz. but not over 100 lb, whichever is applicable	200 or less	201–800	801–1,600	1,601–3,200	3,201–8,000	8,001–16,000	16,001–24,000	24,001–32,000	Over 32,000
Group 5—Any type of container over 10 gal. or 100 lb whichever is applicable	26 or less	26–80	81–200	201–400	401–800	801–1,200	1,201–2,000	2,001–3,200	Over 3,200
Group 6—Honey Only—Any type of container of a volume equal to or exceeding that of a 5-gal container	—	20 or less	21–150	151–400	401–800	801–1,200	1,201–2,000	2,001–3,200	Over 3,200
	Single Sampling Plans								
Sample size (No. of sample units)[2]	3	6	13	21	29	38	48	60	72
Acceptance No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8

[1] Ounces pertain to either fluid ounces of volume or avoirdupois ounces of net weight whichever is applicable for the product involved.
[2] The sample units for the various container size groups are as follows: Group 1, 2, and 3—1 container and its entire contents. A smaller sample unit may be substituted in group 3 at the inspector's discretion. Groups 4, 5, and 6—approximately 16 oz of product. When determined by the inspector that a 16-oz sample unit is inadequate, a larger sample unit may be substituted.

รูปที่ 3. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ - ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกระป๋อง , แช่แข็ง หรืออื่นๆที่อยู่ในสภาพของเหลว หรือสภาวะเนื้อเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหมายของคำศัพท์

- การไหลตัว (Fluidity)

เพื่อวัดคุณสมบัติการไหลตัวของของเหลว เครื่องมือที่ใช้คือ Gallenkamp โดยหน่วยวัดที่ได้จะอยู่ในรูป องศา

- ความถี่ตะแกรง (Mesh)

หน่วยที่บ่งบอกค่าความถี่ของตะแกรง (Mesh = จำนวนช่อง / 1 ตารางนิ้ว)

เช่น 100 Mesh = 100 ช่อง / 1 ตารางนิ้ว

- ความหนาแน่น (Density)

หรือความถ่วงจำเพาะ (สามารถใช้แทนกันได้) ใช้กระบอกตวงเป็นเครื่องมือวัด

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น.น. (น้ำดิน+กระบอกตวง) - น.น. (กระบอกตวง)}}{\text{ปริมาณกระบอกตวง}}$$

- ค่าความแข็ง (M.O.R.)

หรือ ค่าพิกัดแตกร้าว (Modulus of Rupture) โดยใช้เครื่องมือกดลงบนชิ้นงาน

$$S = \frac{3 * PL}{2 * bd^2}$$

S = ความแข็ง หน่วย ก.ก./ตร.ซม.

P = น.น.ที่กดลงบนชิ้นงาน

L = ระยะระหว่างจุดกดของชิ้นงาน หน่วย ซม.

b = ส่วนกว้างของแท่งทดสอบ หน่วย ซม.

d = ความหนาของแท่งทดสอบ หน่วย ซม

- ค่า % น้ำ หรือความชื้น (% water or moisture content)

แสดงถึงปริมาณน้ำในสาร หรือวัตถุดิบนั้นๆ โดยนำสารนั้นไปอบเพื่อไล่ความชื้นออก

$$\%\ \text{ความชื้น} = \frac{\text{น.น. (ก่อนอบ) - น.น. (หลังอบ)}}{\text{น.น. (ก่อนอบ)}} * 100$$

- ค่า % หดตัว (% Shrinkage)

แสดงถึงระยะ หรือปริมาณการหดตัวของชิ้นงานที่ทำขึ้นจากวัตถุดิบ โดยนำวัตถุดิบมาหล่อเป็นแท่งยาว 10 ซม. และดำเนินการนำไปอบ และเผาตามลำดับ

$$\%\ \text{เปียก - แห้ง} = \frac{\text{ความยาว (เปียก) - ความยาว (แห้ง)}}{\text{ความยาว (เปียก)}} * 100$$

$$\% \text{ แห้ง - เผา} = \frac{\text{ความยาว (แห้ง) - ความยาว (หลังเผา)}}{\text{ความยาว (แห้ง)}} * 100$$

$$\% \text{ หดตัวรวม} = \frac{\text{ความยาว (เปียก) - ความยาว (หลังเผา)}}{\text{ความยาว (เปียก)}} * 100$$

- ค่า % ดูดซึมน้ำ (% Water Absorption)

แสดงถึงปริมาณของน้ำที่เนื้อดินสุก (ชิ้นงานหลังเผา) สามารถดูดซึมได้ โดยนำชิ้นงานเข้าเผาและนำมาทิ้งไว้ในน้ำตามกำหนดเวลาที่ต้องการ แล้วจึงวัดค่า

$$\% \text{ ดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น.น. (เปียก) - น.น. (แห้ง)}}{\text{น.น. (แห้ง)}} * 100$$

- ค่า % สารค้างตะแกรง (% Residue on)

แสดงถึงความละเอียดของของวัตถุดิบ โดยนำวัตถุดิบละลายน้ำเพื่อสามารถกรองผ่านตะแกรงได้สะดวก แล้วนำปริมาณสารที่ค้างอยู่มาอบแห้ง จากนั้นจึงทำการคำนวณค่าออกมา

$$\% \text{ สารค้างตะแกรง} = \frac{\text{น.น.สารค้างตะแกรง}}{\text{น.น.แห้งของสารตัวอย่าง}} * 100$$

- ดัชนี เมธิลีนบลู (Methylene Blue Index)

เป็นการหาค่าความสามารถของการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับประจุบวกของเมธิลีนบูล ซึ่งเป็นค่าที่เชื่อมโยงไปถึงความละเอียดของวัตถุดิบมากน้อยเพียงไร หรือก็คือ วัตถุดิบมีพื้นที่ผิวมากน้อยเพียงใด หน่วยเป็น meg./ 100 gm. รายละเอียดสามารถอ่านเพิ่มเติมได้จากหนังสือ เซรามิก , ปรีดา พิมพ์ขาวขำ

- น้ำหนักลงโม่

หมายถึงปริมาณ (น้ำหนัก) ของสาร หรือวัตถุดิบ+น้ำ ที่ทำการใส่ลงในหม้อบดแต่ละครั้ง (ในการบดสูตรดิน หรือสูตรเคลือบ มีการใส่วัตถุดิบแบ่งเป็นหลายช่วง)

- อัตราการไหล (Casting Rate)

เพื่อหาว่า ดิน , น้ำดินหล่อ หนาช้า หรือหนาเร็ว โดยเทน้ำดินที่เตรียมไว้ลงในแบบปลาสเตอร์ตามกำหนดเวลา 10 และ 30 นาที สำหรับดินเหนียว , 5 และ 10 นาที สำหรับดินขาว และ 30 นาที สำหรับน้ำดินหล่อ หลังจากนั้นเทน้ำดินออก แล้วทิ้งไว้ต่ออีก 10 นาที จากนั้นแกะแบบออกแล้ววัดความหนาของชิ้นทดสอบด้วยเวอร์เนียร์

- ปริมาณสารแขวนลอย (Deflocculant Demand)

เป็นการหาปริมาณสารแขวนลอยที่ทำให้ค่าการไหลตัวสูงสุด โดยใช้สารละลายโซเดียมซิลิเกต หรือที่เรียกว่า Deflocculant (0..5 กรัม/ลิตร)เติมลงในน้ำดินที่เตรียมไว้แล้วทำการวัดค่าการไหลตัวจนได้ค่า 340 - 350 องศา ซึ่งต้องบันทึกจำนวนหยดของสารละลายที่เติมด้วย

ปริมาณสารแขวนลอย = $\frac{\text{จำนวนสารละลายโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ * 100}}{\text{น.น.แห้งของดินทดสอบ}}$

- เวลาพักตัว (Setting Time)

ช่วงเวลาที่ทิ้งไว้เพื่อทำให้ชิ้นงานมีความอยู่ตัว เช่น ช่วงเวลาที่ทิ้งไว้เมื่อทำการเทน้ำดินส่วนออกจากแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะของตัวแปรที่ใช้เขียนแผนภูมิ คือ

1. แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือเป็นข้อมูลจาก หน่วยวัด (Continuous Value)
2. แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลที่มีค่าเป็นค่าแจงนับ (Discrete Value) หรือ มีค่าเต็มหน่วย ซึ่งเป็นข้อมูลจาก หน่วยนับ

ลักษณะจำเพาะของค่าที่จะควบคุม	ชื่อแผนภูมิควบคุมที่ใช้
1. ข้อมูลมีค่าต่อเนื่อง หรือข้อมูลจากหน่วยวัด	X - Chart (แผนภูมิควบคุมค่าวัด)
	X-Bar - Chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย)
2. ข้อมูลแบบค่าแจงนับ หรือข้อมูลจากหน่วยนับ	*pn* - Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสีย)
	p - Chart (แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย)
	c - Chart (แผนภูมิควบคุมค่าตำหนิ)
	u - Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อชิ้น)

สำหรับรายละเอียดวิธีการคำนวณค่าขอบเขตควบคุม จะทำการแสดงเฉพาะแผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือเป็นข้อมูลจาก หน่วยวัด คือ X - Chart และ X-Bar - Chart

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าขอบเขตควบคุม

X - Chart เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลครั้งละ 1 ตัว ทำให้ไม่มีค่าพิสัย (R) ดังนั้น จึงอาศัยพิสัยเคลื่อนที่ (Moving Average) ซึ่งวัดเทียบกันระหว่างค่าวัดที่อยู่ต่อเนื่องกันเป็นหลัก ในการคำนวณหาขอบเขตควบคุม

ขอบเขตควบคุมบน UCL = $\bar{X} + 3\sigma_x$

เส้นกึ่งกลาง CL = $\bar{X}$

ขอบเขตควบคุมล่าง LCL = $\bar{X} - 3\sigma_x$

เมื่อ $\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูล (x) ทั้งหมด

σ_x เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจาก

$$\sigma_x = \sigma / N^{1/2}$$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด

N เป็นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับกรณี X - Chart นั้น N = 1 ฉะนั้น $\sigma_x = \sigma$

และค่าของ σ สามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma = R_S / d_2$$

เมื่อ R_S เป็นค่าเฉลี่ยพิสัยเคลื่อนที่

d_2 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

(พิจารณาค่า d_2 จากตารางที่ 1.โดยกรณีนี้พิจารณา N = 2 เนื่องจากใช้ข้อมูล 2 ตัวหาพิสัย)

ดังนั้น $3\sigma_x = 3R_S / d_2$

$= 2.66\ R_S$: $d_2 = 1.128$

ขอบเขตควบคุมบน UCL = $\bar{X} + 2.66\ R_S$

เส้นกึ่งกลาง CL = $\bar{X}$

ขอบเขตควบคุมล่าง LCL = $\bar{X} - 2.66\ R_S$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

X-Bar - R Chart ค่าขอบเขตควบคุมสามารถใช้ค่าพิสัย (R) ในการคำนวณได้

ขอบเขตควบคุมบน UCL = $X_s + 3\sigma_x$

เส้นกึ่งกลาง CL = X_s

ขอบเขตควบคุมล่าง LCL = $X_s - 3\sigma_x$

เมื่อ X_s เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

σ_x เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจาก

$$\sigma_x = \sigma / N^{1/2}$$

เมื่อ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด

N เป็นจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

และค่าของ σ สามารถประมาณได้จากความสัมพันธ์

$$\sigma = \bar{R} / d_2$$

เมื่อ $\bar{R}$ เป็นค่าเฉลี่ยพิสัยกลุ่มตัวอย่าง

d_2 เป็นค่าคงที่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

(พิจารณาค่า d_2 จากตารางที่ ค-1)

ดังนั้น

$$3\sigma_x = 3\bar{R} / d_2$$

$$= 3\bar{R} / (d_2 N^{1/2})$$

$$= A_2 \bar{R}$$

เมื่อ A_2 เป็นค่าคงที่ (พิจารณาค่า A_2 จากตารางที่ ค-1)

ขอบเขตควบคุมบน UCL = $X_s + A_2 \bar{R}$

เส้นกึ่งกลาง CL = X

ขอบเขตควบคุมล่าง LCL = $X_s - A_2 \bar{R}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ตัวประกอบสำหรับแผนภูมิควบคุม

N	d_2	A_2
2	1.128	1.880
3	1.693	1.023
4	2.059	0.729
5	2.326	0.577
6	2.534	0.483
7	2.704	0.419
8	2.847	0.373
9	2..970	0.337
10	3.078	0.308
11	3.137	0.285
12	3.258	0.266
13	3.336	0.249
14	3.407	0.235
15	3.472	0.223
16	3.532	0.212
17	3.588	0.203
18	3.640	0.194
19	3.689	0.187
20	3.735	0.180
21	3.778	0.173
22	3.819	0.167
23	3.858	0.162
24	3.895	0.157
25	3.931	0.153
> 25	R / σ	$3 / (d_2 N^{1/2})$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสามารถกระบวนการ

สำหรับการศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิต หรือเพื่อเป็นการแสดงความแปรผันของกระบวนการผลิต ในกรณีการนำมาใช้สำหรับขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบนั้น เป็นดัชนีวัดความแปรผันของวัตถุดิบที่ตรวจรับ ซึ่งค่าที่ออกมาจะเป็นการเปรียบเทียบว่าความแปรผันของวัตถุดิบในแต่ละช่วงมีความผันแปรสูงเพียงใด

$$\text{ค่าความสามารถกระบวนการ (C p)} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

กรณีที่มีขอบเขตข้อกำหนดเพียงด้านเดียว ค่าความสามารถกระบวนการ คือ

$$\text{สำหรับขอบเขตบน} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$\text{สำหรับขอบเขตล่าง} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

เมื่อ USL เป็นค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (upper specification limit)

LSL เป็นค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (lower specification limit)

μ เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลกระบวนการผลิต

σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

หากค่าความสามารถกระบวนการ (Cp) < 1 แสดงว่ากระบวนการนั้นใช้ไม่ได้ หรืออาจ บ่งบอกได้ว่ามีความแปรผันเกิดขึ้นในระดับหนึ่ง ยิ่งค่าต่ำมากแสดงว่ามีความแปรผันสูง

จากผลการคำนวณค่าความสามารถกระบวนการ (หน้า 178) เนื่องจากทางโรงงานตัวอย่างยังไม่มีค่าขอบเขตข้อกำหนด หรือค่ามาตรฐาน จึงใช้ค่าขอบเขตควบคุมจากผลการคำนวณแทน (UCL = USL) และ ใช้ค่า CL แทน μ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance , ANOVA) คือเทคนิคที่ใช้ในการจัดสรรความแปรผัน (Variation) ที่เกิดขึ้นในข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆตามแหล่งที่คาดว่าทำให้เกิดความแปรผัน

ดังนั้นในการจัดทำค่ามาตรฐานของวัตถุดิบ ซึ่งเป็นข้อมูลจากการกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบนั้นจำเป็นที่ต้องมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลภายในกรุ๊ปย่อย (เก็บข้อมูล 3 ค่าต่อกรุ๊ปย่อย) เพื่อที่จะเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบภายในรุ่น (Lot) เดียวกันมีความเหมือนกันในระดับที่ยอมรับได้ (Test of Homogeneous) แต่สำหรับกรณีวัตถุดิบทางเซรามิกประเภท ดิน , ทราย เมื่อนำมาทดสอบความแปรปรวนแล้วอาจพบว่าไม่สามารถที่จะยอมรับว่าเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมือนกัน เนื่องจากความผันแปรของวัตถุดิบอย่างมาก อย่างไรก็ตามเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ก็ถือว่าเป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำค่ามาตรฐาน

โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับทดสอบ F (F Test) อาจสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตามเนื่องจากปัจจัยเดียว ได้ดังนี้

1. เนื่องจากความผันแปรของตัวแปรตาม , X_{ij} , คาดว่ามีผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยหนึ่งปัจจัยจึงอาจเขียนรูปแบบของความแปรผันของ X_{ij} ได้เป็น

$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ยของประชากร

α_j คือค่าปัจจัยในแต่ละระดับ

ε_{ij} คือความผันแปรโดยธรรมชาติของข้อมูล

สมมติฐานที่จะทดสอบคือ

H_0 : $\alpha_j = 0$ สำหรับทุก j

H_1 : $\alpha_j \neq 0$ สำหรับบาง j

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. คำนวณผลบวกกำลังสองรวม , SS_T

$$SS_T = \sum_j \sum_i X_{ij}^2 - (\sum_j \sum_i X_{ij})^2 / nk$$

ดีกรีความอิสระ $\nu_T = nk - 1$

เมื่อ n เป็นระดับของปัจจัย (จำนวนข้อมูลในกรุ๊ปย่อย)

k เป็นจำนวนครั้งที่ทดลอง

3. คำนวณผลบวกกำลังสองเนื่องจากปัจจัย , SS_{Tr}

$$SS_{Tr} = \sum_j (\sum_i X_{ij})^2 - (\sum_j \sum_i X_{ij})^2 / nk$$

ดีกรีความอิสระ $\nu_{Tr} = k - 1$

4. คำนวณผลบวกกำลังสองเนื่องจากความผิดพลาดแบบสุ่ม , SS_E

$$SS_E = SS_T - SS_{Tr}$$

ดีกรีความอิสระ $\nu_E = nk - k$

5. คำนวณค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง , MS

$$MS_{Tr} = SS_{Tr} / \nu_{Tr}$$

$$MS_E = SS_E / \nu_E$$

6. คำนวณค่าสถิติสำหรับทดสอบ F

$$F = MS_{Tr} / MS_E$$

7. เปรียบเทียบค่าสถิติสำหรับทดสอบ F กับ $F_{\alpha, \nu_{Tr}, \nu_E}$

ถ้า $F \geq F_{\alpha, \nu_{Tr}, \nu_E}$ ปฏิเสธ H_0

ถ้า $F < F_{\alpha, \nu_{Tr}, \nu_E}$ ยอมรับ H_0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อสรุปผลการทดสอบให้ดูได้ง่ายๆ จึงจัดทำเป็นตารางที่เรียกว่า ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ปัจจัย	ν_{Tr}	SS_{Tr}	MS_{Tr}	MS_{Tr} / MS_E
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	ν_E	SS_E	MS_E	
รวม	ν_T	SS_T		

จากผลของการทดสอบค่าสถิติ F ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าวัตถุดิบที่ทำการตรวจรับภายในรุ่น (Lot) นั้นมีความเหมือนกันในระดับที่ยอมรับได้

หมายเหตุ

- ค่า $F_{\alpha, \nu_{Tr}, \nu_E}$ สามารถดูได้จากตาราง ค-2 โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table of $F_{0.05;\nu_1,\nu_2}$

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Degrees of freedom for the denominator (ν_2)

Degrees of freedom for the numerator (ν_1)

$F_{0.95;\nu_1,\nu_2} = 1/F_{0.05;\nu_2,\nu_1}$

Example: $P[F > F_{0.05;9,15}] = P[F > 2.59] = 0.05$.

Example: $F_{0.95;9,15} = 1/F_{0.05;15,9} = 1/3.01 = 0.332$.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค-2 แสดงค่าทางสถิติ $F_{\alpha,\nu_{Tr},\nu_E}$ ระดับนัยสำคัญ 5 %

ประวัติผู้เขียน

นายอนันต์ชัย สกลรักษ์ เกิดวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2516 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ (เซรามิก) จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2536

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย