บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

การดำเนินการทดลองในการลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอดนี้แบ่งผลการทดลองเป็น 5 ขั้นตอน โดยที่แต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผลดังรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการกำหนดปัญหา

ในขั้นตอน Define ทำการจัดตั้งทีมสมาชิกที่มาจากหลายแผนกดังนี้ แผนกผลิต (Production) แผนกควบคุมคุณภาพ (Quality control) แผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Development) และแผนกจัดซื้อ (Purchasing) ร่วมระดมสมองตั้งแต่การสำรวจสภาพปัญหา กำหนดเป้าหมาย และกำหนดขอบเขตของโครงการ รวมทั้งผลที่คาดว่าจะได้รับดังตารางที่ 4.1 ต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สภาพปัญหา การกำหนดขอบเขตของโครงการ การกำหนดเป้าหมาย และผลที่คาดว่าจะได้รับ และสมาชิกในทีม

ชื่อโครงการ(Business Case) - การลดปริมาณสารฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอด	ปัญหา(Opportunity/Problem Statement) - สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นส่วนประกอบในหลอดไฟมีเปอร์เซ็นต์ต้นทุนในหลอดไฟสูงสุดคิดเป็นต้นทุนของหลอด 16-18 %ในขณะนี้
เป้าหมาย(Goal Statement) - คาดว่าจะสามารถลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ให้เหลือ 12-14 % ของต้นทุนหลอดซึ่งสามารถลดต้นทุนลงได้ 2 ล้านบาทต่อปีเป็นอย่างต่ำ	ขอบเขตโครงการ(Project Scope) - ศึกษาปริมาณของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นสีเดย์ไลท์เบอร์ 54 ที่สามารถลดได้ในแต่ละบริษัทผู้ผลิตในผลิตภัณฑ์หลักชนิด 36 วัตต์และ 18 วัตต์เท่านั้น โดยสนใจเฉพาะกระบวนการเคลือบหลอด และศึกษาผลการส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง และค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างที่ 100 ชั่วโมง และ 2,000 ชั่วโมงของการจุดติดตามมาตรฐาน IEC เพื่อหาปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่สามารถลดได้ในหลอดจากบริษัทผู้ผลิตที่ให้ราคาของสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำสุดโดยที่ระดับคุณภาพเทียบเท่าปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมาชิกในทีม

Name	Role
1. น.ส.วิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล	Leader
2. นาย ก(แผนกผลิต)	Co-leader
3.นาย ข(แผนกคุณภาพ)	Facilitator
4. นาย ค(แผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์)	Member
5.นาย ง(แผนกจัดซื้อ)	Member

จากนั้นทำการศึกษาโครงการกรณีศึกษานี้โดยใช้ตารางความสัมพันธ์ระหว่าง บริษัทผู้ผลิต (Suppliers), ปัจจัยเข้า (Inputs), กระบวนการ (Process), ปัจจัยออก (Output), และลูกค้า (Customers) เพื่อให้มองเห็นความสัมพันธ์ต่างๆทั้งหมดภาพรวมคือ เริ่มตั้งแต่บริษัทผู้ผลิต (suppliers) ส่งวัตถุดิบ (Inputs) วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตสินค้าและการตรวจเช็คคุณภาพของสินค้า (Process) แล้วได้สินค้าออกมา (Output) และส่งให้ลูกค้า (Customers) ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นภาพรวมของความสัมพันธ์ตั้งแต่บริษัทผู้ผลิตวัตถุดิบ วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตจนได้สินค้าถึงลูกค้าได้ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของผู้ส่งมอบ วัตถุดิบ กระบวนการผลิตสินค้า การตรวจเช็คคุณภาพสินค้า และลูกค้า ด้วย SIPOC

S(Suppliers)	I (Inputs)	P (Process)	O (Output)	C (Customers)
-Thailand	-Bulbs	-Start point	-Coating appearance (coarseness, Thin top)	-China
-Holland: first supplier	-Fluorescent powder	-Suspension preparation	-Lumen output or lumen level	-Thailand
-Japan: second supplier	-Fluorescent powder	-Washing bulbs	-% Lumen maintenance	-Hong Kong
-China: third supplier	-Fluorescent powder	-Pre coating & drying(to stick precoat into bulb wall)	- Color point	
-China: fourth supplier	-Fluorescent powder	-Lamp making		
-China: fifth supplier	-Fluorescent powder	-Lamp measuring on Photometry (Checking Lumen output)		
-France	-Alon-C	-Final inspection		
-Thailand	-Polyethyleneoxide	-Stop point		
-Holland	-Dixpex A 40 (Dispersing agent)			
-Holland	-Antarox CO530 (Wetting agent)			
-Deionized Plant(in house)	-Deionized water			

4.2 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวัด

ในขั้นตอน Measuring phase จะมีขั้นตอนที่ใช้ในการดำเนินงานดังนี้

4.2.1 การไหลของกระบวนการ

ทำการศึกษาการไหลของกระบวนการเพื่อชี้บ่งกระบวนการทำงานที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า (Non-value added) หรือกระบวนการทำงานที่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า (Value added) ดังแสดงใน ได้ในรูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.4

ดังนั้นกระบวนการทำงานที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้ามีแต่จะเพิ่มต้นทุนของกระบวนการผลิต จะต้องลดลงให้เหลือน้อยที่สุด

นอกจากนี้แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการยังสามารถบ่งชี้ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ (Key process input variable, KPIV) ต่างๆในแต่ละกระบวนการผลิตที่มีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญ (Key process output variable, KPOV) และยังสามารถบ่งชี้ว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ ที่ได้มานั้นเป็นตัวแปรรบกวน (Noise) ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable) หรือเป็นตัวแปรที่ต้องทำการทดลองพิสูจน์กันต่อไป (X-factor for DOE) ดังแสดงในรูปที่ 4.1– รูปที่ 4.4 โดยมีตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญที่เราต้องการศึกษาคือ

- ค่าความส่องสว่าง
- ประสิทธิภาพค่าความส่องสว่าง
- สีของแสง
- คุณลักษณะภายนอก : ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์, ความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอด (Coating appearance : Coarseness , thin top)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process map	Operation name	Value added /Non-value added	Affect to lumen level(Y/N)	KPIV	KPOV	C-Controllable/N-Noise/X-Factor for DOE	Process control parameter(Y/N)	Need Cpk (Y/N)
Start Store Operator	Receiving Raw material	Value added	N					
QC	Raw material inspection	Non-value added	N					
Store Operator	Store good raw material	Value added	N					
Store Operator	Handling raw material to production	Value added	N					
Prod.operator	Suspension preparation	Value added	Y	-Flu-powder/suppliers	-Lumen level, Color point -Appearance	X	N	N
				-Mixing time	-Appearance	C	Y	N
Prod.operator	Washing	Value added	N					
Prod.operator	Pre-coating(dosing)	Value added	Y	-Precoat density	-Lumen level, Color point	C	Y	N
				-Dosing time	-Lumen level, Color point	C	Y	N
Prod.operator	Pre-coating(drying)	Value added	Y	-Air velocity	-Lumen level, Color point	C	Y	N
				-Air temperature	-Lumen level, Color point	C	Y	N
				-Precoat weight	-Lumen level, Color point	C	Y	N

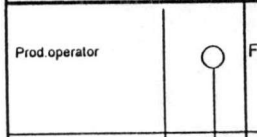
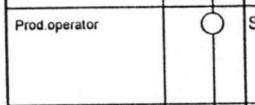
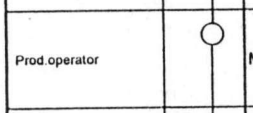
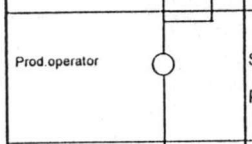
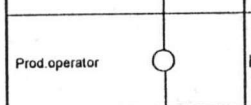
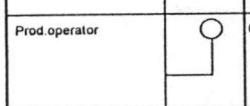
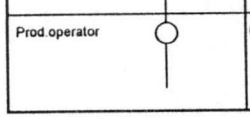
รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process map	Operation name	Value added /Non-value added	Affect to lumen level(Y/N)	KPIV	KPOV	C-Controllable/N-Noise/X-Factor for DOE	Process control parameter(Y/N)	Need Cpk (Y/N)	Need MSA (Y/N)
Prod.operator	Inspection (checking precoat weight, precoat appearance)	Value added	N						
Prod.operator	Main coating(dosing)	Value added	Y	-Suspension density	-Lumen level, Color point -Appearance	C	N	N	N
				-Suspension viscosity	-Lumen level, Color point -Appearance	C	N	N	N
				-Dosing time	-Appearance	C	Y	N	N
Prod.operator	Main coating(drying)	Value added	Y	- Air velocity	-Lumen level, Color point -Appearance	C	Y	N	N
				-Air temperature	Lumen level, Color point -Appearance	C	Y	N	N
				-Coating weight	-Lumen level, Color point -Appearance	X	N	N	Y
				-Suspension property	-Lumen level, Color point -Appearance	C	Y	N	N
Prod.operator	Inspection (checking coating weight, coating appearance)	Value added							
Prod.operator	Marking& Wiping	Value added							
Prod.operator	Sintering Oven	Value added							

รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process map	Operation name	Value added /Non-value added	Affect to lumen level(Y/N)	KPIV	KPOV	C-Controllable/N-Noise/X-Factor for DOE	Process control parameter(Y/N)	Need Cpk (Y/N)	Need MSA (Y/N)
	Flare Making	Value added							
	Stem Making	Value added							
	Mounted Stem	Value added							
	Sealing & Pumping process	Value added							
	HF chain	Value added							
	Cap filling	Value added							
	Capping & Treading	Value added							

รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Process map	Operation name	Value added /Non-value added	Affect to lumen level(Y/N)	KPIV	KPOV	C-Controllable/N-Noise/X-Factor for DOE	Process control parameter(Y/N)	Need Cpk (Y/N)	Need MSA (Y/N)
Prod.operator	Flashing & Testing	Value added							
QC	Lamps measuring on Photometry	Value added	Y	-Measuring method	-Lumen level, Color point	C	Y	N	N
				-Burning time before measu	-Lumen level, Color point	C	Y	N	N
				-Measuring time	-Lumen level, Color point	C	Y	N	N
				Measuring equipment condit	-Lumen level, Color point	C	Y	N	Y
Prod.operator	Packing	Value added							
IPQC	Finished Goods inspection in line	Non-value added							
Prod.operator	Store finished goods in line	Non-value added							
QC	Product Quality audit	Non-value added							
Store operator	Delivery to store	Value added							

รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 เป็นแผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ พบว่ากระบวนการทำงานที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้สินค้า ได้แก่

- กระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ(Raw material inspection)

ข้อแนะนำ:

ควรมีการจัดทำการประกันคุณภาพโดยบริษัทผู้ผลิต (Quality assurance) ดังนั้นวัตถุดิบ (Raw material) สามารถส่งมาจัดเก็บได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบแล้ว (shipped to stock)

- กระบวนการตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods inspection or Product Quality Audit)

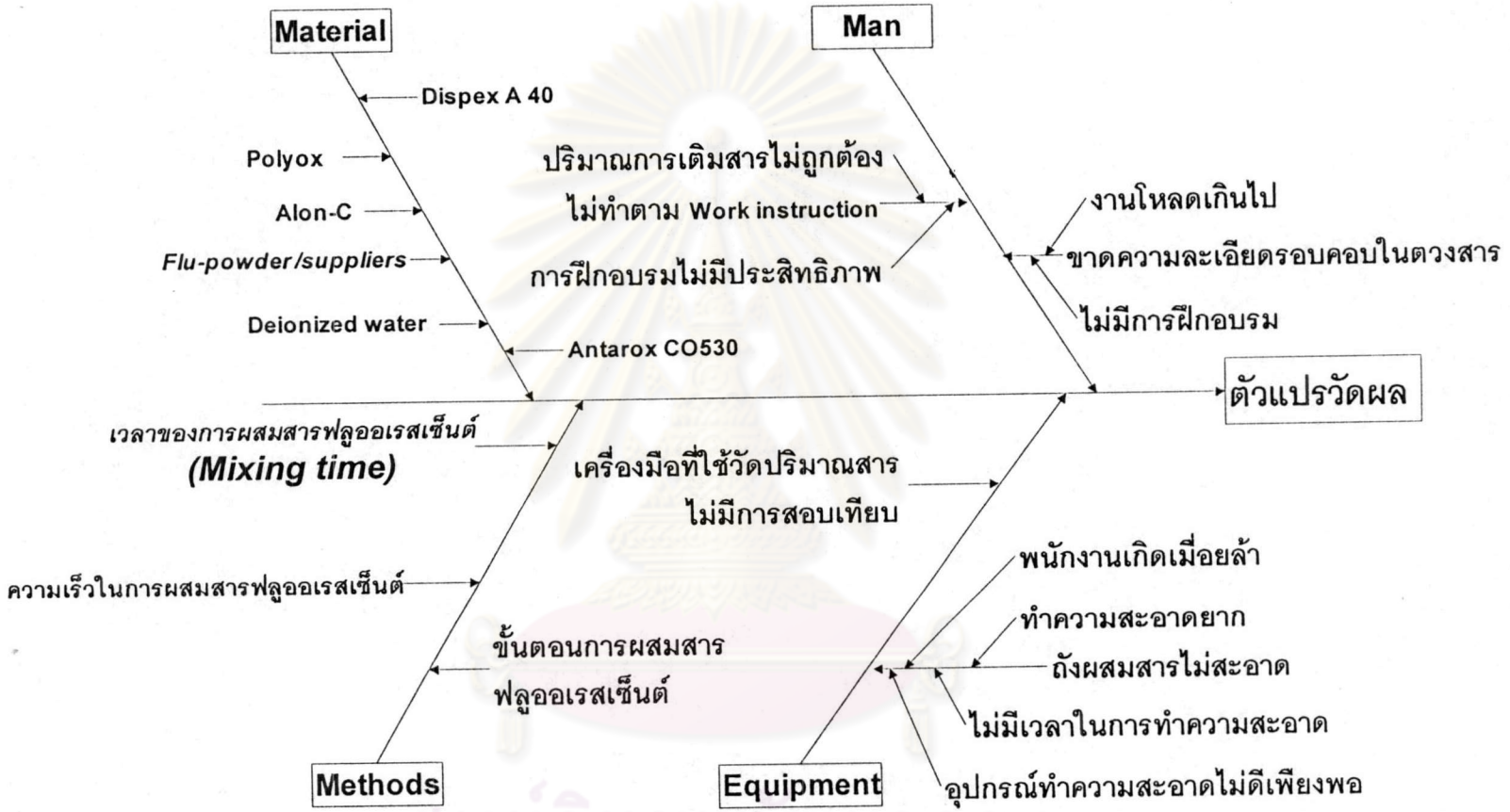
ข้อแนะนำ:

มีการตรวจซ้ำซ้อนกันโดยพนักงานควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต (In process quality control: IPQC) ซึ่งเป็นพนักงานควบคุมคุณภาพในสายการแผนกผลิต (production) กับพนักงานควบคุมคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality control) ดังนั้นควรยุบให้เหลือการตรวจสอบครั้งเดียวโดยพนักงานในแผนกควบคุมคุณภาพ

4.2.2 ทำการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ(Key process input variable : KPIV) ในที่นี้จะเรียกว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า โดยจะมีการดำเนินการทดลองดังนี้

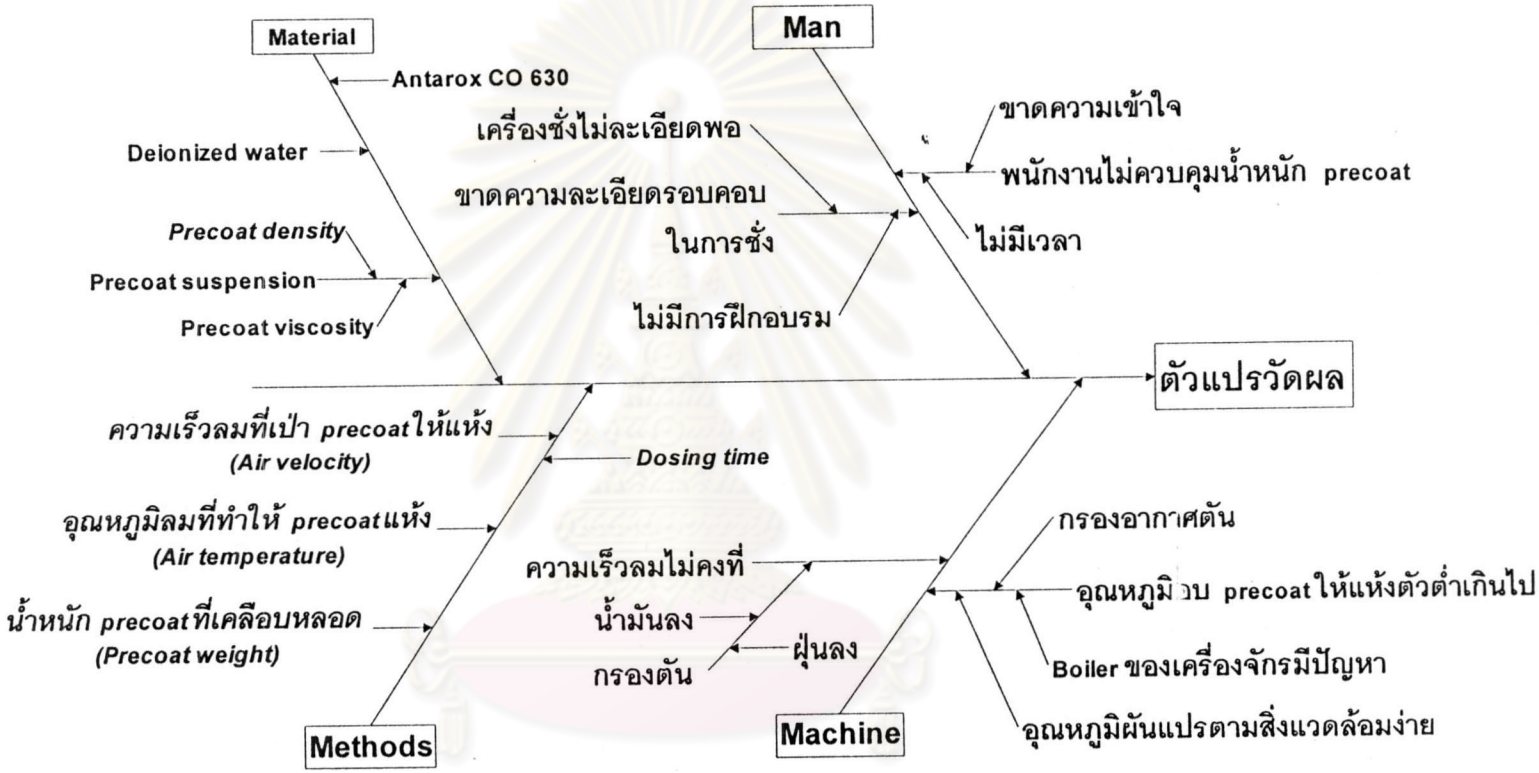
4.2.2.1 โดยใช้แผนผังก้างปลา

จากรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 สามารถนำมาเขียนแผนผังก้างปลาเพื่อให้เราสามารถค้นหาและเรียงลำดับสาเหตุต่างๆและแสดงถึงความเกี่ยวข้องของสาเหตุต่างๆที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลให้ตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญได้ดังรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7 และ 4.8 เป็นผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญหรือในที่นี้จะเรียกว่าตัวแปรวัดผล



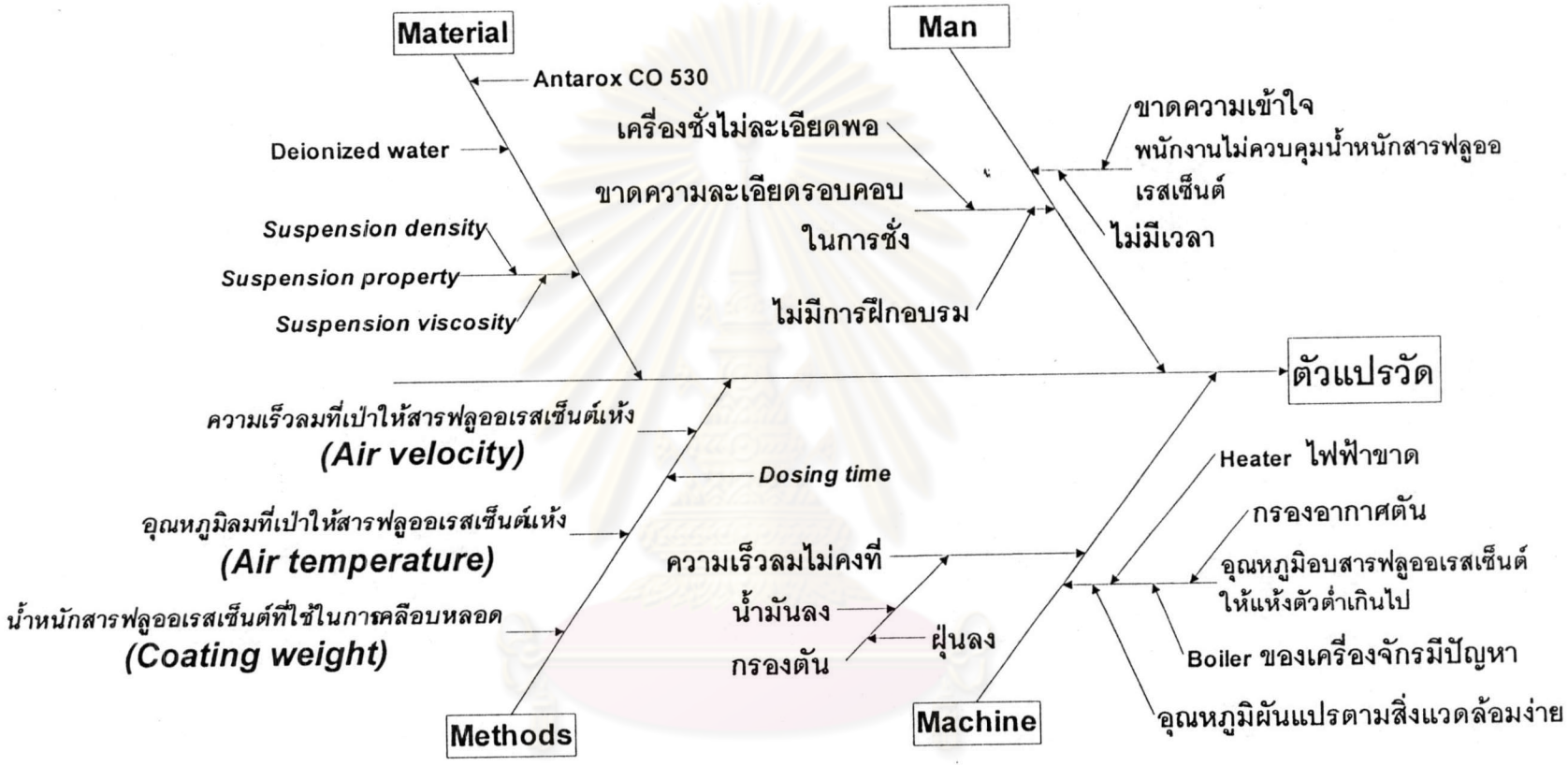
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลของกระบวนการเตรียมสารฟลูออเรสเซ็นต์ (Suspension preparation)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



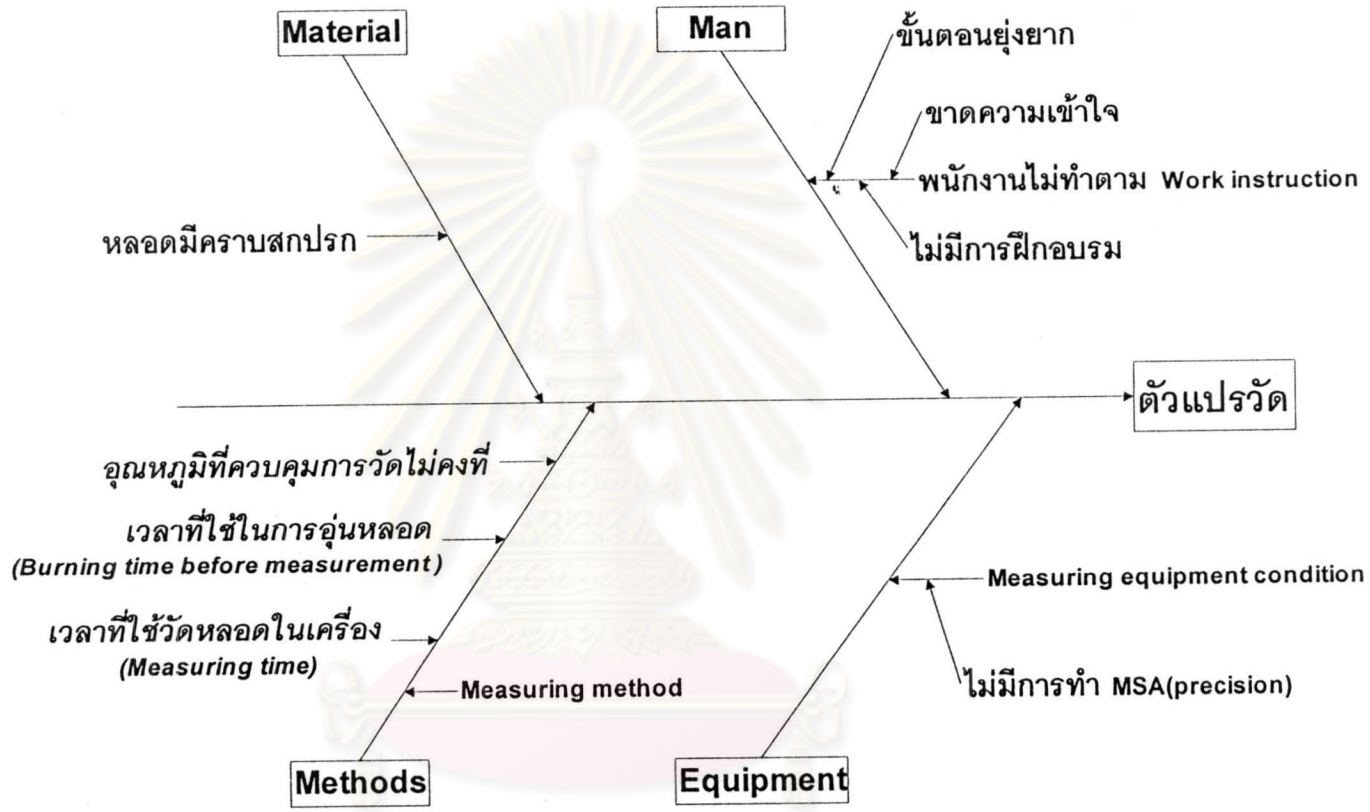
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลของกระบวนการเคลือบสารรองพื้น (Pre-coating : Dosing and Drying)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลของกระบวนการเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ (Main coating : Dosing and Drying)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลของกระบวนการวัดค่าความส่องสว่าง (Lamps measuring on Photometry)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2.2 Cause & Effect Matrix (C-E Matrix)

นำตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7, และ 4.8 มาทำการวิเคราะห์ต่อในตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า 18 ตัวที่มาจากผลการวิเคราะห์โดยใช้ผังก้างปลา ในขั้นตอนนี้จะใช้ Cause & Effect Matrix ทำการคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าอีกครั้งซึ่ง Cause & Effect Matrix จะบอกถึงการส่งผลถึงลูกค้ามากน้อยแค่ไหนดังนี้

สิ่งที่วิกฤติต่อลูกค้า(Critical to the customer) คือ

- คุณ ภาพ(Quality-Q)
- ต้นทุน(Cost-C)
- เวลาส่งมอบ(Delivery-D)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 Cause & Effect Matrix

	Rating of importance to Customer	10	10	7	9	6									
		1	2	3	4	5									
	Process Inputs	Lumen output or Lumen level	Lumen maintenance	Color point	Coating Appearance(coarseness)	Coating Appearance(thin top)									Total
	Supspension preparation														
1	Flu-powder/suppliers	9	9	9	9	9									378
2	Mixing time	1	1	1	4	1									69
	Pre-coating														
3	Precoat density	1	4	1	1	1									72
4	Dosing time	1	1	1	1	4									60
5	Air velocity	1	1	1	1	4									60
6	Air temperature	1	1	1	1	4									60
7	Precoat weight	1	9	1	0	0									107
	Main coating														
8	Dosing time	1	1	1	1	4									60
9	Suspension property	4	1	1	1	4									90
10	Suspension density	4	4	1	1	1									102
11	Suspension viscosity	1	1	1	1	9									90
12	Air velocity	1	1	1	1	9									90
13	Air temperature	1	1	1	1	9									90
14	Coating weight	9	9	9	9	9									378
	Lamps measuring on Photometry														
15	Measuring method	4	1	4	1	1									93
16	Burning time before measuring	9	1	9	1	1									178
17	Measuring time	9	1	9	1	1									178
18	Measuring equipment condition	9	1	4	1	1									143

วิธีการประเมินคะแนนใน Cause & Effect Matrix

- แสดงความสัมพันธ์และลำดับความสำคัญของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าต่อลูกค้าและตัวแปรวัดผลผ่านเกณฑ์คะแนน โดยใช้แผนภาพแสดงการไหลกระบวนการเป็นจุดเริ่มต้น
- ให้คะแนนตัวแปรวัดผลตามลำดับความสำคัญที่มีต่อลูกค้า
- ให้คะแนนตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าตามความสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ
- จากนั้นนำคะแนนตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าในแต่ละช่องคูณกับคะแนนตัวแปรวัดผลที่จัดลำดับความสำคัญตามความต้องการลูกค้า(Rating of Importance to Customer) ในแต่ละช่องและรวมคะแนนในแต่ช่องสุดท้าย (Total)
- จากนั้นจัดลำดับความสำคัญโดยผ่านเกณฑ์คะแนนจากมากไปหาน้อย สมาชิกในทีมมีความเห็นว่าในกรณีศึกษานี้จะเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่มีคะแนนรวมทั้งหมดสูงกว่า 168 คะแนนดังตารางที่4.4 เนื่องจากเกณฑ์คะแนนในแต่ละช่องเท่ากับ 4 = มีความสัมพันธ์กันปานกลาง ดังนั้นจะเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่มีคะแนนสูงรวมสูงกว่า 168 เท่านั้นที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 วิธีการคิดเกณฑ์คะแนนเพื่อเป็นเกณฑ์คัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่มีคาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆ

Rating of importance to Customer		10	10	7	9	6		
		1	2	3	4	5		
Process Inputs		Lumen output or Lumen level	Lumen maintenance	Color point	Coating Appearance(coarseness)	Coating Appearance(thin top)		Total
1	KPIV	4	4	4	4	4		(4*10)+(4*10)+(4*70+(4*90+(4*6) = 168

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าทุกตัวที่มีเกณฑ์คะแนนสูงกว่า 168 คะแนน

	Rating of importance to Customer	10	10	7	9	6									
		1	2	3	4	5									
	Process Inputs	Lumen output or Lumen level	Lumen maintenance	Color point	Coating Appearance(coarseness)	Coating Appearance(thin top)									Total
	Supspension preparation														
1	Flu-powder/suppliers	9	9	9	9	9									378
	Main coating														
14	Coating weight	9	9	9	9	9									378
	Lamps measuring on Photometry														
16	Burning time before measuring	9	1	9	1	1									178
17	Measuring time	9	1	9	1	1									178

4.2.2.3 การวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

จากนั้นเรานำตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกลั่นกรองจากตารางสาเหตุและผลมากลั่นกรองอีกทีด้วยการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผล

การคิดเกณฑ์คะแนน FMEA ในแต่ละช่องมาจากประสบการณ์ของสมาชิกในทีมโดยมีเกณฑ์คะแนนประเมินตัวเลขลำดับความเสี่ยง(RPN=Risk Priority Number) โดย RPN มาจากการคูณค่าของ ความรุนแรง(S) โอกาสที่จะเกิด(O) และการตรวจจับ(D) โดยเกณฑ์คะแนนของ RPN $\geq$ 6*6*6 = 216 เนื่องจาก 6 = เป็นสเกลตัวเลขสูงสุดของช่วงปานกลางในความรุนแรง(S) โอกาสที่จะเกิด(O) และการตรวจจับ(D) สามารถดูเกณฑ์คะแนน RPN ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

รายละเอียดของการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบและตารางแสดงระดับความรุนแรง (Severity) การจัดระดับการเกิดการเสีย(0ccurence) และระดับของการตรวจจับ (Detection) สามารถดูได้จากภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

Process / Product
Failure Modes and Effects Analysis
(FMEA)

Process or Product Name:		Prepared by: Team	
Responsible:	Leader		

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Actions Recommended
Suspension preparation	Flu-powder / Suppliers	สี(Flu-powder) ไม่มีคุณภาพตามมาตรฐาน	Lumen ouput, Lumen maintenance, Color point and Appearance ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	7	ผู้ส่งมอบ (Suppliers) ไม่มีศักยภาพในการผลิตสีให้มีคุณภาพ	7	ไม่มีการตรวจสอบ	10	490	ทำการทดลองเพื่อคัด เลือกผู้ส่งมอบ (Suppliers) ที่มีศักยภาพในผลิตสีที่มีคุณภาพ
Main coating (Drying)	Coating weight (น้ำหนักสี)	สีไม่มีคุณภาพตามมาตรฐานเมื่อเคลือบสีในหลอดด้วยน้ำหนักสีต่ำ	Lumen ouput, Lumen maintenance, Color point and Appearance ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	7	Suppliers ไม่มีศักยภาพในการผลิตสีให้มีคุณภาพที่น้ำหนักสีต่ำ	7	ยังไม่มีการทดลองว่าผู้ส่งมอบรายไหนสามารถผลิตสีที่มีคุณภาพดีที่น้ำหนักต่ำ	10	490	ทำการทดลองเพื่อเช็คว่าผู้ส่งมอบเจ้าใดสามารถให้น้ำหนักสีได้ต่ำสุดโดยคุณภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) (ต่อ)

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Actions Recommended
Lamps measuring on Photometry	Burning tme before measuring	ค่าทางไฟฟ้าในหลอดไม่นิ่ง(Current, Voltage, Wattage)	Lumen ouput, Lumen maintenance, Color point ที่ได้ออกมาไม่ถูกต้อง	6	การปล่อยอิเล็คตรอนในหลอดยังไม่คงที่	6	ไม่มีการควบคุม	10	360	ทำการทดลองเพื่อเช็คว่า Burning tme before measuring มีผลหรือไม่
Lamps measuring on Photometry	Measuring time	ค่าทางไฟฟ้าในหลอดไม่นิ่ง(Current, Voltage, Wattage)	Lumen ouput, Lumen maintenance, Color point ที่ได้ออกมาไม่ถูกต้อง	6	การปล่อยอิเล็คตรอนในหลอดยังไม่คงที่	6	ไม่มีการควบคุม	10	360	ทำการทดลองเพื่อเช็คว่า Measuring time มีผลหรือไม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ทำการเช็คความแม่นยำของเครื่องมือวัด(Repeatability and Reproducibility) ต่างๆที่ใช้ในการวัดตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผลทำได้ดังนี้

- การทดลองนี้จะทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องวัดต่างๆดังนี้ ผลการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Repeatability and Reproducibility : GR&R) สามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองไม่มีปัญหาเรื่องความแม่นยำดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำชนิดค่าวัดเป็น Variable ของระบบการวัดของเครื่องวัดต่างๆ

รายการตรวจสอบ	เครื่องมือตรวจสอบ	ชนิดของค่าวัด	%P/TV	%GR&R	ผล
ค่าความส่องสว่าง (lumen output or lumen level)	เครื่องวัดความส่องสว่าง (Photometry)	Variable GR&R	26.51%	7.03%	ยอมรับได้
น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ (Coating weight)	Balance weight (เครื่องชั่ง)	Variable GR&R	0.37%	0.00%	ดี
สีของแสง(Color point : x, y)	เครื่องวัดความส่องสว่าง (Photometry)	Variable GR&R	14.00%, 21.15%	1.96%, 4.47%	ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำชนิดค่าวัดเป็น Attribute ของระบบการตรวจสอบ

รายการตรวจสอบ	เครื่องมือตรวจสอบ	ชนิดของค่าวัด	% SCORE VS ATTRIBURTE	SCREEN % EFFECTIVE VS ATTRIBUTE	ผล
ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์(Coating appearance : Coarseness)	ตัวอย่างมาตรฐาน (ตรวจเช็คด้วยสายตา)	Attribute GR&R	100 %	100 %	ดี
ความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอด(Coating appearance : thin top)	ตัวอย่างมาตรฐาน (ตรวจเช็คด้วยสายตา)	Attribute GR&R	100 %	100 %	ดี

% SCORE VS ATTRIBUTE คือ ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบ(หลอดมาตรฐาน)

SCREEN % EFFECTIVE VS ATTRIBUTE คือ ความสามารถในการทำเหมือนของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบ(หลอดมาตรฐาน)

ข้อมูลการวิเคราะห์และผลการทดลองของตารางที่ 4.8 (โดยใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์) และ 4.9 สามารถดูได้จากภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

4.3.1 วิเคราะห์ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดด้วยการทดสอบสมมติฐานเพื่อเช็คว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆมีขั้นตอนดังนี้

- หาจำนวนตัวอย่าง (Sample size) ของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าต่างๆที่มีผลต่อค่าความส่องสว่างที่ผ่านการกลั่นกรองจากการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 จำนวนตัวอย่าง (sample size) ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test)

ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า	σ ของค่าความส่องสว่างในกระบวนการผลิตปัจจุบัน	จำนวนตัวอย่าง (Sample size)
Coating weight/Flu-powder suppliers	30.72	7
Burning time before measuring	30.72	6
Measuring time	30.72	6

ข้อมูลการวิเคราะห์ σ ของค่าความส่องสว่างในกระบวนการผลิตปัจจุบัน และการคำนวณจำนวนตัวอย่าง สามารถดูได้จากตารางที่ ค-1 ถึง ค-2 ในภาคผนวก ค โดยใช้โปรแกรม Minitab

- ทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ของ Coating weight /Flu-powder Suppliers มีผลต่อค่าความส่องสว่าง

H_0 = ที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำของแต่ละรายให้ค่าความส่องสว่างไม่แตกต่างกัน

H_a = ที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำของแต่ละรายให้ค่าความส่องสว่างแตกต่างกัน

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้สามารถแสดงข้อมูลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบสมมติฐานที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำสุด (2.20 กรัม) ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์แต่ละรายให้ค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกัน

คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่น้ำหนักต่ำ				
รายที่ 1	**รายที่ 2**	**รายที่ 3**	**รายที่ 4**	**รายที่ 5**
2519	2596	2501	2573	2566
2524	2600	2511	2566	2576
2536	2573	2516	2578	2568
2530	2568	2506	2568	2569
2532	2594	2504	2566	2581
2536	2569	2511	2559	2589
2537	2590	2524	2566	2584

น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ไม่สามารถลดได้มากกว่านี้เนื่องจากถ้าน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำกว่านี้ทำให้หลอดหัวบางด้านหนึ่ง

จากการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) พบว่า P-Value $\geq$ 0.05 แสดงถึงข้อมูลคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในแต่ละรายมีการกระจายแบบปกติ(Normal Distribution) ดังรูปที่ ค-2 ถึง ค-6 ในภาคผนวก ค

จากการประมวลผลการทดสอบสมมติฐานโดย Minitab พบว่า P-Value $\leq$ 0.05 ด้วยข้อมูลที่มีอยู่ขณะนี้ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง ดังนั้นน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำของสารฟลูออเรสเซ็นต์แต่ละเจ้าสามารถให้ค่าความส่องสว่างแตกต่างกันดังการประมวลผลโดยโปรแกรม Minitab ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปรของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์

One-way ANOVA: First supp, Second supp, Third supp, Fourth supp, Fifth

```
Second s     7   2584.29     13.77                                  (--*--)
Third su     7   2510.43      7.81  (--*--)
Fourth s     7   2568.00      6.03                        (--*--)
Fifth su     7   2576.14      8.86                           (-*--)
                                    ---------+---------+---------+-------
Pooled StDev =      9.08             2525      2550      2575
```

- ทำการทดสอบสมมติฐาน(Hypothesis Test) ของเวลาที่ใช้ในการอุ่นหลอด (Burning time before measurement) มีผลต่อค่าความส่องสว่าง

H_0 = เวลาที่ใช้ในการอุ่นไม่มีผลต่อค่าความส่องสว่าง

H_a = เวลาที่ใช้ในการอุ่นมีผลต่อค่าความส่องสว่าง

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบสมมติฐานเวลาที่ใช้ในการอุ่นหลอดมีผลต่อค่าความส่องสว่าง

Burning time	Response
7 min	2519
7 min	2537
7 min	2522
7 min	2534
7 min	2522
7 min	2526
15 min	2526
15 min	2528
15 min	2539
15 min	2534
15 min	2553
15 min	2519

จากการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) พบว่า P-Value $\geq$ 0.05 แสดงถึงข้อมูลในแต่ละคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ดังรูปที่ ค-7 และ ค-8 ในภาคผนวก ค

จากการประมวลผลการทดสอบสมมติฐานโดย Minitab พบว่า P-Value $\geq$ 0.05

ด้วยข้อมูลที่มีอยู่ขณะนี้ยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการอุ่นไม่มีผลต่อค่าความส่องสว่างดังการประมวลผลโดยโปรแกรม Minitab ตามตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ผลของเวลาที่ใช้ในการอุ่นหลอด

Two-Sample T-Test and CI: Response, Burning time

```
Two-sample T for Response

Burning     N      Mean     StDev   SE Mean
7 min       6    2533.2      11.9       4.9
15 min      6   2526.67      7.26       3.0

Difference = mu (10 min) - mu (5 min )
Estimate for difference:  6.50
95% CI for difference: (-6.61, 19.61)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.14  P-Value = 0.286  DF = 8
```

- ทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ของเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องวัดหลอด (Measuring time) มีผลต่อค่าความส่องสว่าง

H_0 = เวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องไม่มีผลต่อค่าความส่องสว่าง

H_a = เวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องมีผลต่อค่าความส่องสว่าง

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบสมมติฐานเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องมีผลต่อค่าความส่องสว่าง

Measuring time	Response
7 min	2533
7 min	2528
7 min	2545
7 min	2541
7 min	2517
7 min	2523
4 min	2537
4 min	2528
4 min	2525
4 min	2520
4 min	2538
4 min	2530

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) พบว่า P-Value ≥ 0.05 แสดงถึงข้อมูลของเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องมีการกระจายแบบปกติ(Normal Distribution) ดังรูปที่ ค-9 และ ค-10 ในภาคผนวก ค

จากตารางที่ 4.15 นำไปทำการประมวลผลการทดสอบสมมติฐานโดย Minitab พบว่า P-Value ≥ 0.05 ด้วยข้อมูลที่มีอยู่ขณะนี้ยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้นเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องวัดค่าความส่องสว่างไม่มีผลต่อค่าความส่องสว่าง ดังการประมวลผลโดยโปรแกรม Minitab ดังตาราง 4.16

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ผลของเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องวัดความส่องสว่าง

Two-Sample T-Test and CI: Response, Measuring time

```
Two-sample T for Response

Measurin     N       Mean      StDev    SE Mean
7 min        6    2529.67       6.95        2.8
4 min        6     2531.2       10.7        4.4

Difference = mu (10 min) - mu (5 min )
Estimate for difference:  -1.50
95% CI for difference: (-13.48, 10.48)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.29  P-Value = 0.780  DF =
8
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย