

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตในการผลิตพืช

นางสาวอ้ออริยา วิจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b 00251499



246940

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง



นางสาวอัจฉรียา วัังวิเศษ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 1 7 0 7 0 1 2 2 1

QUALITY IMPROVEMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN POWDER COATING PAINT
MANUFACTURING

MISS UTCHARIYA WANGWISET

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง

โดย

นางสาว อัจฉรียา วังวิเศษ

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

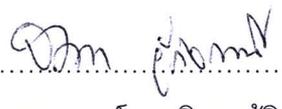
รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา ฐักิจการพานิช

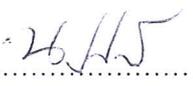
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา ฐักิจการพานิช)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัตสงวงศ์ โรจนโรวรรณ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกคี่ก)

อัจฉริยา วัจวิเศษ : การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง.
(QUALITY IMPROVEMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN POWDER
COATING PAINT MANUFACTURING) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ร.ศ. ดร.
จิตรา ฐักิจการพานิช, 216 หน้า.

246940

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ซึ่งกระบวนการผสมสีแบ่งเป็น 2 กระบวนการย่อย คือ กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต โดยกระบวนการผสมสีนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตสีผง ถ้าคุณภาพของกระบวนการผสมสีไม่ดีแล้วย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสีโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) จากนั้นทำการประเมินค่าความเสี่ยงซึ่งนำ (Risk Priority Number, RPN) ของแต่ละสาเหตุ พบว่ามีสาเหตุที่มีค่า RPN สูง จำนวน 20 สาเหตุ หลังจากนั้นได้พิจารณาเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข ได้แก่ 1)การออกแบบการทดลอง 2)การกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้อง 3)การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องจักร 4)การปรับปรุงแบบฟอร์มการทำงาน 5)การกำหนดการบำรุงรักษาเครื่องจักร 6)การกำหนดเกณฑ์การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ 7)การปรับปรุงระบบการวัดความหนาของฟิล์มสี 8)การพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงาน ซึ่งผลที่ได้รับพบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ลดลงจาก 82.9% เป็น 40.6% และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิตลดลงจาก 97.6% เป็น 62.5% ซึ่งส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตลดลงจาก 555 นาที เป็น 303 นาที

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....อัจฉริยา วัจวิเศษ.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....จิตรา ฐักิจการพานิช.....
ปีการศึกษา.....2553.....

5170701221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : QUALITY IMPROVEMENT/ POWDER COATING PAINT / MIXING
PROCESS

UTCHARIYA : QUALITY IMPROVMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN
POWDER COATING PAINT MANUFACTURING. ADVISOR :
ASSOC.PROF.JITTRA RUKIJKANPANICH,Ph.D., 216 pp.

246940

The objective of this research was to reduce the proportion of defect of color mixing process in powder coating paint manufacturing. The color mixing process included 2 sub processes. There were 1) color mixing process by lab equipment 2) color mixing process by machines in production. The color mixing is initial process of the powder coating paint manufacturing. If the quality of this process was not good the quality of product would poor. This research started from brainstorm root causes of defects using Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Then the Risk Priority Number (RPN) of each cause was evaluated. There was 20 causes that their RPN was high, were reduced corrective and preventive actions. The comprised 1) design of experiment 2) set up work instruction 3) improve of cleaning of machine 4) improve check sheet 5) maintain machine 6) control quality of raw material 7) improvement of measuring system of film thickness 8) development training system. The result was shown that the proportion of defect of color mixing process by lab equipment reduced 82.9% to 40.6%, the proportion of defect of color mixing process by machine in production reduced 97.6% to 62.5% and the time of color mixing per order reduced 555 min to 303 min

Department : Industrial Engineering.....

Field of Study : Industrial Engineering.....

Academic Year : 2010.....

Student's Signature

ผู้จัดทำ วิจัย

Advisor's Signature

Prof. Jittra

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลต่างๆ ดังนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา ฐักิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาให้คำปรึกษา และการตรวจทานวิทยานิพนธ์จนบรรลุผลสำเร็จ

รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัตตวงศ์ ไรจนโรวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกคี่ก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลงสมบูรณ์

บุคคลากรของโรงงานตัวอย่างที่ให้การสนับสนุนในด้านข้อมูล ข้อเสนอแนะ และการให้ความร่วมมือในการดำเนินการแก้ไขปัญหาค้นคว้าจนบรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ และการสนับสนุนให้ความช่วยเหลือในการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสีในโรงงานกรณีศึกษา.....	29
3.2 การวิเคราะห์ปัญหา.....	29
3.3 การดำเนินการปรับปรุง.....	30
3.4 การประเมินผลหลังการปรับปรุง.....	30
3.5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย	30
บทที่ 4 การศึกษาสภาพของโรงงานกรณีศึกษา	
4.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานกรณีศึกษา.....	32
4.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา.....	32
4.3 กระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา.....	34
4.4 การรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี	44

บทที่ 5 การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดการดำเนินการแก้ไข

5.1 การจัดตั้งทีมงาน	50
5.2 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการ.....	59
5.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการผสมสี.....	53
5.4 การคัดเลือกสาเหตุเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข.....	105
5.5 การกำหนดการดำเนินการแก้ไข.....	107

บทที่ 6 การดำเนินการปรับปรุง

6.1 การแก้ไขการซึ่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	111
6.2 การแก้ปัญหาน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงในกระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	113
6.3 การแก้ปัญหาไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	113
6.4 การแก้ปัญหา pigment ค้างขอบถังผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	114
6.5 การแก้ปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	114
6.6 การแก้ไขระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง.....	115
6.7 การแก้ไขเครื่องวัดสีไม่สามารถปรับสีเข้มๆ ได้ในกระบวนการวัดสี	119
6.8 การแก้ไขการขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สีในกระบวนการวัดสี.....	119
6.9 การแก้ปัญหาแม่สีเจดสีต่างกันมากในแต่ละล็อตในกระบวนการวัดสี.....	120
6.10 การออกแบบการทดลองในกระบวนการฉีด.....	121
6.11 การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบดในกระบวนการบด.....	145
6.12 การฝึกอบรมพนักงาน และการพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงาน.....	149

บทที่ 7 การประเมินผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

7.1 การประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง	174
7.2 เปรียบเทียบผลการปรับปรุง สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบกับสิ่งผลิต จำนวนครั้งการปรับตั้งสีต่อใบสิ่งผลิต และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสิ่งผลิต	179
7.3 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงหลังจากการดำเนินการในกระบวนการผลิต	183

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป.....	188
8.2 ข้อเสนอแนะ	191
8.3 ปัญหาและอุปสรรค.....	192

ภาคผนวก.....	197
ภาคผนวก ก.....	198
ภาคผนวก ข.....	204
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	216

สารบัญญัตินี้

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์การพิจารณาระดับความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (Severity: S)	14
2.2	เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence: O).....	15
2.3	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D).....	16
2.4	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ FTA	17
2.5	คำแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี C_{pk}	24
4.1	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีในแต่ละสายการผลิต.....	44
4.2	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง.....	45
4.3	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิต	45
4.4	จำนวนครั้งการปรับตั้งสีต่อไปสิ่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	47
4.5	จำนวนครั้งการปรับตั้งสีต่อไปสิ่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต	48
4.6	เวลาการที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อไปสิ่งผลิต.....	49
5.1	เปรียบเทียบกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต.....	51
5.2	ขอบเขตของการวิเคราะห์กระบวนการผสมสี และผู้รับผิดชอบแต่ละกระบวนการย่อย	51
5.3	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการย่อย	52
5.4	สรุปข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องสุดท้ายของกระบวนการผสมสี.....	62
5.5	สรุปสาเหตุที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสี	63
5.6	การกำหนดระดับคะแนนความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง.....	65
5.7	การกำหนดระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุ.....	65
5.8	การกำหนดระดับคะแนนความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง.....	66
5.9	สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง.....	71
5.10	การวิเคราะห์ FMEA	83
5.11	สรุปผลการคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมากำหนดแนวทางแก้ไข	105
5.12	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการผสมสี.....	107
5.10	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบัดด้วยเครื่องบัดไฟฟ้า...	108
5.11	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง	108
5.12	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการวัดสี.....	109
5.13	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการฉีด	110
5.14	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบัด	110

ตารางที่		หน้า
6.1	ผลการวัดความหนาของฟิล์มสี	116
6.2	ตัวอย่างการจัดทำรายการแม่สีที่สามารถใช้วัดสีแทนกันได้	120
6.3	ผลการวัดค่าสี	125
6.4	ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา.....	128
6.5	การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) Box-Behnken Design with 3 Center Point ที่มี 3 ตัวแปร.....	131
6.6	ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลอง	133
6.7	ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการทดลอง	142
6.8	เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดก่อนและหลังการปรับปรุง	144
6.9	จุดที่ยากลำบากในการทำความเข้าใจของเครื่องบด และวิธีการแก้ไขในแต่ละจุด	146
6.10	เปรียบเทียบวิธีการทำความเข้าใจก่อนและหลังการปรับปรุง.....	147
7.1	ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA	152
7.2	สรุปผล RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง	178
7.3	จำนวนครั้งการปรับตั้งสีต่อไปยังผลิตและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีก่อนการปรับปรุง.....	180
7.4	จำนวนครั้งการปรับตั้งสีต่อไปยังผลิตและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีหลังการปรับปรุง.....	181
7.5	สรุปเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง	183
7.6	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง (กรกฎาคม 2553 ถึงสิงหาคม 2553)	184
7.7	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง (พฤศจิกายน 2553 ถึงธันวาคม 2553)	185
7.8	เปรียบเทียบประเภทข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง.....	186
8.1	สรุปการดำเนินการแก้ไขในแต่ละสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ...	190
8.2	สรุปผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง	191

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการพ่นสีด้วยกำลังไฟฟ้าสถิต (Electrostatic spraying process).....	5
2.2	แผนผังกระบวนการผลิตสีผง	7
2.3	กระบวนการผลิตสีผงอย่างต่อเนื่อง.....	9
2.4	ระบบการวัดสีแบบ CIE L* a* b*.....	10
2.5	แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล และมีผล.....	21
2.6	องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด	22
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	31
4.1	แผนผังกระบวนการผสมสีโดยรวม.....	33
4.2	กระบวนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษา.....	34
4.3	แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง.....	36
4.4	แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต.....	37
4.5	กระบวนการผสมวัตถุดิบ.....	39
4.6	เครื่องฉีดขนาดเล็ก.....	40
4.7	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดให้เป็นสีผง.....	40
4.8	ขั้นตอนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	41
4.9	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง.....	41
4.10	เครื่องวัดสี (Spectrophotometer).....	42
4.11	กระบวนการฉีด	42
4.12	กระบวนการบด.....	43
4.13	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี	45
5.1	การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง.....	54
5.2	พาเรโตของคะแนน RPN จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	106
6.1	เปรียบเทียบขั้นตอนการผสมวัตถุดิบก่อนและหลังการปรับปรุง.....	112
6.2	วิธีการตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม.....	113
6.3	การเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม.....	114
6.4	การทดสอบการวัดความหนาของฟิล์มสีบนแผ่นสีตัวอย่าง.....	116
6.5	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของความหนาของฟิล์มสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15.....	117

ภาพที่	หน้า
6.6	ตำแหน่งของการเกิดข้อบกพร่องของกระบวนการฉีด..... 121
6.7	การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีในกระบวนการฉีด จากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553..... 123
6.8	ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553 124
6.9	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15 (ต่อ)..... 126
6.10	ตำแหน่งของอุณหภูมิภายในบารเรล..... 129
6.11	รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab Verion 15..... 130
6.12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab verion 15..... 135
6.13	การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง..... 137
6.14	การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง..... 138
6.15	ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง..... 139
6.16	Contour Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน 140
6.17	Surface Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน..... 140
6.18	ผลลัพธ์แสดงค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15 141
6.19	การทดสอบสมมติฐานความเป็นปกติของข้อมูลจากผลที่ได้จากขั้นตอนการยืนยันผล..... 143
6.20	ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จากการทดลองยืนยันผล..... 144
6.21	ขั้นตอนการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบด..... 146
7.1	สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง..... 182
7.2	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงแยกตามผลิตภัณฑ์ 182
7.3	เปรียบเทียบจำนวนครั้งการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง 186