



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น  
ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง

Production Efficiency Improvement: A Case Study in Rubber Latex Production  
Process of Plant 2 of the Rubber Estate Organization

นามผู้วิจัย นางสาวจุติพร รอดเรือง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรารภนา ปรารภนาดี, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์จิรัชย์ พุทธิกุลสมศิริ, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์รวีพิมพ์ ฉวีสุข, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น  
ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง

Production Efficiency Improvement: A Case Study in Rubber Latex Production  
Process of Plant 2 of the Rubber Estate Organization

โดย

นางสาวจตุพร รอดเรือง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2556

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุติพร รอดเรือง 2556: การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง วิทยาลัยเกษตรศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรารณา ปรารณาดี, Ph.D. 151 หน้า

องค์การสวนยางเป็นรัฐวิสาหกิจที่ดำเนินธุรกิจด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราของประเทศ จากการเข้าสังเกตกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ณ ฝ่ายโรงงาน 2 ขององค์การสวนยาง ซึ่งเป็นโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่า ปัญหาหลักเกิดขึ้นที่กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น (Centrifuge) ที่ต้องมีการล้างเครื่องโดยพนักงานทุก 2 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด แต่เนื่องจากบางครั้งมีจำนวนพนักงานไม่เพียงพอ เกิดจากการที่พนักงานลางานโดยไม่ได้แจ้งล่วงหน้า ทำให้ไม่สามารถล้างเครื่องได้ทันต่อการใช้งาน ส่งผลให้ต้องมีการหยุดเดินเครื่องบางเครื่อง จนบางครั้งเกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษากระบวนการผลิตและกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นของโรงงาน เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้น โดยแนวทางที่ได้เสนอแนะมีดังนี้ (1) จัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน (2) เพิ่มอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน ได้แก่ เพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด และเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง (Bowl) และเปลี่ยนแปลงการทำงานบางขั้นตอน จากการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขที่นำเสนอด้วยการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า จะต้องใช้พนักงานอย่างน้อย 9 คนในการทำงานจึงจะสามารถทำงานได้ทันเวลา 2 ชั่วโมง และในกรณีที่เพิ่มอุปกรณ์ในการทำงานและจัดพนักงานจำนวนน้อยที่สุดก็สามารถทำงานได้ทันภายในเวลา 2 ชั่วโมงเช่นกัน การเพิ่มตำแหน่งจุดล้างเป็น 2 จุด ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 10% และสามารถลดจำนวนพนักงานได้ 2 คน และการเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่องโดยใช้จำนวนพนักงานเท่าเดิม (11 คน) และมีรูปแบบการทำงานเช่นเดิม จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เพียง 5%

---

ลายมือชื่อผู้ผลิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Jutiporn Rordruang 2013: Production Efficiency Improvement: A Case Study in Rubber Latex Production Process of Plant 2 of the Rubber Estate Organization. Master of Science (Agro-Industrial Technology Management), Major Field: Agro-Industrial Technology Management, Department of Agro-Industrial Technology. Thesis Advisor: Assistant Professor Parthana Parthanadee, Ph.D. 151 pages.

Rubber Estate Organization (Thailand) is a government enterprise, which manufactures rubber products in Thailand. An observation of the latex production process at Plant No. 2 of the organization, which is the case study of this research, reveals that the main problem is the cleaning process of the centrifuges. This cleaning process has to be performed by human operators every two hours, in order to maintain the quality of the product at specified level. However, an insufficient number of workers, due to uninformed absenteeism, have led to some machine stoppages. This research therefore aims to propose approaches to improve the production efficiency at this bottleneck operation. Suggestions for improvement include (1) setting standard work procedures for the workers, and (2) adding a resource, which is either another cleaning station or another bowl removal equipment set. Adjustments of work procedures under new scenarios are also suggested. Results from computer simulation model runs and statistical data analyses shown that the operation can be finished within 2 hours with a minimum of 9 workers or by adding more resources. Yet, adding another cleaning station to two stations increase capacity by 10% and can reduce the number of workers used by 2, whereas adding another bowl removal equipment set with the same number of workers (11 operators) and same work procedure increase capacity by only 5%.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรารธนา ปรารธนาดี อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์จิรัชย์ พุทธิกุลสมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกี่ยวกับการ  
การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง ซึ่งเป็นโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความ  
อนุเคราะห์ด้านข้อมูลระบบการผลิตและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับเป็นกรณีศึกษาของ  
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจาก  
โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. -  
อุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี 2553 เลขที่ MRG-WI535S018

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะ  
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำงานวิจัยนี้สามารถ  
สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอย  
ช่วยเหลือเป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษาและสนับสนุนในเรื่องการเรียนและการทำงานวิจัยในระดับ  
ปริญญาโทจนสามารถสัมฤทธิ์ผลไปได้ด้วยดี

จตุติพร รอดเรือง

ธันวาคม 2555

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	47
อุปกรณ์	47
วิธีการ	47
ผลและวิจารณ์	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	98
สรุป	98
ข้อเสนอแนะ	99
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	100
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน (Base case)	105
ภาคผนวก ข การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ OptQuest	126
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 15.0	133
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	151

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบน้ำยางธรรมชาติ	5
2	ปริมาณการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภท	7
3	การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเมื่อถูกปั่น	13
4	คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี	23
5	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่พิจารณาในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena	50
6	ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	62
7	เวลาที่ใช้ในการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น และจำนวนครั้งในการจับเวลา (n)	67
8	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนย่อยของกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม Arena 11.0	69
9	การแจกแจงความถี่สะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์ ของเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	77
10	ค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width) ของเวลาในการทำงานเมื่อมีจำนวนรอบการทำซ้ำที่ต่างกัน	79
11	เวลาในการทำงานจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์	80
12	รายละเอียดการจัดพนักงานเมื่อมีพนักงาน 10 คน	83
13	รายละเอียดการจัดพนักงานเมื่อมีพนักงาน 9 คน	86
14	รายละเอียดการทำงานเมื่อมีการเพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด	90
15	ทรัพยากรที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น เมื่อมีการเพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด	92
16	รายละเอียดการทำงานเมื่อมีการเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง (Bowl)	93
17	เวลาในการทำงานตามแนวทางการแก้ปัญหาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	95

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	การระบุค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process	108
ก2	ทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับ การทำงานปัจจุบัน (Resource and Capacity)	109



## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังการแปรรูปยางดิบของไทย	6
2	กรรมวิธีการผลิตยางแท่ง	8
3	กรรมวิธีการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/ยางแผ่นรมควัน	9
4	กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้น	15
5	เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นหรือจาน (Discs) ต้นแบบ	19
6	ภาพหน้าตัดภายในของถังปั่นน้ำยางข้น แบบ Alfa Laval รุ่น LRH 410	21
7	ตัวอย่างการคำนวณเวลาจากการจับเวลาแบบต่อเนื่อง	30
8	แบบบันทึกเวลาแบบต่อเนื่อง	31
9	แผนผังการตั้งเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง ณ ปัจจุบัน	59
10	แผนผังถังเก็บน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง	60
11	แผนภูมิการไหลแสดงขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น ปัจจุบัน	64
12	แผนภูมิกระบวนการทำงานของขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น	65
13	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกลงและค่า P-value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05	75
14	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ค่า P-VALUE ของการทดสอบ สมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 0.05 และเลือกใช้ความน่าจะเป็นแบบ เชิงประจักษ์แทน	76
15	กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาในการ ประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์	78
16	แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นที่มีพนักงาน 10 คน (พนักงานล้างฝาดรอบ 1 คน, พนักงานล้างจาน 2 คน และพนักงาน ทั่วไป 7 คน)	84
17	แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นที่มีพนักงาน 9 คน (พนักงานล้างจาน 2 คน และพนักงานทั่วไป 7 คน)	87
18	แผนผังการเพิ่มตำแหน่งจุดล้าง	89

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั้นน้ำยางชั้นที่เสนอแนะ	91
20	แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั้นน้ำยางชั้นเมื่อเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง	94
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	การระบุค่าพารามิเตอร์ของ Create Module	106
ก2	การระบุค่าพารามิเตอร์ของ Dispose Module	106
ก3	ตัวอย่างการระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process Module	107
ก4	การบันทึกงานที่เข้าและออกจากระบบ	110
ก5	การบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงาน	110
ก6	การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม Arena เพื่อให้มีการทำงานให้เสร็จในแต่ละช่วงเวลา ก่อนจะเริ่มงานกะต่อไป	111
ก7	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Hold เพื่อรอสัญญาณ (Waiting for Signal) และการส่งสัญญาณเพื่อปล่อยงานต่อไป	112
ก8	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Separate	113
ก9	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Batch	113
ก10	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Signal เพื่อการส่งสัญญาณให้เริ่มงานกะต่อไป เมื่อทำงานกะแรกเสร็จ	114
ก11	การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม Arena เพื่อให้มีการทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ล้างเครื่องปั้นน้ำยางชั้นที่ละเครื่อง	115
ก12	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Decide: Find MC1 and Next MC to P1	116
ก13	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Hold: Hold_P1	117
ก14	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Assign: Next MC cannot go to P1	117

## สารบัญภาพ (ต่อ)

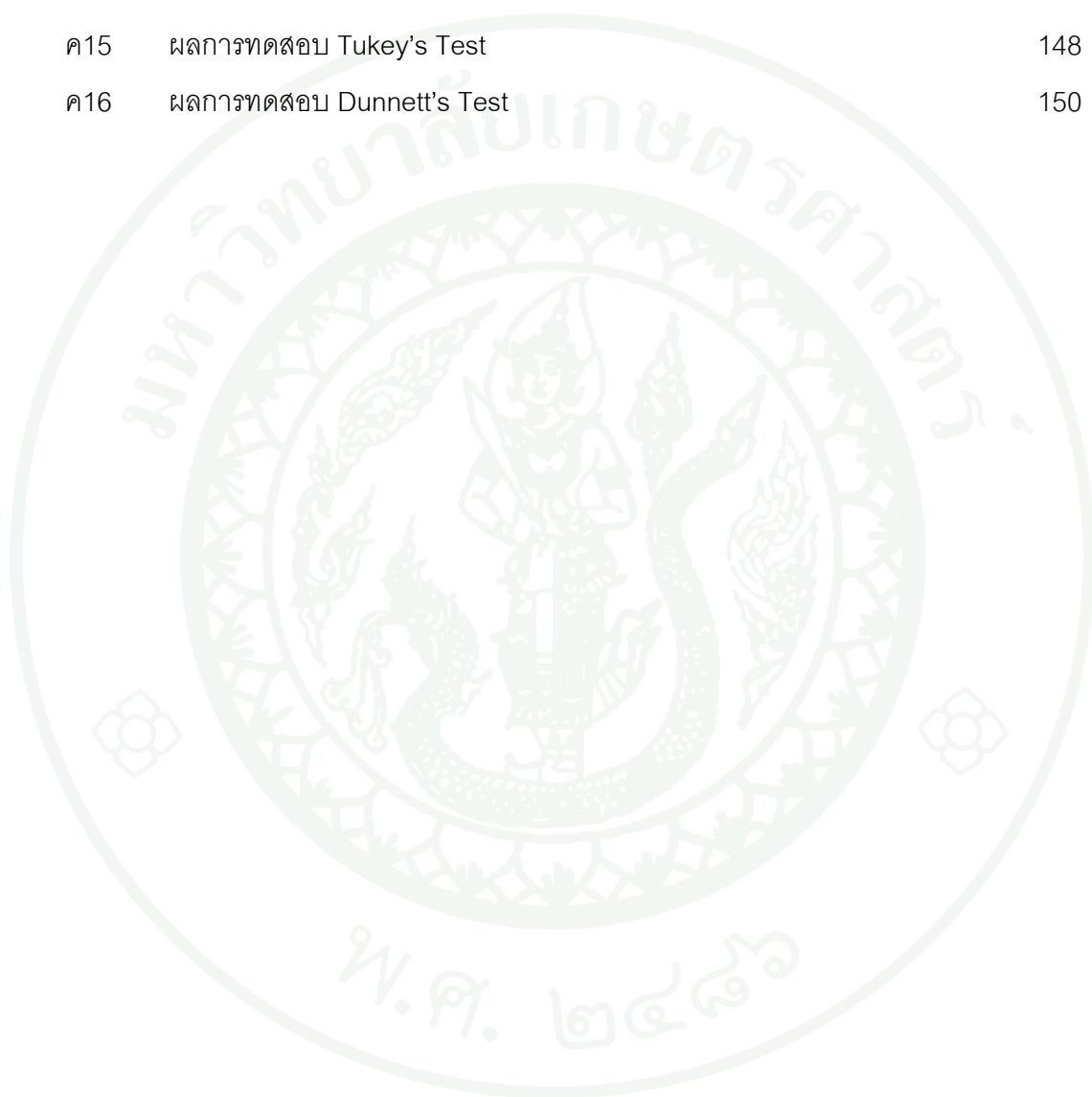
ภาพผนวกที่	หน้า	
ก15	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Assign: Previous MC finished_P1 และ Assign: Next MC can go to P1	118
ก16	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Decide: Decide for search_P1	118
ก17	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Search: Search Next MC_P1	119
ก18	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Remove: Remove Next MC from Hold_P1	120
ก19	แบบจำลองสถานการณ์การล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยาล้างชั้นในปัจจุบันด้วยโปรแกรม Arena	121
ข1	การสร้างแบบจำลองเพื่อเลือกพนักงานในการทำงาน	127
ข2	รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Hold: Waiting workers for P12	128
ข3	การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)	131
ข4	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objective)	131
ข5	การกำหนดข้อจำกัด (Constraints)	132
ข6	ผลการหาจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยาล้างชั้น โดยโปรแกรม OptQuest	132
ค1	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้เวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0	135
ค2	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0	136
ค3	ผลการทดสอบความแตกต่างของเวลาระหว่างชุดข้อมูลจากเวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษากับชุดข้อมูลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0	137

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค4	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อจัดพนักงานทำงาน 10 คนต่อกะ	139
ค5	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อจัดพนักงานทำงาน 9 คนต่อกะ	139
ค6	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มชุดถอด หัวเครื่อง 1 ชุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 20 เครื่อง	140
ค7	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มชุดถอด หัวเครื่อง 1 ชุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 21 เครื่อง	140
ค8	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 20 เครื่อง	141
ค9	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 21 เครื่อง	141
ค10	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูล ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 22 เครื่อง	142
ค11	ผลการทดสอบเวลาในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นเมื่อ ปฏิบัติตามแนวทางแก้ไขที่เสนอแนะ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0	143
ค12	ผลการทดสอบ ANOVA	144
ค13	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าความ คลาดเคลื่อน	145

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค14	ผลการทดสอบว่าความแปรปรวนมีค่าคงที่	146
ค15	ผลการทดสอบ Tukey's Test	148
ค16	ผลการทดสอบ Dunnett's Test	150



# การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต: กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง

## Production Efficiency Improvement: A Case Study in Rubber Latex Production Process of Plant 2 of the Rubber Estate Organization

### คำนำ

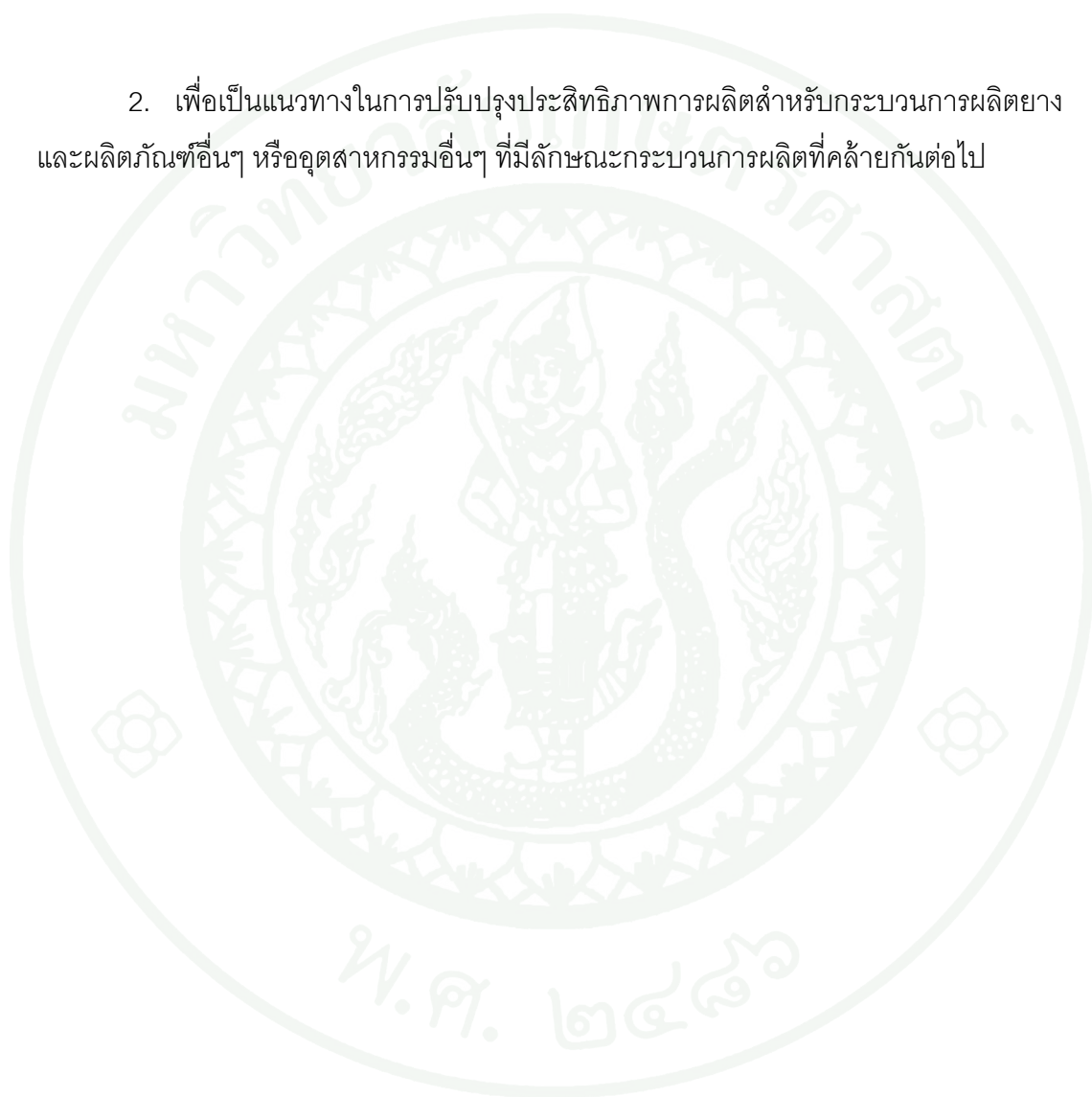
ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพการผลิต การแปรรูปเบื้องต้น และการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของโลก มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพาราของไทยจัดอยู่ในอันดับที่หนึ่งในกลุ่มสินค้าเกษตร โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี 2554 รวม 382,903.50 ล้านบาท ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางพาราที่ส่งออกอยู่ในรูปยางแท่งสูงที่สุดคิดเป็น 44.06% รองลงมาคือ ยางแผ่นรมควัน 25.31% น้ำยางข้น 17.60% ยางผสม 11.51% และอื่นๆ 1.98% โดยส่งออกไปยังประเทศจีนสูงสุด รวม 1,274,188 เมตริกตัน รองลงมา คือ มาเลเซีย 344,589 เมตริกตัน ญี่ปุ่น 333,669 เมตริกตัน ยุโรป 223,938 เมตริกตัน สหรัฐอเมริกา 205,410 เมตริกตัน เกาหลีใต้ 186,634 เมตริกตัน และประเทศอื่นๆ อีก 383,953 เมตริกตัน (กระทรวงพาณิชย์, 2555; สถาบันวิจัยยาง, 2555)

องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นองค์การรัฐวิสาหกิจ ซึ่งทำหน้าที่เป็นกลไกของภาครัฐร่วมกับเครือข่ายเกษตรกรในการรักษาเสถียรภาพการผลิตและราคายาง และเพิ่มมูลค่ายางของประเทศ ในด้านการผลิต องค์การสวนยางได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น ฝ่ายโรงงาน 1 ฝ่ายโรงงาน 2 และโรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน ฝ่ายโรงงาน 2 ซึ่งเป็นโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ ตั้งอยู่หมู่ที่ 2 ตำบลกรูงหย่น อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้เริ่มต้นทำการผลิตผลิตภัณฑ์ยางมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2515 ในส่วนการผลิตของฝ่ายโรงงาน 2 นี้ มีการผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งสกิน ซึ่งตลาดน้ำยางข้นเป็นตลาดที่สำคัญ เนื่องจากน้ำยางข้นสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตประเภทอื่นๆ เช่น การผลิตถุงมือยาง ถุงมือแพทย์ ถุงยางอนามัย ที่นอน และผลิตภัณฑ์อื่นๆ (องค์การสวนยาง, 2555) จากการดำเนินการผลิตและดำเนินธุรกิจยางพาราขององค์การสวนยางเพื่อสร้างรายได้ให้กับองค์กรในปัจจุบันนั้น พบว่ายังมีช่องทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อีกมาก ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 ณ ปัจจุบัน คือ กระบวนการผลิตยังเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพมากพอ ทั้งในด้าน

การวางแผนการดำเนินงาน การวางแผนกำลังการผลิต การวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิตที่ไม่เพียงพอและไม่แน่นอนในแต่ละวัน จากการเข้าสังเกตกระบวนการทำงาน ณ ฝ่ายโรงงาน 2 ขององค์การสวนยาง พบว่า ปัญหาหลักเกิดที่กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น (Centrifuge) ที่ต้องมีการล้างทำความสะอาดหัวเครื่อง (Bowl) ของเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นเครื่อง โดยพนักงานทุก 2 ชั่วโมง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้พนักงาน 11-12 คน จึงจะเพียงพอต่อการล้างทำความสะอาดให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด หากมีพนักงานน้อยกว่านี้ซึ่งเกิดจากพนักงานหยุดงานโดยไม่แจ้งก่อนล่วงหน้า จะเกิดปัญหาทำให้ไม่สามารถล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ทันต่อการใช้งาน ส่งผลให้ต้องมีการหยุดเดินเครื่องบางเครื่อง จนบางครั้งเกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาคอขวด (Bottleneck) ที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง โดยพิจารณาการวางแผนการจัดรูปแบบการทำงานที่เหมาะสม และการเพิ่มอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน โดยการนำเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer simulation modeling technique) มาใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบปรับปรุงประสิทธิภาพก่อนการดำเนินงานจริง ผลที่ได้นี้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการดำเนินงานที่เหมาะสม รวมทั้งเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีลักษณะกระบวนการผลิตที่คล้ายกันต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและการผลิต ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นที่เหมาะสม โดยการนำผลงานต่างๆ และเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ มาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์
2. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตยางและผลิตภัณฑ์อื่นๆ หรืออุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีลักษณะกระบวนการผลิตที่คล้ายกันต่อไป



## การตรวจเอกสาร

### อุตสาหกรรมยางพารา

#### 1. น้ำยางธรรมชาติ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพการผลิต การแปรรูปเบื้องต้นและการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของโลก โดยมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางของไทยจัดอยู่ในอันดับที่หนึ่งของกลุ่มสินค้าเกษตร ผลิตภัณฑ์ยางพาราจะอยู่ในรูปยางแผ่นรมควัน ยางอบแห้ง ยางแท่ง และน้ำยางข้น ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตประเภทอื่นๆ ต่อไป ผลิตภัณฑ์ยางพาราผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis* หรือ Para rubber tree) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม เป็นสารแขวนลอยที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 – 0.980 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าพีเอช (pH) ประมาณ 6.5 – 7.0 องค์ประกอบของน้ำยางพาราแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (วารสาร, 2524) ดังแสดงในตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content: DRC) เป็นสารพวงไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 5 อะตอมและไฮโดรเจน 8 อะตอม ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub> ที่มีชื่อทางเคมีว่า ไอโซพรีน (Isoprene) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุล จะเรียงตัวกันในแบบ cis - 1, 4 Configuration จึงมีชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพรีน (Polyisoprene) มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ประมาณหนึ่งล้านขึ้นไป

2. ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยาง (Non-Rubber Content) เป็นส่วนประกอบอื่นทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ซึ่งพบว่าประกอบด้วย

2.1 ส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่เป็นพวงเมธิลไธโนซิลทอล และคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น ซูโครส ฟรุกโตส และกาแลคโตส ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้สะสมในชั้นน้ำเมื่อถูกออกซิไดส์ด้วยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VAF) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดไพรูโพนิก ค่ากรดที่ระเหยได้ (VAF) ในน้ำยางเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการรักษาสภาพน้ำยาง

2.2 โพรตีนและกรดอะมิโน มีหลายชนิดที่สำคัญคือ แอลฟาไกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำและอากาศ และเฮวาลินจะอยู่ในอนุภาคของเม็ดยางและสารละลายในชั้นน้ำ

2.3 ไขมัน ที่อยู่ในอนุภาคของยางจะเป็นพวก ฟอสโฟลิปิด และสเตอรอล อยู่ในระหว่างชั้นโปรตีนกับเม็ดยาง

2.4 เกลลิ่งแร่ เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง

2.5 สารประกอบไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน แมธิลลามีน กรดอินทรีย์อิสระ อนุมูลสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอนेट และเอนไซม์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบน้ำยางธรรมชาติ

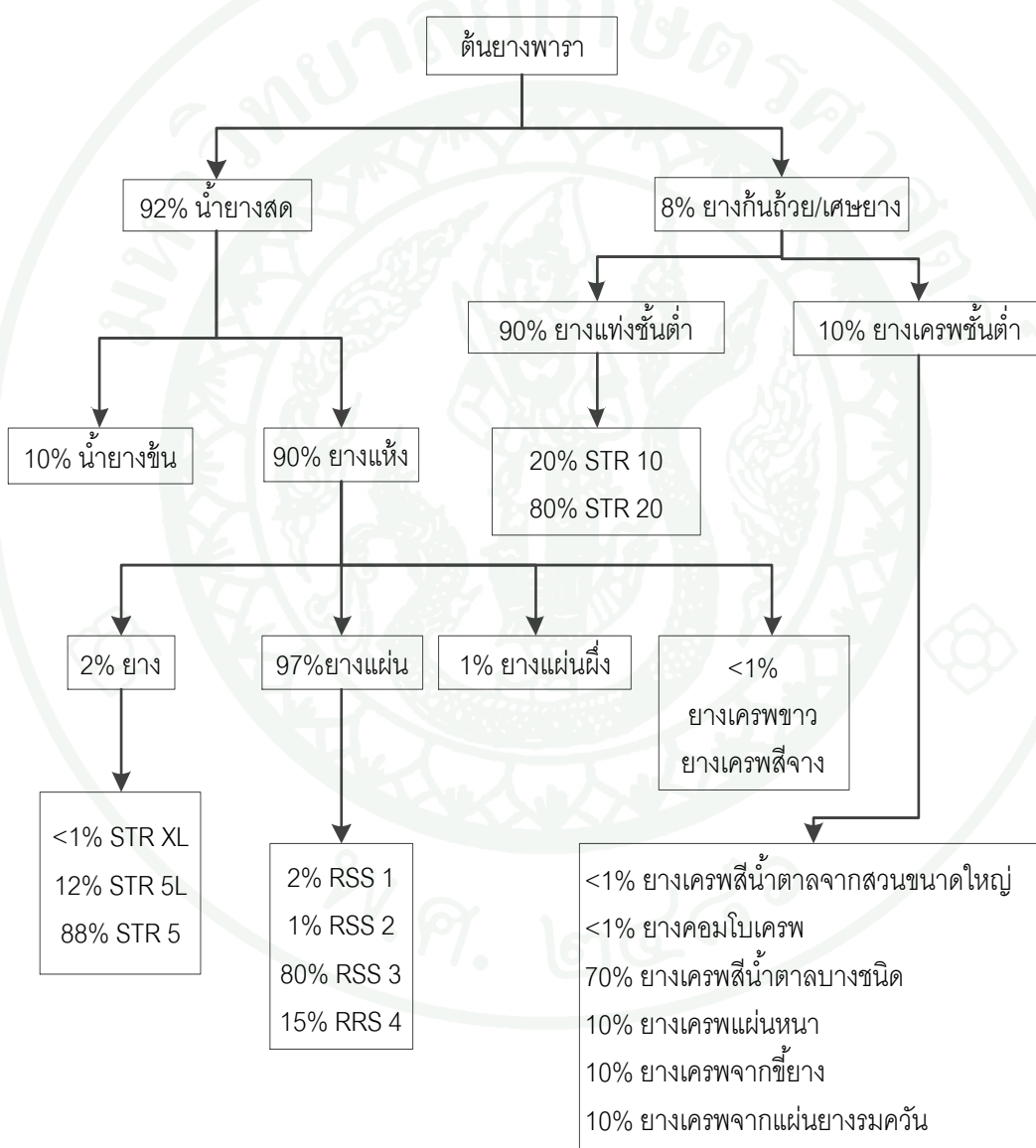
ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33
สารประเภทโปรตีน	1.0-1.5
สารประเภทเรซิน	1.0-2.5
เถ้า	ประมาณ 1
สารประเภทคาร์โบไฮเดรต	1
น้ำ	ประมาณ 64

ที่มา: วราภรณ์ (2524)

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม (Membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีอนุมูลลของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคหรือมีการสะเทินอนุมูลลจะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเกิดการรวมตัวจับกันเป็นก้อน (วราภรณ์, 2524)

## 2. กระบวนการแปรรูปยางธรรมชาติ

รูปแบบและกระบวนการแปรรูปยางดิบมีหลายวิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความต้องการการผลิตของโรงงานและตลาด แสดงดังภาพที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภทในปีพ.ศ. 2554 พบว่ายางแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตและการส่งออกมากที่สุด รองลงมาเป็นยางแผ่นรมควัน และน้ำยางข้น ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แผนผังการแปรรูปยางดิบของไทย

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2531)

## ตารางที่ 2 ปริมาณการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ยางแต่ละประเภท

หน่วย: เมตริกตัน

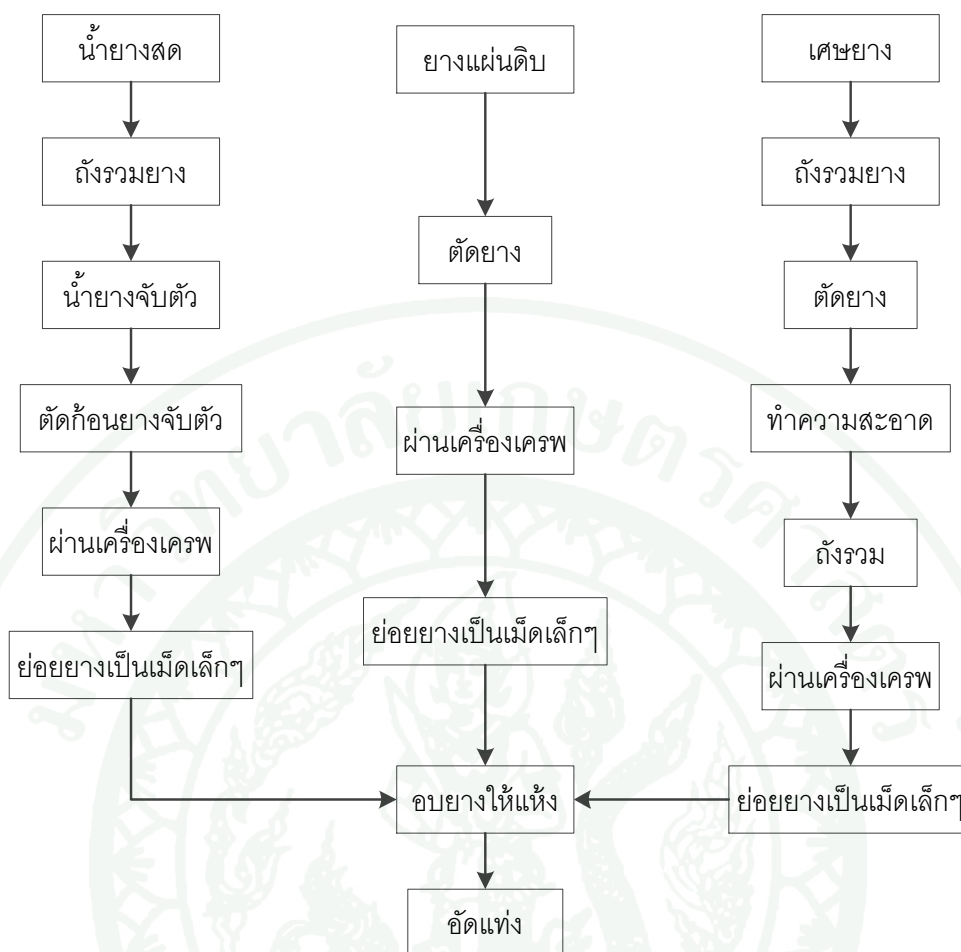
ประเภท	ปริมาณการผลิต	ปริมาณการส่งออก
ยางแผ่นรมควัน	892,249	747,284
ยางแท่ง	1,455,094	1,300,814
น้ำยางข้น	713,804	519,628
ยางผสม	428,276	339,942
อื่นๆ	79,610	44,713
<b>รวม</b>	<b>3,569,033</b>	<b>2,952,381</b>

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2555)

### 3. การผลิตยางแท่ง

ประเทศไทยเริ่มผลิตยางแท่งครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2511 โดยมีชื่อเรียกว่า ยางแท่งที่ทีอาร์ (TTR – Thai Tested Rubber) เพื่อให้สอดคล้องกับภาวะอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และสอดคล้องกับการเรียกชื่อยางแท่งตามสากล สถาบันวิจัยยางจึงได้แก้ไขและปรับปรุงวิธีปฏิบัติของการบรรจุหีบห่อ การควบคุมคุณภาพขีดจำกัดของสมบัติยางแท่งบางประการ ได้ตัดชั้นยางบางชั้นเพิ่มชั้นยาง CV (Constant Viscosity) และเปลี่ยนชื่อเรียกเป็นยางแท่งเอสทีอาร์ (STR – Standard Thai Rubber) เมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2539 โดยกำหนดให้ประกอบด้วยชั้นยาง 8 ชั้น ได้แก่ STR XL, STR 5L, STR 5, STR 5 CV, STR 10, STR 10 CV, STR 20 และ STR 20 CV (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2550)

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางแท่งใช้ได้ทั้งน้ำยางสดที่ต้องทำให้จับตัวก่อน และยางแท่งที่จับตัวแล้ว เช่น ยางแผ่นดิบ ยางก้อนถ้วย เศษยางกันถ้วย และเศษยางอื่นๆ ขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตคือ ตัดย่อยยางดิบให้เป็นชิ้นเล็กๆ อย่างรวดเร็ว ล้าง อบให้แห้ง และอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 33.3 กิโลกรัม กรรมวิธีการผลิตยางแท่งแสดงไว้ในภาพที่ 2 (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2550)



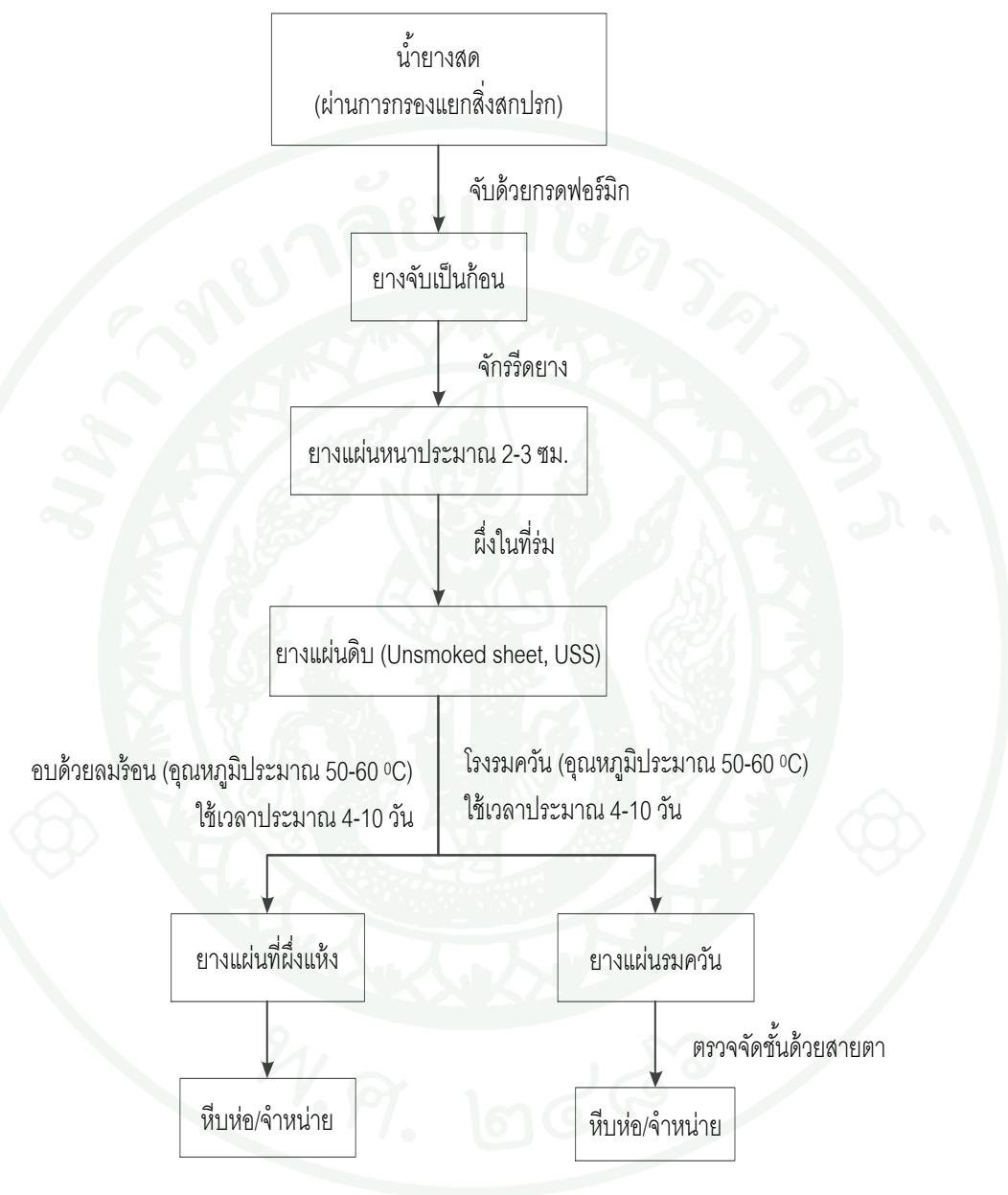
ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตยางแท่ง

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2550)

#### 4. การผลิตยางแผ่น

กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน เริ่มจากการรวบรวมน้ำยางสดจากสวนยางพารา แล้วนำมากรองเพื่อทำการแยกสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนออก จากนั้นนำน้ำยางลงถังพักเพื่อรวมน้ำยางที่มาจากหลายๆ แหล่งผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันและให้สิ่งเจือปนที่อาจเหลืออยู่ได้ตกตะกอนลงก้นถัง หลังจากนั้นจึงจางน้ำยางให้เหมาะสมต่อการทำให้จับเป็นก้อนยาง เมื่อเจือจางน้ำยางตามต้องการแล้วจึงเติมสารเคมีที่ทำให้น้ำยางจับเป็นก้อน แล้วนำไปรีดเป็นแผ่น ยางที่รีดได้จะมีความหนาประมาณ 2 ถึง 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำแผ่นยางที่รีดดอกแล้วมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมด และนำแผ่นยางมาผึ่งแห้งในที่ร่มนานประมาณ 6 ชั่วโมง โดยห้ามนำไปผึ่งแดด เพราะจะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพ จากนั้นจึงเก็บ

รวบรวมโดยพาดไ้วบนราวในโรงเรือน เพื่อผึ่งให้แห้งใช้เวลาประมาณ 15 วัน และรอจำหน่ายต่อไป  
กระบวนการผลิตยางแผ่นแสดงดังภาพที่ 3 (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2550)



ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/ยางแผ่นรมควัน

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2550)

## 5. การผลิตน้ำยางข้น

เนื่องจากน้ำยางสดจากต้นยางมีปริมาณเนื้อยางแห้งไม่แน่นอน ส่วนมากอยู่ในระดับ 25-45% และมีส่วนที่ไม่ใช่ยางเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการทำให้ยางมีความเข้มข้นเป็น 60% ของเนื้อยางแห้งโดยกรรมวิธีการแยกของเหลวออกบางส่วนทำให้การขนย้ายประหยัด และได้น้ำยางข้นที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าน้ำยางสด ซึ่งปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดมีค่าประมาณ 3% แต่ถ้าป็นน้ำยางสดและน้ำยางข้นแล้วความแตกต่างจะลดลงเหลือ 1-2% โดยกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2531; วราภรณ์, 2536)

### 5.1 การรักษาสภาพน้ำยางสดที่จะนำมาผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางสดจากต้นยางมีสถานะเป็นด่าง หากไม่มีการรักษาน้ำยาง จุลินทรีย์ในอากาศจะลงไปปะปนในน้ำยางและใช้สารในกลุ่มน้ำตาลที่มีเป็นอาหาร ทำให้เกิดความเป็นกรด ส่งผลให้กรดไปทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ ทำให้ยางเสียสภาพความคงเป็นสถานะของเหลว ทำให้น้ำยางหนืดข้นและมีกลิ่นเหม็นบูดภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงหลังจากกรีดยางจากต้นยาง นอกจากนี้ หากไม่มีการเติมสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางไว้จะมีอนุภาคบวมเกิดขึ้นและเกิดปฏิกิริยาสะเทินกับอนุภาคที่อยู่รอบๆ ฝวอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางเสียสภาพก่อนนำไปแปรรูป ดังนั้นจึงต้องมีการรักษาสภาพน้ำยางสดโดยใช้สารเคมีดังนี้

5.1.1 แอมโมเนีย ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแบคทีเรียที่ปนในน้ำยาง ปกติสภาพน้ำยางพิจารณาได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกรดไขมันระเหย ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้สภาวะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง เนื่องจากแอมโมเนียเป็นด่างก่อให้เกิดผลส่งเสริมให้สภาวะน้ำยางอยู่ได้ ปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ 0.3 – 0.7% ต่อน้ำหนักยางสามารถรักษาน้ำยางไว้ได้ 1-3 วันหลังการกรีดยาง

5.1.2 แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น เนื่องจากถ้าใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้องกันการเพิ่มของจำนวนกรดไขมันระเหย (VAF) ในระยะยาวได้ จึงต้องใช้สารเคมีอื่นเข้ามาช่วย สารเคมีอื่นที่เข้าร่วมกับแอมโมเนีย เรียกว่า Secondary Preservative เช่น

ก. โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนท (Sodium Pentachloro Phenate) เริ่มจำหน่ายทางการค้าในปี พ.ศ. 2504 มีชื่อทางการค้าว่า Santobrite โดยใช้ โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนท 0.2% ร่วมกับแอมโมเนีย 0.1% ต่อน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษาน้ำยางสดได้นาน 120 วัน

ข. กรดบอริก เริ่มใช้เป็นรักษาสภาพน้ำยางในปีพ.ศ. 2499 โดยใช้แอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับกรดบอริก 0.2% และใส่กรดคลอริกลงไป 0.05% เพื่อให้มีน้ำยางมีความเสถียรขึ้นทำให้เก็บได้นานขึ้น หรืออาจใช้แอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับกรดบอริก 0.25% ทำให้น้ำยางสดเก็บได้นานขึ้น ให้ยางแผ่นสีจางสวย

ค. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ร่วมกับเตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (Tetramethyl thiuram disulfide, TMTD) เริ่มใช้ในปี 2518 โดยใช้แอมโมเนีย 0.2-0.35% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ (ZnO) 0.05% และเตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD) 0.03% ต่อน้ำหนักน้ำยางสดจะรักษาสภาพน้ำยางสดไว้ได้นานถึง 10 วัน

## 5.2 การรวบรวมน้ำยางสด

น้ำยางสดเมื่อมาถึงโรงงานผลิตน้ำยางชั้นจะถูกกรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (Mesh) ลงสู่ถังรวมน้ำยางสด และมีการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดไปทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) และหาปริมาณแอมโมเนียเพื่อคำนวณเงินที่จะจ่ายเป็นค่าน้ำยางสด หากน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) น้อยกว่า 25% จะไม่นำไปผลิตน้ำยางชั้นต่อ เมื่อทราบปริมาณเนื้อยางแห้ง แล้วเติมแอมโมเนียลงไปจนถึงน้ำยางไม่เกิน 0.4% ของน้ำหนักน้ำยาง หลังจากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง ซึ่งก่อนนำไปปั่นแยกควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 50 ในล้านส่วนของของแข็งทั้งหมด (50 ppm) และเมื่อปั่นเสร็จแล้วควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 20 ในล้านส่วนของของแข็งทั้งหมด (20 ppm) ทั้งนี้ถ้ามีแมกนีเซียมในน้ำยางมากเกินไปจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของน้ำยาง (Mechanical Stability Time, MST) เนื่องจากการรวมตัวของ Magnesium higher fatty acid soaps ซึ่งไม่ละลายน้ำ ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะแปรปรวนขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง การใช้ปุ๋ย ตลอดจนฤดูกาล หากตรวจสอบพบว่าปริมาณแมกนีเซียมสูง จะมีการเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Diammonium Hydrogen Phosphate, DAP) ในอัตราส่วน 1-1.5 กิโลกรัมต่อน้ำยางสด 1 ตัน แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้

เกิดตะกอนของแมกนีเซียมเป็นซีแพ้ง (Sludge) โดยไดเอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมเกิดเป็นแมกนีเซียมไดเอมโมเนียมฟอสเฟต เมื่อทิ้งไว้สิ่งสกปรกต่างๆ ตกลงสู่ก้นถัง ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกออกจากน้ำอย่าง หลังจากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างรอบโดยตรวจสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid, VFA) ซึ่งควรมีค่าไม่เกิน 0.5% เพื่อให้มั่นใจว่าน้ำอย่างที่ได้มามีการรักษาสภาพดี (วารสาร, 2536)

5.3 การผลิตน้ำยางข้น หลักการสำคัญของวิธีการผลิตน้ำยางข้นมี 4 วิธี ดังนี้ (วารสาร, 2536)

5.3.1 วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming) เป็นวิธีการผลิตน้ำยางข้นที่เก่าแก่ที่สุด เป็นวิธีที่อาศัยหลักการที่อนุภาคของเม็ดยางเบากว่าน้ำ โดยเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) โดยมีการเติมสารทำครีม (Creaming Agent) เช่น โซเดียมอาจิเนท (Sodium Alginate), โลคัสบีงัม (Locust Bean Gum) เพื่อทำหน้าที่พอกหรือเคลือบผิวอนุภาคยางมีขนาดใหญ่ขึ้นและลอยขึ้นสู่น้ำ วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมมากนักเพราะใช้เวลานาน

5.3.2 วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation) เป็นวิธีที่ได้น้ำยางที่มีความคงตัวสูง วิธีการผลิตคือ ให้ความร้อนโดยผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้น ที่มีน้ำยางสดอยู่ในถังชั้นใน ในขณะที่ถังบรรจุน้ำยางหมุนไปรอบๆ อากาศภายในถังจะถูกดูดออกไปพร้อมกับน้ำที่ระเหยออกไปด้วย น้ำยางส่วนที่เหลือจะกลายเป็นน้ำยางข้น

5.3.3 วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electro Decantation) เป็นวิธีใช้ความแตกต่างของพลังงานจากขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ทำให้เม็ดยางเม็ดเล็กๆ ซึ่งมีประจุเป็นลบเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าบวก ทำให้อนุภาคยางมาอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางข้นลอยขึ้นข้างบน จากนั้นตักน้ำยางข้นออกมา การทำน้ำยางข้นโดยใช้กระแสไฟฟ้า ทางน้ำยางจะมีเนื้อยางน้อยมาก เหมาะสำหรับการทำน้ำยางข้นที่ต้องการองค์ประกอบที่ไม่ใช่ยางต่ำ น้ำยางข้นที่ได้นั้นเหมาะสำหรับการเคลือบเส้นลวดที่ต้องการให้มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูง แต่วิธีนี้ใช้ต้นทุนสูงและยุ่งยากจึงไม่นิยมใช้

5.3.4 วิธีการปั่นด้วยความเร็วสูง (Centrifuging) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในการผลิตน้ำยางข้น สำหรับประเทศไทยปัจจุบันทำการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีปั่นเพียงวิธีเดียวเท่านั้น

การแยกตัวของน้ำยางเมื่อถูกปั่น ลักษณะของการแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเวลาถูกปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกน้ำยาง (Centrifuging Machine) องค์ประกอบต่างๆ จะแยกออกเป็นสองส่วนคือ น้ำยางข้น (Concentrate Latex) และหางน้ำยาง (Skim Latex) ดังตารางที่ 3 (ไอลดา, 2554)

ตารางที่ 3 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเมื่อถูกปั่น

องค์ประกอบ	น้ำยางสด (Field Latex)	น้ำยางข้น (Concentrate Latex)	หางน้ำยาง (Skim Latex)
DRC	32.5 กรัม	30 กรัม (60%)	2.5 กรัม (5.0%)
TSC	36.0 กรัม	30.75 กรัม (61.50%)	5.25 กรัม (10.5%)
TSC-DRC	3.5 กรัม	0.75 กรัม (1.5%)	2.75 กรัม (5.5%)
VFA No.	0.10	0.060	0.040
Mg <sup>2+</sup>	200 ppm on Latex	120 ppm	80 ppm
Serum	64 กรัม	19.25 กรัม (38.5%)	44.75 กรัม (89.5%)
<b>รวม</b>	<b>100 กรัม</b>	<b>50 กรัม (100%)</b>	<b>50 กรัม (100%)</b>

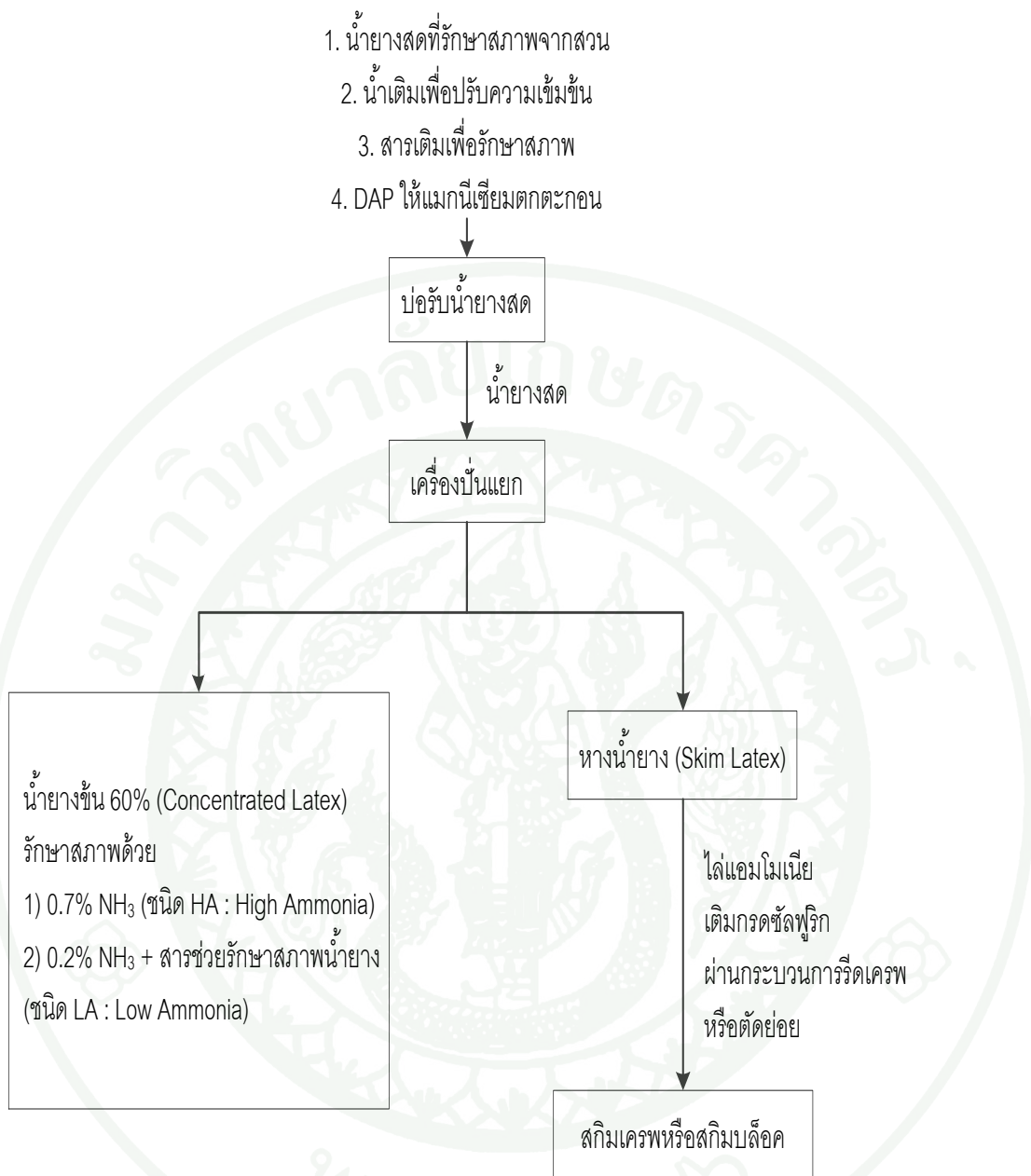
ที่มา: ไอลดา (2554)

VAF คือ กรดระเหยได้ (Volatile Fatty Acid) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก ค่า VAF ในน้ำยางเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการรักษาคุณภาพน้ำยาง น้ำยางที่ดีจะมีค่า VAF ต่ำ เช่น น้ำยางสดที่มีการเก็บรักษาดีจะมีค่า VAF เพียง 0.01-0.02 และในน้ำยางข้นที่ได้มาตรฐานสากลค่า VAF จะต้องไม่เกิน 0.2 (วรภรณ์, 2536)

น้ำซีรัม (Serum) คือส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางชนิดต่างๆ เช่น น้ำยางข้น ยางแผ่น ยางเครพ หรือแม้แต่การจับตัวกันตามธรรมชาติ หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสก็จะเรียกว่า ซีรัม (Serum) เช่นกัน ซึ่งจะประกอบด้วยสารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน และสารอื่นๆ (วราภรณ์, 2536)

#### 5.4 การเก็บน้ำยางข้น

น้ำยางข้นจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60% และมีการปรับคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำยางข้นให้ได้มาตรฐาน และรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสารรักษาสภาพทุติยภูมิ (Secondary Preservative) มี 2 ชนิดคือ ชนิด HA : High ammonia (แอมโมเนีย 0.7%) และชนิด LA : Low ammonia (แอมโมเนีย 0.2% และสารช่วยรักษาสภาพน้ำยาง) จากนั้นเก็บไว้ในโรงงานเพื่อรอจำหน่ายและขนส่ง หรือรอการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเก็บไว้ในถังบรรจุน้ำยาง กรมวิชาการเกษตร, 2531) กระบวนการผลิตน้ำยางข้นแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้น

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2550)

## 6. ทฤษฎีการปั่นแยก

การผลิตน้ำยางข้นโดยกระบวนการปั่นแยกเป็นวิธีและเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางธรรมชาติ ความสำเร็จและประสิทธิภาพของกระบวนการนี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นผลจากการออกแบบและการพัฒนาเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ใช้ในการปั่นน้ำยาง เครื่องที่มีชื่อเสียงและใช้งานอยู่อย่างแพร่หลาย เช่น De Laval และ Westfalia ที่หมุนในแนวตั้งเพื่อให้เกิดการปั่นหรือเหวี่ยงน้ำยางด้วยความเร็วสูง การทำงาน การป้อนน้ำยาง และการแยกน้ำยางดำเนินไปอย่างต่อเนื่องโดยตลอด (สมชาย และ ชาญชัย, 2550)

หลักการแยกอนุภาคของยางออกจากส่วนที่เป็นน้ำหรือซีรัม (Latex serum) เพื่อให้น้ำยางที่มีความเข้มข้นสูงถึง 60% นั้นเป็นหลักการเดียวกันหรือคล้ายคลึงกันกับกระบวนการทำให้อนุภาคยางแยกตัวออกมาเป็นครีมของเนื้อมัน (Creaming) กล่าวคือ การเกิดครีมเป็นวิธีการแยกอนุภาคยางซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าออกจากซีรัมที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าแล้วลอยตัวขึ้นสู่ผิวด้านบนโดยกลไกแรงโน้มถ่วงของโลก กระบวนการนี้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในขณะที่การแยกด้วยวิธีเซนตริฟิวส์ใช้แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลางเป็นตัวกระทำ ทำให้อนุภาคยางที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าความถ่วงจำเพาะของซีรัมเคลื่อนตัวเข้าสู่แกนหมุน จึงเกิดการแยกตัวออกจากซีรัมได้ การแยกตัวตามกระบวนการนี้เกิดอย่างรวดเร็ว เพราะแรงที่ดึงอนุภาคให้ยางเคลื่อนที่นั้นมีค่าสูงกว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงหลายพันเท่า (วรภกรณ์, 2536)

เครื่องปั่นน้ำยางแบบเซนตริฟิวส์มีขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร สูงประมาณ 1.5 เมตร ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ตัวเครื่อง หัวเครื่อง และฝาครอบเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (วรภกรณ์, 2536)

### 1. ตัวเครื่อง

ประกอบด้วยมอเตอร์หมุนไปขับเฟืองของเครื่อง (Worm wheel) โดยผ่านครีซ เฟืองนี้จะไปขับให้แกนที่ตั้งตรง (Bowl spindle) หมุนพาเอาหัวเครื่อง (Bowl) ให้ทำงาน ในขณะที่แยกน้ำยางข้นนั้นที่ตัวเครื่องมีความเร็วรอบ (Tachometer) ที่จะบอกถึงความเร็วของหัวเครื่อง ความเร็วดังกล่าวนี้เป็นตัวกำหนดว่าถึงเวลาที่จะต้องเริ่มต้นจ่ายน้ำยางเข้าเครื่องได้หรือไม่ โดยปกติแล้วมอเตอร์ขณะเดินปกติจะมีความเร็วรอบ 1,420 – 1,500 รอบต่อนาที เมื่อครีซส่งกำลังจากมอเตอร์

เข้าไปยังเครื่องจะทำให้เครื่องค่อยๆ หมุนโดยเริ่มต้นจากหยุดนิ่งไปสู่การหมุนที่เร็วขึ้น จนได้ความเร็วเทียบเท่ากับความเร็วมอเตอร์พอดี คือ 1,420 – 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งจะยอมให้หัวเครื่องหมุนด้วยความเร็วเท่ากันด้วย เวลาที่ต้องใช้ในการที่จะให้หัวเครื่องหมุนได้ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลาประมาณ 8-9 นาที การที่เริ่มต้นจ่ายน้ำยางเข้าเครื่องควรจะให้ถึงความเร็วรอบสูงสุดก่อน มิฉะนั้นหัวเครื่องที่มีน้ำยางเข้าไปจะหนักกว่าปกติจะต้องใช้เวลาในการทำให้เครื่องได้ความเร็วตามต้องการนานขึ้น นอกจากนั้นกรณีที่ครีซของเครื่องสึกหรือชำรุด ระยะเวลาที่เครื่องจะทำความเร็วให้สูงเท่ากับที่ต้องการจะต้องใช้เวลานานขึ้นอีก และน้ำยางที่ออกมาอาจมีคุณสมบัติไม่ตรงตามต้องการ

รอบๆ ส่วนบนของเครื่องมีอุปกรณ์เบรกแม่เหล็กไฟฟ้า และเบรกธรรมดาที่ใช้หยุดเครื่องขณะที่ความเร็วสูงสุด ให้หยุดระยะเวลาประมาณ 1.5 นาที การใช้อุปกรณ์การเบรกระบบแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะไม่ทำให้เครื่องสึกหรือเหมือนเครื่องเซนตริฟิวส์สมัยก่อนๆ ซึ่งใช้เบรกกดลงบนหัวเครื่องเพื่อหยุดเครื่อง ในการทำเช่นนี้ทำให้หัวเครื่องสึกหรือทำให้จะต้องนำหัวเครื่องไปตั้งศูนย์บ่อยครั้ง

## 2. หัวเครื่อง (Bowl)

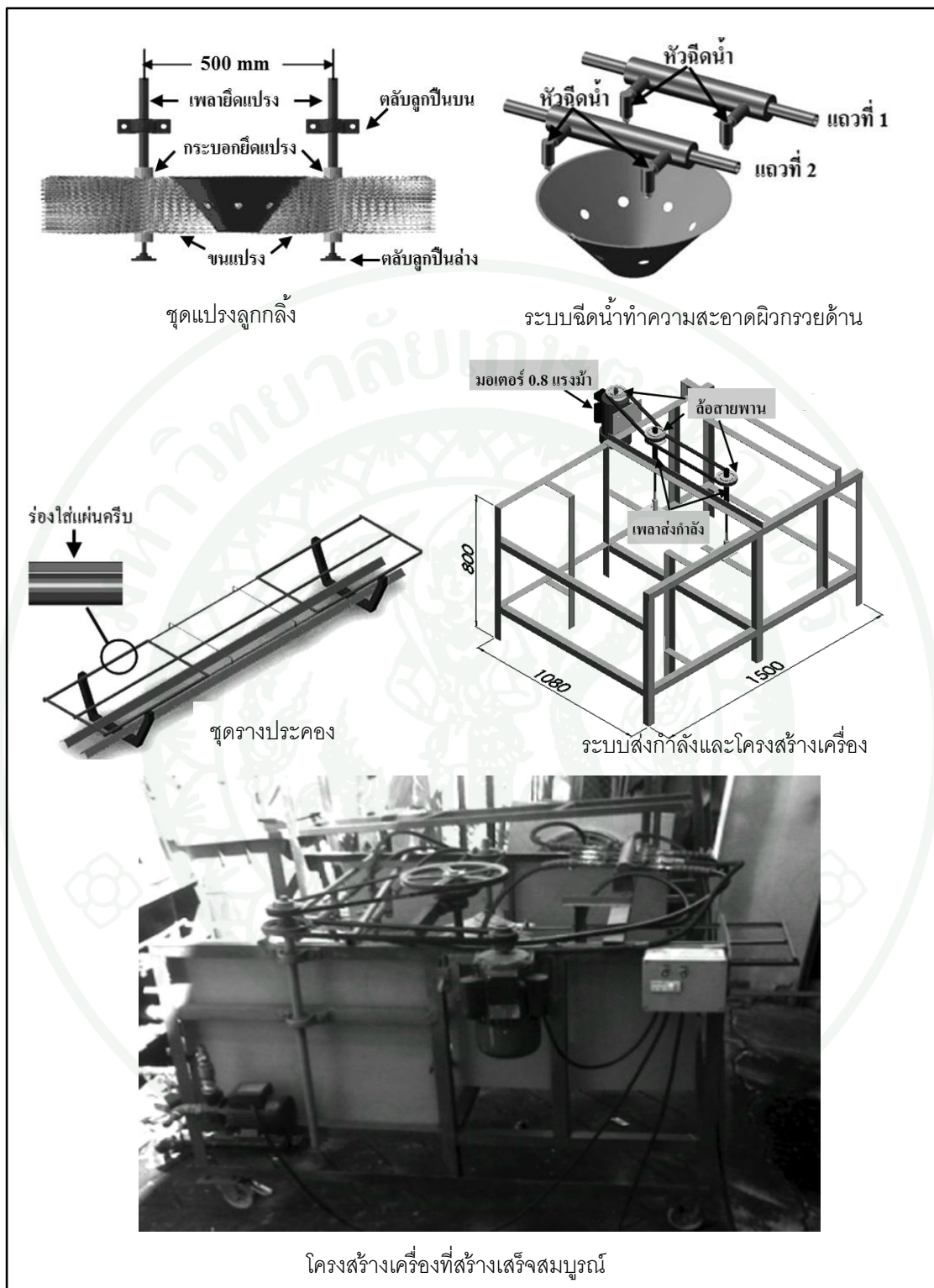
เป็นส่วนที่น้ำยางสดเข้าไปข้างในแล้วแยกออกมาเป็นน้ำยางข้นและหางน้ำยาง ส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเครื่องคือ จาน (Discs) ที่ซ้อนกันในหัวเครื่องนั้น โดยที่น้ำยางสดจะเข้าไปอยู่ในระหว่างชั้นของจานที่ซ้อนกันดังกล่าว และการแยกจะเกิดขึ้นในระหว่างชั้นของจานนั้น อุปกรณ์ชิ้นส่วนที่สำคัญของหัวเครื่องอีกชิ้นคือ สกรูปรับความเข้มข้นของน้ำยางข้น (Regulating screw) หรือบางที่เรียกว่า Skim screw เนื่องจากว่าแกนกลางของสกรูนี้เป็นรูเพื่อเป็นทางให้น้ำยางไหลออกมาจากหัวเครื่องในขณะที่กำลังแยกน้ำยางข้น ถ้าสกรูมีความยาวมาก หางน้ำยางก็จะออกมาข้างล่างทำให้น้ำยางข้นที่ออกมาจะมีความเข้มข้นน้อย และในทางกลับกัน ถ้าความยาวสกรูสั้น น้ำยางข้นจะมีความเข้มข้นสูง ความยาวสกรูมีขนาดตั้งแต่ 9.5 มิลลิเมตร ไปจนถึง 13.0 มิลลิเมตร

ในขณะที่กำลังเดินเครื่อง น้ำยางสดที่ต้องการจะแยกจะเข้าทางส่วนกลางของเครื่องหรือแกน (Distributor) แล้วน้ำยางจะถูกส่งขึ้นไปตามจานเพื่อแยกเป็นน้ำยางข้นและหางน้ำยางต่อไป เนื่องจากน้ำยางสดมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางอยู่ด้วย เช่น เศษดิน โคลน ผุ่น เป็นต้น

ของแข็งเหล่านี้จะถูกเหวี่ยงเข้าไปเกาะทางด้านข้างของห้องเครื่อง (Bowl body) และถูกสะสมในบริเวณนั้น นอกจากนั้นจะสะสมอยู่ระหว่างจานด้วย ในกรณีที่น้ำยางมีสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนอยู่มาก หัวเครื่องจะอุดตันอย่างรวดเร็ว จะต้องหยุดเครื่องทำความสะอาดบ่อยครั้ง แต่ถ้าน้ำยางสดมีความสะอาดสูง ตะกอนก็จะน้อยเวลาเดินเครื่องในการแยกน้ำยางแต่ละครั้งจะยาวไปด้วย

ตามข้อกำหนดของคู่มือที่มากับเครื่องระบุว่า หัวเครื่องจะต้องหยุดล้างทำความสะอาดเมื่อเดินไปได้ประมาณ 4-6 ชั่วโมง แต่ในกรณีที่น้ำยางสดมีความสกปรกหรือสิ่งเจือปนมีมากการทำงานจะบ่อยกว่านี้ ในโรงงานบางแห่งต้องทำความสะอาดหัวเครื่องทุกๆ 1-2 ชั่วโมง

ในปัจจุบันการทำความสะอาดหัวเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นในโรงงานส่วนใหญ่ พนักงานจะต้องทำความสะอาดในส่วนของชุดกรวยกรองน้ำยางชั้นหรือจาน (Discs) โดยการแยกจานออกจากแกนกลาง แล้วนำมาทำความสะอาดที่ละอันด้วยน้ำสะอาดพร้อมทั้งถูด้วยผ้า กระดาษปู่ เมื่อทำความสะอาดเสร็จแล้วจึงนำมาจัดเรียงซ้อนกันเพื่อนำกลับไปประกอบเข้ากับเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แต่ละชั้นตอนต้องอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าว ก่อให้เกิดความเหนื่อยยากในการทำงานส่งผลให้พนักงานทำงานได้ไม่นานต้องลาออก ส่งผลให้ทางโรงงานต้องจัดหาพนักงานใหม่ที่ขาดความชำนาญเข้ามาปฏิบัติงาน ส่งผลให้เครื่องปั่นน้ำยางชั้นทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จากปัญหาดังกล่าว ปีพ.ศ. 2555 เกரியงไกร และ อรรถพลจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางชั้นต้นแบบที่มีระบบการทำงานไม่ยุ่ง โดยวิธีการที่เหมาะสมคือ การใช้แปรงลูกกลิ้งทำความสะอาดผิวกรวยทั้งด้านในและด้านนอก ความเร็วรอบของแปรงลูกกลิ้งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 250 ถึง 400 รอบต่อนาที โดยมีรูปแบบเครื่องดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางชั้นหรือจาน (Discs) ต้นแบบ

ที่มา: เกียรติไกร และ อรรถพล (2555)

3. ฝาครอบเครื่อง เป็นส่วนบนสุดของเครื่องมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

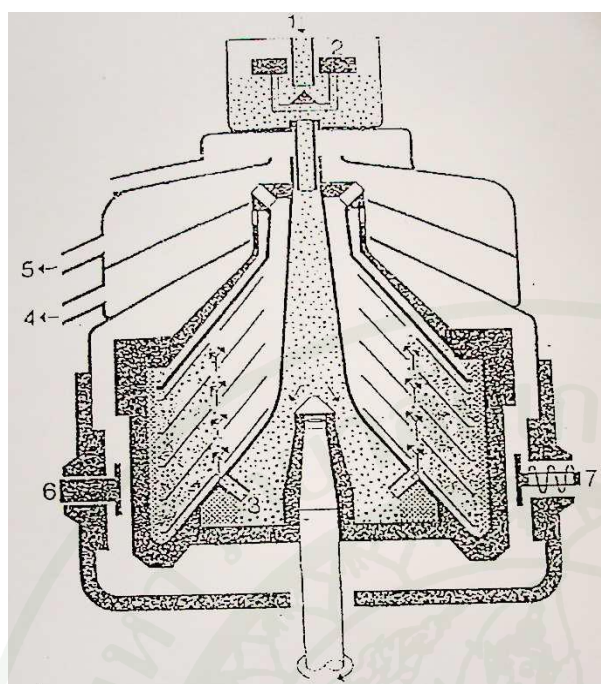
3.1 ชุดอุปกรณ์ที่ควบคุมปริมาณการส่งน้ำเข้าสู่ในหัวเครื่อง

การส่งน้ำเข้าสู่เครื่องในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการทำงานของ 2 ส่วนด้วยกันคือ การกำหนดระดับความสูงของน้ำเข้าสู่ในหม้อป้อน ระดับความสูงของน้ำเข้านี้ จะมีลูกลอย (Float) เป็นตัวกำหนด และตำแหน่งของลูกลอยจะมีวงแหวน (Stop ring) เป็นตัวกำหนด นอกจากระยะความสูงของน้ำเข้าสู่แล้ว ขนาดของรูจ่ายน้ำเข้าสู่ในเครื่อง (Regulating tube) ก็เป็นสิ่งที่ควบคุมได้โดยการเปลี่ยนให้รูใหญ่หรือเล็ก

3.2 ชุดฝาครอบที่มีน้ำข้างขึ้นออกจากหัวเครื่อง

3.3 ชุดฝาครอบที่มีหางน้ำข้างออกจากหัวเครื่อง

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะหน้าตัดภายในของเครื่องปั่นน้ำข้างแบบ Alfa Laval รุ่น LRH 410 โดยน้ำข้างจะไหลเข้าทาง Feed (1) ซึ่งอยู่บนสุดของตัวเครื่อง และน้ำข้างจะปรับให้คงที่โดย Feed cup (2) น้ำข้างจะไหลโดยแรงโน้มถ่วงไปที่จุดกลางถังปั่นให้น้ำข้างไหลออกไปตามรูของชุดจานแยก (3) จากนั้นน้ำข้างจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีน้ำหนัก คือ หางน้ำข้าง (Skim) ไหลออกสู่ออกนอกของถังปั่นและไหลไปตามทางด้านบนของถังผ่านสกรูปรับส้อมที่เก็บแยกหางข้าง (4) ส่วนชั้นของน้ำข้างซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อเยื่อจะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนแล้วเข้าสู่ถังที่เก็บ (5) (วารสาร, 2536)



- (1) Feed
- (2) Feed cup with float
- (3) Distribution tubes
- (4) Outlet for the skim
- (5) Outlet for the concentrate
- (6) Mechanical brake
- (7) Magnetic brake

ภาพที่ 6 ภาพหน้าตัดภายในของถังปั่นน้ำยางข้น แบบ Alfa Laval รุ่น LRH 410

ที่มา: วราภรณ์ (2536)

#### 8. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำยางข้นธรรมชาติ (มอก. 280-2552)

น้ำยางข้นแบ่งเป็น 5 ชนิดคือ

1. ชนิด HA เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียแต่เพียงอย่างเดียว และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 0.60% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น
2. ชนิด LA เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่น และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 0.29% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น
3. ชนิด MA เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่น และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 0.30% ถึง 0.59% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น

4. ชนิด HA ครีမ် เป็นน้ำยางข้นจากการแยกครีမ်ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียแต่เพียงอย่างเดียว และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 0.55% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น

5. ชนิด LA ครีမ် เป็นน้ำยางข้นจากการแยกครีမ် ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่น และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 0.35% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น

คุณลักษณะน้ำยางข้นที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวข้น ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และไม่มีสิ่งแปลกปลอม
2. สี ต้องมีสีขาวตามธรรมชาติของน้ำยางข้น ไม่เป็นสีเทา หรือสีเทาอมฟ้า
3. กลิ่น ต้องไม่มีกลิ่นบูดเน่า
4. คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี เป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				
	ชนิด HA	ชนิด LA	ชนิด MA <sup>3)</sup>	ชนิด HA ครีမ်	ชนิด LA ครีမ်
ของแข็งทั้งหมด %โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	61.0 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลง ระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย			65.0	65.0
เนื้อยางแห้ง %โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	60.0	60.0	60.0	64.0	64.0
ของแข็งที่ไม่ใช่ยาง <sup>1)</sup> %โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
ความเป็นต่าง (คำนวณเป็น NH <sub>3</sub> ) %โดยน้ำหนักน้ำยางข้น	ไม่น้อยกว่า 0.60	ไม่เกิน 0.29	0.30 – 0.59	ไม่น้อยกว่า 0.55	ไม่เกิน 0.35
เสถียรภาพต่อการปั่น <sup>2)</sup> (Mechanical Stability) วินาที ไม่น้อยกว่า	650	650	650	650	650
ยางจับเป็นก้อน (Coagulum) %โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8
แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8
แมงนีเซียม มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	40 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย				

ตารางที่ 4 (ต่อ)

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				
	ชนิด	ชนิด	ชนิด	ชนิด	ชนิด
	HA	LA	MA <sup>3)</sup>	HA ครีม	LA ครีม
ตะกอน (Sludge) %โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA number) ไม่เกิน	0.06 หรือให้เป็นที่ตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย				
ค่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ไม่เกิน	0.7 หรือให้เป็นที่ตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย				

- หมายเหตุ**
- 1) คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้ออย่างแห้ง
  - 2) เสถียรภาพต่อการปั่น เป็นค่าที่วัดภายหลัง 21 วันนับจากวันที่ทำ
  - 3) "MA" หรือ "XA" หมายถึง Medium Ammonia Latex

**ที่มา:** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2554)

## องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จัดตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ ตามมติ คณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2492 โดยในระยะแรกเรียกว่า “องค์การสวนยางนาบอน” สังกัดสำนักปลัดกระทรวงเกษตรราธิการ มีวัตถุประสงค์เพื่อจำหน่ายน้ำยางสด ผลิตและจำหน่าย ยางแผ่นรมควัน และดำเนินกิจการในการผลิตตามหลักวิชาการเพื่อเป็นตัวอย่างแก่ประชาชน รวมทั้งทำการค้นคว้าและทดลองด้านยางพารา ส่งเสริมและอบรมฝึกเกษตรกรไทยให้มีความรู้ ความชำนาญในการผลิตยาง ต่อมากระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ตราพระราชกฤษฎีกาจัดตั้ง องค์การสวนยาง พ.ศ. 2504 เพื่อให้องค์การสวนยางมีฐานะเป็นนิติบุคคล บริหารงานในรูป รัฐวิสาหกิจในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และเปลี่ยนชื่อเป็น “องค์การสวนยาง” ดังในปัจจุบัน (องค์การสวนยาง, 2555)

องค์การสวนยางมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อประกอบเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำสวน ยางพารา รวมทั้งการสร้างแปลงเพาะและแปลงขยายพันธุ์ยางพารา ผลิตยางแผ่นรมควัน ยาง เศรปขาว น้ำยางข้น ยางผง ยางแท่ง ยางชนิดอื่นๆ และสารประกอบของยางพารา รวมทั้ง ผลิตภัณฑ์จากยางพารา และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับยางพาราให้แก่รัฐและประชาชน รวมทั้งทำ หน้าที่เป็นกลไกภาครัฐร่วมกับเครือข่ายเกษตรกร ในการรักษาเสถียรภาพการผลิตและราคา ยางพารา และเพิ่มมูลค่ายางพาราของประเทศ ปัจจุบันองค์การสวนยางมีที่ดินทั้งหมด 41,800 ไร่ โดยแบ่งเป็นที่ดินในหมู่ที่ 16 ตำบลช้างกลาง กิ่งอำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 10,200 ไร่ และที่ดินในตำบลกรุงหยัน อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 31,600 ไร่ มีอัตรากำลังพนักงาน และลูกจ้าง ณ วันที่ 30 กันยายน 2555 รวม 1,637 คน ประกอบด้วย พนักงานประจำ 270 คน ลูกจ้างประจำ 118 คน ลูกจ้างชั่วคราว 165 คน ลูกจ้างโครงการฯ 60 คน ลูกจ้างกรีดยางตามสัญญาจ้าง 581 คน (เมษายน - กุมภาพันธ์) และแรงงานรับจ้างกรีดยาง 443 คน (เมษายน - กุมภาพันธ์) (องค์การสวนยาง, 2555)

องค์การสวนยางมีโรงงานเพื่อดำเนินกิจกรรมด้านแปรรูปยางโดยจัดหาวัตถุดิบจากสวน ยางขององค์การสวนยาง และจัดซื้อวัตถุดิบจากเกษตรกรชาวสวนยางมาดำเนินการผลิต ปัจจุบัน โรงงานขององค์การสวนยางมีกำลังผลิตยางพาราชนิดต่างๆ รวมทั้งสิ้น 30,520 ตัน โดยแบ่งการ ดำเนินงานออกเป็น (องค์การสวนยาง, 2555)

1. ฝ่ายโรงงาน 1 ตั้งอยู่หมู่ที่ 16 ตำบลช้างกลาง กิ่งอำเภอช้างกลาง จังหวัด นครศรีธรรมราช ก่อสร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2496 ปัจจุบันทำการผลิตยางเครพขาว ยางแท่ง STR 5L และยางแท่ง STR 20

2. ฝ่ายโรงงาน 2 ตั้งอยู่หมู่ที่ 2 ตำบลกรุงหยัน อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2515 ปัจจุบัน ทำการผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งสกิม

3. โรงงานยางแผ่นรมควัน ตั้งอยู่หมู่ที่ 9 ตำบลช้างกลาง กิ่งอำเภอช้างกลาง จังหวัด นครศรีธรรมราช ก่อสร้างตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2540 และเปิด ดำเนินการผลิตเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 โรงงานยางแผ่นรมควันมีขนาดกำลังผลิต 30,000 ตันต่อปี โดยรับซื้อยางแผ่นดิบจากเกษตรกรชาวสวนยาง กลุ่มเกษตรกรชาวสวนยาง และ สถาบันของเกษตรกรชาวสวนยาง มาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน เพื่อสนองนโยบายของรัฐในการ แก้ไขปัญหาราคายางตกต่ำทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลา (Time Study) หมายถึง วิธีการในการคำนวณหาเวลาที่เป็นมาตรฐานใน การปฏิบัติงาน โดยอาศัยเครื่องมือจับเวลาและการบันทึก อาจรวมถึงการปรับเวลาโดยการเผื่อค่า ต่างๆ และการใช้อัตราความเร็ว ทั้งนี้เพื่อให้ได้เวลามาตรฐาน (Standard Time) ในการทำงาน ปกติ ซึ่งสามารถทำงานได้ในอัตราความเร็วมาตรฐานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ ภายใต้ สภาพเงื่อนไขที่เหมาะสม (คมสัน, 2555)

#### 1. ประโยชน์ของการศึกษาเวลา

การศึกษเวลายานอกจากจะมีประโยชน์โดยตรงในการในการหาเวลามาตรฐาน ยังมี ประโยชน์ในแง่อื่นๆ ดังนี้ (คมสัน, 2555)

1.1 ใช้กำหนดการวางแผนในการทำงาน และการผลิต

1.2 ใช้หาค่าใช้จ่ายมาตรฐาน และการประมาณงบใช้จ่าย (Budgeting)

- 1.3 ใช้หาราคาของผลิตภัณฑ์ก่อนลงมือผลิต
- 1.4 ใช้หาประสิทธิภาพการทำงานของคนและเครื่องจักร
- 1.5 ใช้เป็นข้อมูลในการจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing)
- 1.6 ใช้หาเวลามาตรฐานในการจ่ายค่าตอบแทน
- 1.7 ใช้หาเวลามาตรฐานในการควบคุมค่าแรง
- 1.8 ใช้ในการวางผัง
- 1.9 ใช้วัดระดับความสามารถของโรงงาน
- 1.10 ใช้ประเมินทางเลือกในการทำงาน
- 1.11 ใช้ผลงานในการจูงใจ

## 2. วิธีการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลาแบ่งเป็น 4 วิธี ดังนี้ (คมสัน, 2555)

2.1 การสุ่มงาน (Work Sampling) เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการสุ่มจับเวลาการทำงานจริงของพนักงานในสายการผลิต ต้องใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลานานหลายสัปดาห์

2.2 การศึกษาเวลาจากข้อมูลเวลามาตรฐานและสูตร (Standard Data and Formulas) เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ข้อมูลเวลาที่จัดทำเป็นมาตรฐานของโรงงานนั้น รวมทั้งการคำนวณหาเวลาจากสูตรสำเร็จ เช่น สูตรมาตรฐานในการคำนวณเวลางานกลึง เป็นต้น

2.3 การศึกษาเวลาโดยระบบหาเวลาก่อนล่วงหน้า หรือการสังเคราะห์เวลา (Predetermined Time System or Synthesis Time) เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการหาเวลาล่วงหน้าก่อนที่งานจะเกิดขึ้นหรือสังเคราะห์เวลา โดยใช้ระบบการหาเวลาชนิดต่างๆ เช่น ระบบ Work factor เป็นต้น

2.4 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) คือการศึกษาเวลาที่ใช้การจับเวลาพนักงานที่มีการเลือกไว้แล้วมาทำการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ทั้งนี้ต้องมีการคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลา แล้วนำมาหาเวลาทำงานปกติ (Normal Time) และเวลามาตรฐานต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการศึกษาเวลาโดยตรงมีดังนี้

#### 2.4.1 หาข้อมูลเบื้องต้นของการทำงานที่จะศึกษาเวลา

ข้อมูลของสถานที่ทำงาน เครื่องมืออุปกรณ์ พนักงานที่เลือกมาศึกษาเวลา โดยพนักงานที่เลือกควรมีความสามารถในการทำงานนั้นได้อย่างดี ทำงานสม่ำเสมอ (คงที่) ไม่ช้าหรือเร็วเกินไป รวมทั้งข้อมูลของขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ ขั้นตอนการปฏิบัติงานหรือ Process Chart

#### 2.4.2 การแบ่งงานเป็นงานย่อย (Dividing Operation into Element)

งานย่อย (Element) คืองานที่เป็นส่วนประกอบของการทำงานหนึ่งๆ ในรอบการทำงานที่เป็นวัฏจักร (Work Cycle) ที่ประกอบด้วยงานย่อยหลายๆ งาน

วัฏจักรการทำงาน (Work Cycle) คือการทำงานซ้ำกันหลายรอบ เมื่อมีการทำงานตั้งแต่แรกและเมื่อสิ้นสุดการทำงานนั้น จะเริ่มทำงานใหม่ที่จุดเริ่มต้นเดิมซ้ำๆ กันเป็นรอบๆ โดยมีจุดเริ่มต้นของการทำงานมาบรรจบกับจุดสิ้นสุดเป็นวงกลม การทำงาน 1 รอบมักได้ผลงานอย่างน้อย 1 งาน

การแบ่งงานย่อยสามารถดำเนินการได้ดังนี้

ก. แบ่งงานย่อยที่มีการทำงานที่มีการทำงานที่แยกกันอย่างชัดเจนออกจากกัน

ข. แบ่งงานย่อยที่ทำโดยคน หรือคนและเครื่องจักร หรือเครื่องจักร รวมทั้งการขนย้ายออกจากกันอย่างชัดเจน

ค. แบ่งงานย่อยที่ระยะเวลาคงที่ ออกจากงานย่อยที่ระยะเวลาผันแปรไปตามตัวแปรที่ทำให้เวลาการทำงานย่อยไม่คงที่ เช่น ความยาว น้ำหนัก ขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น

ง. แบ่งงานย่อยออกเป็นงานย่อยที่สามารถจับเวลาได้ทันที คือไม่น้อยเกินไป ควรอยู่ในช่วง 0.07 – 0.2 นาที

จ. ถ้างานย่อยนั้นมีระยะเวลาสั้นเกินไปให้รวมงานย่อยเหล่านั้นเข้าด้วยกัน

#### 2.4.3 สังเกตและจับเวลาการทำงานของพนักงาน

การจับเวลาในการศึกษาเวลานิยมใช้นาฬิกาจับเวลา โดยใช้มาตรฐานเวลาที่แตกต่างจากเวลาปกติ คือ ใช้มาตรฐานเวลา 1/100 นาที หรือมีความละเอียดเท่ากับ 0.01 นาที รูปแบบการจับเวลาแบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

ก. การจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing) เป็นการจับเวลาโดยที่ไม่มีการหยุดนาฬิกาเพื่อบันทึกค่าเวลา แต่จะปล่อยให้นาฬิกาเดินจับเวลาไปเรื่อย โดยผู้บันทึกเวลาจะสังเกตเวลา ณ จุดสิ้นสุดงานย่อยนั้น ตรงกับเวลาในนาฬิกาค่าใดก็บันทึกค่านั้นลงไป ดังนั้นการบันทึกเวลาของงานย่อยต่างๆ จะเป็นการบันทึกเวลาที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเรียกว่าเวลา R จากนั้นถ้าต้องการเวลาที่แท้จริงของแต่ละงานย่อย ต้องมีการคำนวณโดยนำค่าเวลา R ของงานย่อยนั้นลบด้วยค่า R ของงานย่อยก่อนหน้า 1 งาน เรียกว่าเวลา T ดังภาพที่ 7

Element ที่	เวลา R	เวลา T
1	0.08	0.08
2	0.18	$0.18-0.08=0.10$
3	0.35	$0.35-0.18=0.17$
4	0.85	$0.85-0.18=0.50$

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณเวลาจากการจับเวลาแบบต่อเนื่อง

ที่มา: คมสัน (2555)

ข. การจับเวลาแบบจับซ้ำ (Repetitive Timing) เป็นการจับเวลาที่ต้องหยุดเวลาเพื่ออ่านค่า และตั้งกลับไปค่าศูนย์ใหม่เพื่อจับเวลางานย่อยถัดไป ดังนั้นเวลาที่เรารับได้จะเป็นเวลาของงานย่อยนั้นเลย หรือคือเวลา T นั้นเอง การจับเวลาแบบนี้มีข้อเสียคือ ผู้จับเวลาต้องมีความชำนาญในการจับเวลา บันทึกค่า และตั้งค่าศูนย์ ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างเร็ว

ค. การจับเวลาแบบสะสม (Accumulative Timing) เป็นการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาสองเรือนที่ต่อปุ่มพ่วงกัน เพื่อเวลากดให้นาฬิกาตัวหนึ่งเดินจับเวลา นาฬิกาอีกตัวจะหยุดเมื่อนาฬิกาตัวแรกถูกกดให้หยุดจับเวลา นาฬิกาตัวที่สองจะกลับมาเป็นศูนย์แล้วเดินจับเวลาทันที ทำให้เกิดลักษณะการจับเวลาสลับกันระหว่างนาฬิกาสองเรือน วิธีนี้มีข้อดีคือ ผู้ศึกษาเวลาสามารถอ่านค่าเวลาทำงานย่อยได้เลย และไม่ต้องพะวงว่าจะจับเวลางานย่อยต่อไปไม่ทัน

ในการจับเวลาการทำงานในการศึกษาโดยตรงจะจับเวลาจากการทำงานของพนักงานจริง โดยพนักงานทำงานในสภาพจริง ไม่มีการหยุดรอคนจับเวลา แต่จะทำงานไปเรื่อยๆ ผู้บันทึกจับเวลาจำเป็นต้องสังเกตการณ์ทำงานแต่ละงานย่อยที่ต่อเนื่องกันและจับเวลาให้ทัน โดยการจับเวลาจะทำไปตามวัฏจักรการทำงาน โดยสังเกตทำงานในแต่ละรอบ ดังภาพที่ 8 ซึ่งแสดงตารางบันทึกเวลาโดยจับเวลาแบบต่อเนื่อง

ในการศึกษาเวลาเบื้องต้น เราอาจจะจับเวลา 20-30 รอบการทำงาน แล้วจึงนำค่ามาหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจับเวลา เพื่อความน่าเชื่อถือทางสถิติว่าเวลาที่จับได้เป็นตัวแทนของเวลาทำงานจริงทั้งหมด

OBSERVATION SHEET																
SHEET 1 OF 1 SHEETS										DATE						
OPERATION										OP.NO.						
PART NAME										PART NO.						
MACHINE NAME										MACH.NO.						
OPERATOR'S NAME & NO.										MALE <input type="checkbox"/>						
										FEMALE <input type="checkbox"/>						
EXPERIENCE ON JOB										MATERIAL						
FOREMAN										DEPT.NO.						
BEGIN	FINISH	ELAPSED		UNITS FINISHED				ACTUAL TIME PER 100			NO. MACHINES OPERATED					
ELEMENTS		SPEED	FEED	T	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SELECTED TIME
1.				T	R											
2.				T	R											
3.				T	R											
4.				T	R											
5.				T	R											
6.				T	R											
7.				T	R											
8.				T	R											
9.				T	R											
10.	(1)			T	R											
11.	(2)			T	R											
12.	(3)			T	R											
13.	(4)			T	R											
14.	(5)			T	R											
15.	(6)			T	R											
16.	(7)			T	R											
17.	(8)			T	R											
18.				T	R											
SELECTED TIME	RATING		NORMAL TIME		TOTAL ALLOWANCE			STANDARD TIME								
SKETCH OF COMPONENTS:								TOOLS.JIGS.GAUGES:								
								TIMED BY:								

ภาพที่ 8 แบบบันทึกเวลาแบบต่อเนื่อง

ที่มา: Mechanical Guru (2012)

#### 2.4.4 การหาจำนวนครั้งในการจับเวลา

ก. การหาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่มีการจับเวลาเบื้องต้นมากกว่า 30 ตัวอย่าง ใช้การแจกแจง Z โดยต้องคำนึงถึงระดับความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงหรือค่าความผิดพลาดด้วย

1) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความเที่ยงตรง 95% หรือค่าความผิดพลาด  $\pm 5\%$  จำนวนครั้งในการจับเวลาคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$

2) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความเที่ยงตรง 90% หรือค่าความผิดพลาด  $\pm 10\%$  จำนวนครั้งในการจับเวลาคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (2)$$

เมื่อ  $N'$  คือ จำนวนครั้งของการจับเวลาที่ต้องการ ที่ระดับความเชื่อมั่น และค่าความผิดพลาด

$N$  คือ จำนวนครั้งของการจับเวลาเบื้องต้น (จำนวนตัวอย่าง)

$x$  คือ เวลาที่จับได้ของแต่ละครั้ง (ข้อมูลของแต่ละตัวอย่าง)

ข. การหาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่มีการจับเวลาเบื้องต้นน้อยกว่า 30 ตัวอย่าง จะใช้การแจกแจง t (t-distribution)

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

จากสมการที่ (3) การหาช่วงความเชื่อมั่นของตัวอย่าง สามารถพิจารณาเป็นค่าความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยได้ดังสมการที่ (4)

$$k\bar{x} = \frac{t_{\alpha/2, n-1} S}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

ดังนั้น จำนวนครั้งในการจับเวลาแสดงดังสมการที่ (5)

$$N' = \left[ \frac{t_{\alpha/2, n-1} S}{k\bar{x}} \right]^2 \quad (5)$$

เมื่อ  $s$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

$\alpha$  คือ 1-ระดับความเชื่อมั่น

$k$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาด

#### 2.4.5 หาอัตราสมรรถนะการทำงาน (Performance Rating)

#### 2.4.6 หาเวลาการทำงานปกติ (Normal Time)

#### 2.4.7 หาเวลาเผื่อการทำงาน (Allowances)

#### 2.4.8 หาเวลามาตรฐานสำหรับการทำงานนั้น

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ มาแต่โบราณกาลแล้ว แต่ที่ได้รับความนิยมและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เป็นผลเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์ (ศิริจันทร์, 2532)

Shannon (1975) ได้ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาว่า “การจำลองแบบปัญหาคือกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้” กระบวนการจำลองสถานการณ์จึงแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้งานในเชิงวิเคราะห์ กลไกของการจำลองสถานการณ์ขึ้นกับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง สามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมและสามารถทำการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริงได้ (ศิริจันทร์, 2532)

### 1. ประเภทของแบบจำลอง

แบบจำลอง (Model) หมายถึงตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งสามารถใช้ได้ในหลายลักษณะคือ ใช้เป็นเครื่องช่วยคิด เป็นเครื่องสื่อความหมาย เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม เป็นเครื่องมือในการทำนาย และเป็นเครื่องมือในการทดลองในกรณีที่ไม่สามารถทำการทดลองกับระบบจริงได้

1.1 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์จำแนกตามคุณลักษณะพิเศษได้ดังนี้ (ศิริจันทร์, 2532)

1.1.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) จะมีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบจริงขนาดอาจเท่าหรือเล็กหรือใหญ่กว่าระบบจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองผังโรงงาน

1.1.2 แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) จะมีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง เช่น การใช้แผนภูมิจัดการองค์กร แผนภูมิการไหลในกระบวนการผลิต

1.1.3 เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองในการตัดสินใจในกิจกรรมต่างๆ เช่น ธุรกิจ การลงทุน

1.1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบจริง

1.1.5 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) จะอยู่ในรูปคอมพิวเตอร์โปรแกรม

1.2 ประเภทแบบจำลองจำแนกตามประเภทของระบบงานได้ 3 ประเภท ดังนี้ (Banks *et al.*, 2005)

1.2.1 แบบจำลองแบบสถิตกับแบบจำลองแบบพลวัต (Static Model versus Dynamic Model) การจำลองสถานการณ์แบบสถิตเป็นการจำลอง ณ เวลาหนึ่ง โดยที่ไม่ถือเวลาเป็นปัจจัยสำคัญในการจำลองสถานการณ์ มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เช่น การจำลองตัวแบบทางการเงิน ส่วนการจำลองแบบพลวัตเป็นการจำลองระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้ เช่น การจำลองระบบแถวคอย เป็นต้น

1.2.2 แบบจำลองแบบต่อเนื่องกับแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Continuous Model versus Discrete Model) การจำลองสถานการณ์แบบต่อเนื่อง เป็นการจำลองที่สามารถทราบสถานะของระบบได้ตลอดเวลา มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ส่วนการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการจำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

1.2.3 แบบจำลองแบบเชิงกำหนดกับแบบจำลองแบบเฟ้นสุ่ม (Deterministic Model versus Stochastic Model) การจำลองสถานการณ์แบบเชิงกำหนด เป็นการจำลองสถานการณ์แบบไม่มีความเสี่ยงเนื่องจากข้อมูลป้อนเข้าไม่ได้เป็นแบบสุ่ม (Non-Random Input Data) จึงไม่ก่อให้เกิดความแปรปรวน ทุกอย่างเกิดขึ้นในปริมาณที่แน่นอน แต่การจำลองสถานการณ์แบบเฟ้นสุ่ม จะใช้ข้อมูลป้อนเข้าแบบสุ่ม (Random Input Data) จึงทำให้มีความแปรปรวนหรือมีความเสี่ยงในข้อมูล

ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในการพิจารณา และวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง และเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีหลักการที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้ระบบ หรือปรับปรุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น โดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง ดังเช่นตัวอย่างต่อไปนี้ (รุ่งรัตน์, 2553)

1. เมื่อต้องการปรับปรุงระบบก่อนดำเนินการจริง เช่น การเพิ่มเครื่องจักรเข้าไปที่จุดคอขวด (Bottleneck Station) จะใช้แบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมก่อนที่จะลงทุนจริง
2. เมื่อต้องการเพิ่มทางเลือกให้กับระบบ เช่น การปรับเปลี่ยนผังโรงงาน จะใช้แบบจำลองช่วยในการวางผังโรงงานทางเลือกไว้หลายๆ แบบ เพื่อศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในแต่ละผังโรงงาน เพื่อเลือกผังโรงงานแบบที่เหมาะสมที่สุด
3. เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน แบบจำลองจะถูกใช้เพื่อชี้วัดประสิทธิภาพของวิธีการทำงานแบบเก่าและแบบใหม่
4. เมื่อต้องการออกแบบระบบขึ้นมาใหม่ จะใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับระบบ เพราะการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงจะทำให้เข้าใจระบบได้มากยิ่งขึ้น

## 2. ข้อดีของการใช้แบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้รับความนิยมนเป็นอย่างมาก เนื่องจากแบบจำลองมีข้อดีดังนี้ (รุ่งรัตน์, 2553)

2.1 สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อน และไม่สามารถหาความสัมพันธ์ โดยการเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้

2.2 สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตของระบบได้ โดยใช้เวลานับวินาทีในการประมวลผลผลลัพธ์

2.3 สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่ไม่สามารถทดลองในสถานการณ์จริงได้

2.4 เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการศึกษาและฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบงาน เพราะผู้ทำการทดลองสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในระบบงาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบงาน ซึ่งช่วยให้เข้าใจปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งผลที่เกิดขึ้น เมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่มาใช้ก่อนที่จะมีการลงทุนจริง

### 3. ข้อเสียของการใช้แบบจำลองสถานการณ์

แม้ว่าการจำลองสถานการณ์จะมีประโยชน์หลายอย่าง แต่มีข้อเสียด้วยดังนี้ (รุ่งรัตน์, 2553)

3.1 การที่จะได้แบบจำลองที่ดีนั้นต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก

3.2 การสร้างแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ด้านการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง และผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางสถิติเพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปปรับปรุงต่อได้ โดยผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในระบบเป็นอย่างดี และมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้แบบจำลองนั้นมีความใกล้เคียงกับระบบจริง และมีความน่าเชื่อถือ

3.3 เนื่องจากผู้สร้างแบบจำลองเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งบอกถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ

3.4 ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำ เพราะผลที่ได้จากแบบจำลองมักเป็นค่าประมาณ จึงไม่สามารถวัดขนาดของความไม่แม่นยำได้

#### 4. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การออกแบบและสร้างแบบจำลองไม่มีหลักการ ทฤษฎี หรือสูตรที่แน่นอนตายตัว ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน นอกจากนี้ต้องอาศัยศิลปะในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริงผ่านแบบจำลองได้ (ศิริจันทร์, 2532)

แม้ว่าการจำลองปัญหาไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ไขปัญหาเสมอไป แต่การใช้แบบจำลองในปัจจุบันมักมีความยุ่งยากซับซ้อนจึงต้องมีการอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการวิเคราะห์แก้ปัญหา (ศิริจันทร์, 2532) ขั้นตอนในการในการสร้างแบบจำลองสรุปได้ดังนี้ (ศิริจันทร์, 2532, Banks *et al.*, 2005)

4.1 การตั้งปัญหาและให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด

4.2 การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา (Setting of Objectives and Overall Project Plan) บางครั้งวัตถุประสงค์อาจมาจากฝ่ายบริหารหลังจากที่เห็นว่าการทำงานบางอย่างของระบบยังไม่เป็นที่น่าพอใจ และเป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้แก้ไขอาการบางอย่างที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน

4.3 การสร้างแนวคิดของแบบจำลอง (Model Conceptualization) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริงมาใช้สร้างแบบจำลอง แบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งการที่จะได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องนั้น ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องมีความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษา ตลอดจนถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด (Data Collection) เช่น ปริมาณวัตถุดิบรับเข้า ปริมาณการผลิตน้ำยารุ่นที่ได้ เวลาที่ใช้ในกระบวนการแต่ละขั้นตอน เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) ให้กับแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนนี้มี

ความสำคัญมาก เพราะการเก็บข้อมูลนำเข้าที่ผิดพลาดจะทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองผิดพลาดตามไปด้วย

4.5 การแปลงแนวความคิดของแบบจำลองเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Model Translation) เป็นการนำข้อมูลจากระบบการทำงานจริง มาเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของค่าเชิงปริมาณที่แทนพฤติกรรมต่างๆ ของระบบ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาหรือซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม จนสามารถนำไปหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ค่าเชิงปริมาณอาจอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ และฟังก์ชันต่างๆ ทางสถิติ ความถูกต้องของค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในระบบการทำงานจริงของผู้ศึกษา ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของระบบคอมพิวเตอร์ (Verification) เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องและสามารถใช้งานแทนระบบการทำงานจริงได้หรือไม่ อีกทั้งยังเป็นการป้องกันข้อผิดพลาดต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น

4.7 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่า ผลการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมให้ผลลัพธ์ถูกต้องหรือไม่ โดยเปรียบเทียบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นแตกต่างกับพฤติกรรมของระบบการทำงานจริงอย่างไร และมีการใช้เทคนิคทางสถิติเข้ามาตรวจสอบ เพื่อนำความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาทำการแก้ไขแบบจำลอง โดยจะทำความเข้าใจกันว่าแบบจำลองจะมีความถูกต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ขั้นตอนนี้จะช่วยให้ผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบการทำงานจริงได้ จนทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

4.8 การออกแบบการทดลอง (Experimental Design) เป็นการหาแนวทางในการแก้ไขพัฒนาปรับปรุงระบบการทำงานจริงให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการทราบในด้านต่างๆ และมีการกำหนดระยะเวลาการเริ่มต้น และจำนวนรอบทำซ้ำในแต่ละแนวทางที่ทำการพิจารณาให้เหมาะสมต่อค่าใช้จ่ายและระดับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ต้องการ

4.9 การทดลองและวิเคราะห์ผล (Computational Experiment: Results and Analysis) เป็นการดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

4.10 การทดลองซ้ำเพิ่มเติม (More Runs) เป็นการตัดสินใจว่า ต้องมีการทดลองซ้ำเพิ่มเติมหรือไม่ ต้องมีการปรับแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมอีกหรือไม่ เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

4.11 การจัดทำเอกสารและรายงานผล (Documentation and Reporting) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อผลประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานต่อไป และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบในอนาคต

4.12 การนำผลไปใช้จริง (Implementation) เป็นการนำผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบการทำงานจริง การนำผลไปใช้จริงจะประสบความสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับการทำงานขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นได้อย่างถูกต้อง หากผู้ใช้แบบจำลองได้มีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองและมีความเข้าใจในธรรมชาติของแบบจำลองพร้อมทั้งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะช่วยให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

## 5. การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

ในปัจจุบันการจำลองสถานการณ์โดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย เพราะสามารถจำลองปัญหาได้หลายประเภท อีกทั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการคำนวณข้อมูลทางสถิติประเภทข้อมูลป้อนเข้า (Input Data) และข้อมูลผลลัพธ์ (Output Data) ภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลที่มีได้อีกด้วย เช่น การคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าช่วงความเชื่อมั่น เป็นต้น ดังนั้นผู้สร้างแบบจำลองควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสถิติ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ได้ถูกต้อง

5.1 ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ปัจจุบันมีข้อได้เปรียบในการสร้างแบบจำลองดังนี้ (รุ่งรัตน์, 2553)

### 5.1.1 ช่วยลดเวลาในการเขียนโปรแกรม

5.1.2 มีหน่วยโครงสร้างและหน่วยข้อมูลเฉพาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ

5.1.3 ผู้สร้างสามารถเปลี่ยนแปลงตัวแบบจำลองได้สะดวก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองก็สามารถทำได้ง่าย

5.1.4 มีเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบความผิดพลาดในแบบจำลองที่สร้างขึ้น

5.1.5 มีโปรแกรมรายงานผลทางสถิติ

5.2 ข้อเสียเปรียบด้านการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ คือ บางกรณีการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาพื้นฐานจะมีความคล่องตัวมากกว่าซอฟต์แวร์สำเร็จรูป เพราะแต่ละภาษาของโปรแกรมก็จะมีข้อดีเฉพาะตัว แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน (รุ่งรัตน์, 2553)

โปรแกรม Arena เป็นซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Rockwell Automation เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่มีผู้ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับสร้างแบบจำลองและดำเนินการทดลอง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำไปสู่แนวทางการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้โปรแกรม Arena ยังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว เช่น คนงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ลำเลียง โดยแต่ละรูปแสดงสถานะภาพของทรัพยากรได้ด้วย เช่น ว่างงาน ทำงาน หยุดงาน เป็นต้น ปัจจุบันได้พัฒนามาถึง Version 13.0 แล้ว (รุ่งรัตน์, 2553)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมธินี และคณะ (2548) ได้ประยุกต์ใช้การจำลองแบบเชิงพลวัตในการวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานตามแนวคิด Lean Manufacturing โดยลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต Stepping motor ของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งประสิทธิภาพการปรับปรุงใน 4 มุมมองตามแนวคิดการวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพ (Balanced Scorecard) ได้แก่ มุมมองด้านการเงิน มุมมองด้านลูกค้า มุมมองด้านกระบวนการภายใน และ มุมมองด้านการเรียนรู้และการเติบโตผลที่ได้จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการบวนการผลิต โดยการรวมการจัดพนักงานและเครื่องมือให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต การลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ (Handling Reduction) และการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) เข้าด้วยกัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการโดยรวม จาก 35.14% เป็น 49.54% ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตโดยการจัดพนักงานและเครื่องมือให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต การลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ หรือการทำสมดุลสายการผลิต วิธีการใดวิธีการหนึ่ง

อธิป และคณะ (2548) ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อสร้างสายการผลิตแบบลีน ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ มีวัตถุประสงค์ที่จะลดการรอคอยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิต และลดระยะเวลาในการผลิตสินค้า (Production Lead Time) ลง จากการศึกษาและวิเคราะห์สายการผลิต นักวิจัยได้แนวทางในการแก้ปัญหาออกมาเป็น 2 แนวทางหลักคือ เพิ่มกำลังคน และนำอุปกรณ์การตรวจสอบแบบอัตโนมัติมาใช้งาน จากแนวทางหลัก 2 แนวทางมีการกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้ 5 ทางเลือก จากนั้นนักวิจัยจึงทดสอบประสิทธิภาพของทั้ง 5 ทางเลือกผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ทำการสร้างขึ้น ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า การมีพนักงานในฝ่าย Visual Inspection จำนวน 5 คน มีเครื่องจักรในฝ่าย Production Sorting จำนวน 10 เครื่อง และมีพนักงานในฝ่าย Out Going จำนวน 4 คน จะสามารถลดปริมาณงานรอทำการตรวจสอบจาก 84 ชิ้น เหลือเพียง 1 ชิ้นและลดระยะเวลาในการผลิตสินค้าจาก 9,660 วินาที เหลือเพียง 65.67 วินาที และจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายพบว่า การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำกว่าทางเลือกอื่น 689,680 บาท

เบญจมาภรณ์ (2549) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิผลของระบบชุดขนดินของเหมืองแม่เมาะ ให้มีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 10% หรือเพิ่มเป็น 1,670 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงทำงาน โดยนำเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลามาใช้ ลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น รวมถึงปรับปรุงกระบวนการทำงานจุดที่ทำให้เกิดความล่าช้า การศึกษาเวลาได้ทำการนำเทคนิคการจับเวลาโดยตรง (Direct time study) มาใช้ในการเปรียบเทียบผล ก่อนและหลังการปรับปรุง รวมถึงการหาเวลาปกติ (Normal time) และเวลามาตรฐาน (Standard time) ในการทำงาน จากนั้นจัดกระบวนการทำงานให้เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของรถขุดไฟฟ้าร่วมกับรถบรรทุกเท้าย สนับสนุนยืนยันผลการดำเนินการศึกษาวิจัย ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตเฉลี่ยโดยรวมของระบบชุดขนดินของเหมืองแม่เมาะได้มากกว่า 10% ต้นทุนในการดำเนินงานลดลง 37.6 ล้านบาท นอกจากนี้ยังได้จัดทำเป็นวิธีปฏิบัติที่เหมาะสมในการดำเนินงาน ในระบบชุดขนดิน เพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์แก่หน่วยงานต่อไป

دنุสรณ์ (2550) ได้ศึกษาปัญหาของปริมาณคิวรถบรรทุกที่จอดอยู่หน้าโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อรอการขนถ่ายซีเมนต์ถ่านหินซึ่งเกิดจากการที่ทางโรงงานต้องการขยายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Arena มาช่วยในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 4 สถานการณ์และเปรียบเทียบผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหากมีการสร้างโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ผลพบว่า การเพิ่มอัตราการผลิตของซีเมนต์สามารถลดจำนวนรถบรรทุกที่จอดอยู่หน้าโรงงานโดยเฉลี่ยได้มากกว่าการเพิ่มจำนวน Dock และปัจจุบันมีคิวรถบรรทุกที่รอหน้าโรงงาน 0.9 คัน เมื่อสร้างโรงงานและเพิ่มอัตราการผลิตของซีเมนต์ถ่านหินแล้ว จะทำให้ปริมาณคิวรถบรรทุกที่รอหน้าโรงงานมีประมาณ 0.8 คัน

ทีพีพัฒน์ (2550) และวรรณวิภา (2550) ศึกษากระบวนการทำงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงานผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเลียนแบบการทำงานของสายการผลิตจริง และใช้ผลงานสายธารคุณค่าในการระบุกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตเพื่อกำจัดออก จากนั้นทดสอบแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพผ่านแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีแนวทางการและผลการปรับปรุงประสิทธิภาพที่น่าเสนอ ดังนี้ (1) การจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟสองเครื่องอย่างเหมาะสม ส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคั่วมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น หรือมีการกระจายปริมาณงานให้ทรัพยากรแต่ละชนิดใกล้เคียงกันมากขึ้น ช่วยลดเวลาการว่างงานและเวลารอคอยงาน (2) การหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการแยกสิ่งแปลกปลอมซึ่งเป็นขั้นตอนคอขวด (Bottleneck) ของ

สายการผลิต และการโยกย้ายพนักงานไปช่วยขั้นตอนอื่นเมื่อทำงานของตนเสร็จ การเพิ่มจำนวนพนักงานที่เหมาะสมร่วมกับการโยกย้ายพนักงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิต อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงาน จำนวนชั่วโมงล่วงเวลาเฉลี่ย และโอกาสการทำงานล่วงเวลาลดน้อยลง (3) การเปลี่ยนแปลงตารางเวลาการทำงานของพนักงานในส่วนบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีลำดับเวลาในการทำงานในส่วนต่างๆ อย่างเหมาะสม ส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องมีค่าสูงขึ้น และใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังลดเวลาสูญเสียจากการรอคอยงานได้อีกด้วย (4) การเพิ่มจำนวนพนักงานในสายการผลิต (5) การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานผลิต และ (6) การนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานบริเวณที่เป็นจุดคอขวดของกระบวนการผลิต คือกระบวนการแยกสิ่งแปลกปลอม พบว่าสามารถลดเวลาในการทำงาน (Average Throughput Time) ลงเหลือเพียง 3.36 ชั่วโมงต่อครั้ง และไม่เกิดการงานล่วงเวลาของพนักงาน จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนเครื่องจักรในการแยกสิ่งแปลกปลอมนั้นอยู่ในช่วงระยะเวลาที่รับได้คือ มีระยะเวลาคืนทุน 23 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มจำนวนพนักงานในสายการผลิต และมีระยะเวลาคืนทุน 29 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานผลิต จึงเป็นการเหมาะสมที่จะลงทุนซื้อเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในกระบวนการแยกสิ่งแปลกปลอม

สงวน และคณะ (2550) ได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำยางข้นของโรงงานแห่งหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาความเมื่อยล้าของคณงาน การจัดกำลังคนและการสูญเสียเนื้อยาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาของโรงงานและเพิ่มผลผลิต จากการศึกษาพบว่า 1) เมื่อทดลองวางตำแหน่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้นใหม่ สามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของคณงานล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้นได้ 19 เมตรต่อการล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้นหนึ่งเครื่อง จึงช่วยลดความเมื่อยล้าของคณงานได้ 2) ปัจจุบันฝ่ายผลิตจัดให้คณงาน 5 คนช่วยกันล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้น 10 เครื่อง จากการทดลองใช้ 3 คนต่อ 10 เครื่อง พบว่าสามารถทำงานได้ จึงช่วยแก้ปัญหากำลังคนและสามารถลดค่าจ้างคณงานได้ประมาณ 400,000 บาทต่อปี 3) วิธีล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้นมีส่วนทำให้เนื้อยางสูญเสียไป จึงแนะนำให้ฝ่ายบริหารนำเครื่องมือ เช่น กิจกรรรมกลุ่มคุณภาพ มาช่วยในการแก้ปัญหา มาทดลองใช้เพื่อปรับปรุงวิธีทำงานให้ดีขึ้น นอกจากนี้ได้แนะนำให้โรงงานทดลองใช้ดัชนีวัดประสิทธิภาพการผลิตตัวใหม่ที่คำนวณจากอัตราส่วนของ “ร้อยละของน้ำหนักรีดน้ำยางข้นต่อน้ำหนักรีดดิบ” กับ “ร้อยละของผลผลิต” จึงมี

ประโยชน์ต่อฝ่ายบริหารในการใช้ยืนยันค่าร้อยละของผลผลิตเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน

อิทธิพล (2552) ได้ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต โรงงานผลิตปลานิลแช่แข็งเพื่อให้โรงงานสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างเต็ม ประสิทธิภาพมากที่สุดและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยการใช้พนักงานสายธารแห่งคุณค่าและแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยมีแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนพนักงาน 6 รูปแบบ เปรียบเทียบกับชั่วโมงทำงานปกติ 8 ชั่วโมง และชั่วโมงทำงานปกติตามชั่วโมงทำงานล่วงเวลา 11 ชั่วโมง พบว่าชั่วโมงทำงานแบบปกติและพนักงานรูปแบบที่ 6 และชั่วโมงทำงานล่วงเวลาและพนักงานรูปแบบที่ 2, 3, 4, 5, 6 นั้นสามารถผลิตไปตามเป้าหมาย แต่การทำงานในชั่วโมงทำงานแบบปกติและพนักงานรูปแบบที่ 6 คือ เพิ่มพนักงาน 6 คนช่วยในกระบวนการเทลงถังดองในกระบวนการคัดปลาช่วยในการขอดเกล็ดและเพิ่มอีก 3 คนช่วยในการทำความสะดวกปลาในกระบวนการผลิต ช่วยในการเรียงปลาในกระบวนการเรียงปลาและพนักงานในการเตรียมกล่องกระดาษ 1 คนในกระบวนการแพ็ค รวมพนักงานทั้งหมด 45 คนมีต้นทุนแรงงาน 2.11 บาทต่อกิโลกรัมซึ่งต่ำที่สุด ซึ่งสามารถระบุรูปแบบการเพิ่มจำนวนพนักงานและชั่วโมงทำงานที่สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายได้

กัณศิริ (2553) ทำการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงการจัดการกระบวนการผลิตโรงงานใส่เบเกอรี่โดยใช้เทคนิคการจัดการสมดุลสายการผลิต เทคนิคการปรับปรุงงาน การป้องกันความผิดพลาด และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อแก้ปัญหาค่าการเกิดการว่างงานของพนักงานในกระบวนการผลิต เนื่องจากความไม่สมดุลของสายการผลิต หลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดจำนวนพนักงานลงจาก 19 คนเหลือ 10 คน ซึ่งมีผลให้อัตราผลผลิตด้านแรงงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 111.76% และค่าการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของพนักงานเพิ่มขึ้น 25.47%

Al-Saleh (2011) ใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและการศึกษาเวลาในการวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของศูนย์ตรวจสอบสภาพรถในจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ซึ่งอยู่ที่จุดแรกของการตรวจสอบสภาพรถ โดยมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงาน และการเพิ่มพนักงานเพื่อลดเวลาในการทำงานลง และทำการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ด้วย

โปรแกรม ARENA ผลการศึกษาพบว่า สามารถตรวจสอบสภาพรถได้เพิ่มจากเดิม 226 คัน เป็น 621 คัน หรือสามารถเพิ่มผลิตผลได้ 174.8%



# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware) และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer Software) ดังนี้

1.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยประมวลผลกลาง Intel CORE i3-370 M หน่วยความจำ 2 GB ความจุของฮาร์ดดิสก์ 320 GB

1.2 โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 11.0 สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น (Centrifuge) ของโรงงานกรณีศึกษา

1.3 โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 15.0 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

2. เครื่องบันทึกวีดิทัศน์ (Video Recorder)

3. นาฬิกาจับเวลา

## วิธีการ

1. เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 รวมทั้งรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 โดยวิธีการสังเกตการณ์การทำงานในสถานที่จริง ซึ่งโรงงานกรณีศึกษา ฝ่ายโรงงาน 2 ของโครงการสวนยางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตั้งอยู่หมู่ที่ 2 ตำบลกรูยเหนือ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันทำการผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งสกิน โดยมีกำลังการผลิต 15,000 ตันต่อปี ซึ่งเป็นน้ำยางข้นปริมาณ 5,000 ตันต่อปี

1.2 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนคนงานที่ปฏิบัติงาน ปริมาณการผลิต เป็นต้น

## 2. สร้างผังการดำเนินงานในปัจจุบัน ด้วยแผนภูมิการไหล (Flow chart) และแผนภูมิกระบวนการทำงาน (Process chart) เพื่อวิเคราะห์หาปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

สร้างผังการดำเนินงานในปัจจุบัน ด้วยแผนภูมิการไหล (Flow chart) และแผนภูมิกระบวนการทำงาน (Process chart) ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น (Centrifuge) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นจุดคอขวด (Bottleneck) ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 ที่ต้องมีการล้างทำความสะอาดหัวเครื่อง (Bowl) ของเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น โดยใช้พนักงานในแต่ละกะเป็นคนล้าง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้พนักงาน 11-12 คน จึงจะเพียงพอต่อการล้างทำความสะอาดให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด หากมีพนักงานน้อยกว่านี้ ซึ่งมักเกิดจากพนักงานหยุดงานโดยไม่แจ้งก่อนล่วงหน้า จะเกิดปัญหาทำงานได้ไม่ทัน ทำให้ทางโรงงานจำเป็นต้องลดจำนวนเครื่องที่จะเปิดใช้ในการผลิตลง จนบางครั้งเกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน นอกจากนี้ ยังพบว่า โรงงานไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องของเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นที่แน่นอน ทำให้พนักงานแต่ละกะมีการแบ่งงานและการทำงานในการล้างแตกต่างกัน การศึกษาผังการดำเนินงานในปัจจุบันจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นได้

## 3. การศึกษาเวลา (Time Study) และการหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น

3.1 การศึกษาเวลา (Time Study) โดยการจับเวลาจากวีดิทัศน์ที่บันทึกการทำงานจริงในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น (Centrifuge) แต่ละเครื่อง ซึ่งแยกเป็นงานย่อย 17 ขั้นตอน และทำการบันทึกเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดการทำงานของแต่ละขั้นตอนย่อย แล้วคำนวณเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละขั้นตอน โดยเอาเวลาสิ้นสุดการทำงานลบด้วยเวลาเริ่มต้นการทำงาน ในขั้นต้นนำเวลาในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นจำนวน 30 ตัวอย่าง เพื่อนำมาใช้หาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสม โดยกำหนดความแม่นยำที่ระดับ 10% (10% Precision Level) และระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

### 3.2 การหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

นำข้อมูลเวลาที่ได้จากการศึกษาเวลา (Time Study) ในกระบวนการล้างเครื่องปั่น นำมาวิเคราะห์หาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลด้วย Input Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 11.0

ในการเลือกรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของ Input Analyzer จะพิจารณาจาก Mean Squared Error ที่มีค่าต่ำที่สุด และพิจารณาผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Chi-Square Test และ Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ร่วมด้วย โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0$ : ข้อมูลมีการแจกแจงตามรูปแบบที่ต้องการทดสอบ

$H_1$ : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ต้องการทดสอบ

หากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05 จะยอมรับ  $H_0$  ซึ่งหมายความว่า สามารถเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer รายงานในการสร้างแบบจำลองได้ แต่หากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 0.05 จะเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์ (Empirical Distribution) แทน

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่พิจารณาใช้ในการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 11.0 ซึ่งได้มาจาก Input Analyzer มีรูปแบบดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่พิจารณาในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	อักษรย่อ	ค่าพารามิเตอร์
Beta	BETA	(Alpha1, Alpha2)
Continuous	CONT	(CumP1, Val1,..., CumPn, Valn)
Discrete	DISC	(CumP1, Val1,..., CumPn, Valn)
Erlang	ERLA	(ExpMean, k)
Exponential	EXPO	(Mean)
GammaJohnson	GAMM	(Beta, Alpha)
Johnson	JOHN	(Gamma, Delta, Lambda, Xi)
Lognormal	LOGN	(LogMean, LogStdDev)
Normal	NORM	(Mean, StdDev)
Poisson	POIS	(Mean)
Triangular	TRIA	(Min, Mode, Max)
Uniform	UNIF	(Min, Max)
Weibull	WEIB	(Beta, Alpha)

ที่มา: Kelton *et al.* (2003)

#### 4. สร้างแบบจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมการจำลองสถานการณ์ Arena 11.0

##### 4.1 ข้อสมมติของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเลียนแบบกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นของโรงงานกรณีศึกษา บนข้อสมมติดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 พนักงานจะทำงานเฉพาะหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมายเท่านั้น

4.1.2 ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ทำงานหน้าที่เดียวกันจะไม่แตกต่างกัน

4.1.3 ปริมาณงานที่มีในแต่ละกะการทำงาน (2 ชั่วโมง) จะต้องถูกทำให้เสร็จภายในกะการทำงานนั้นๆ

4.1.4 การล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກນน้ำอย่างขึ้น พนักงานจะล้างทำความสะอาดให้เสร็จที่ละเครื่อง

4.1.5 การทำงานแต่ละกะจะล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກນน้ำอย่างขึ้น 20 เครื่อง

#### 4.2 การวิเคราะห์ระบบของแบบจำลองที่ทำการศึกษา

โดยปกติแล้วระบบของแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ (Banks *et al.*, 2005) คือ

4.2.1 ระบบแบบ Terminating System คือ ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลานั้นแล้ว ผลของช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดไปได้

4.2.2 ระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State คือ ระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้าสามารถส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดมาได้ ดังนั้นระบบแบบนี้ต้องมีการหาเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ด้วย

แบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກນน้ำอย่างขึ้นของโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ จากการวิเคราะห์กระบวนการแล้วจะจัดเป็นระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State เนื่องจากถ้ายังมีปริมาณงานค้างอยู่ในระบบ ปริมาณงานดังกล่าวจะต้องถูกทำให้เสร็จก่อน จึงสามารถมีงานใหม่เข้ามาสู่ระบบได้

#### 4.3 การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length)

ในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ต้องมีการกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ มิฉะนั้นแบบจำลองจะทำการประมวลผลไปเรื่อยๆ โดยไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite) เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ จัดเป็นการจำลองแบบ Steady-State หรือ Non-Terminating System ดังนั้นระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละรอบการทำซ้ำของแบบจำลองสถานการณ์จะต้องค่อนข้างยาว ผู้วิจัยจึงได้กำหนดความยาวในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ให้มีค่าเท่ากับ 43,800 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับระยะเวลาในการทำงาน 5 ปี

#### 4.4 การกำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period)

ช่วงแรกของการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ระบบจะยังว่างงานอยู่ ข้อมูลจากการประมวลผลที่ได้จะมีการแกว่งตัว ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการวิเคราะห์ระบบได้ เพราะจะทำให้เกิดอคติขึ้น หรือเรียกว่า Initial Condition Bias ระบบต้องทำการประมวลผลจนถึงช่วงเวลาหนึ่งระบบจึงเริ่มคงที่ ณ จุดนี้จะมีความเหมาะสม สำหรับการเริ่มต้นเก็บข้อมูลจริง โดยช่วงเวลาก่อนที่ระบบจะเข้าสู่สภาวะคงที่นี้ เรียกว่า Warm-up Period และข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกตัดทิ้งไปไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มความยาวในการประมวล โดยในแต่ละรอบประมวลผลเป็นจำนวน 10 รอบการทำซ้ำ จากนั้นนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมด (Average Worker Utilizations) กับเวลาในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อหาช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัวหรือ Warm-up Period ที่เหมาะสม

4.5 การกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Number of Replication) โดยการเพิ่มจำนวนรอบการทำซ้ำให้มากขึ้นจนกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width) มีค่าไม่เกิน 0.01

4.6 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation of the Simulation Model) เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ว่ามีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับระบบการทำงานจริงมากน้อยเช่นไรหรือเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริง หากค่าที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองรวมกับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ (Half Width) อยู่ในช่วงของค่าที่ได้จากการสังเกตหรือข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์จริงแสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนระบบการทำงานจริงที่เป็นอยู่ได้

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบ โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา (Face Validation) ซึ่งได้แก่ ผู้จัดการโรงงานของโรงงานกรณีศึกษา และหัวหน้าแผนกผลิตเป็นผู้ตรวจสอบ ร่วมกับการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงจากการบันทึกวีดีทัศน์กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0

ภาคผนวก ก แสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน (Base case) ของกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยคน้ำยางชั้นของโรงงานกรณีศึกษา บนโปรแกรมสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำเร็จรูป Arena 11.0

## 5. ระบุแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานและการผลิตที่เป็นไปได้ ร่วมกันกับฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง พบว่าจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ในกระบวนการผลิต คือ ขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องของเครื่องปั้นแยคน้ำยางชั้นที่ต้องล้างทุก 2 ชั่วโมง โดยใช้พนักงานในแต่ละกะเป็นผู้ล้าง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้พนักงาน 11-12 คนจึงจะเพียงพอต่อการล้างทำความสะอาดให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด หากมีพนักงานน้อยกว่านี้ จะเกิดปัญหาทำงานได้ไม่ทัน ทำให้ทางโรงงานจำเป็นต้องลดจำนวนเครื่องที่จะเปิดใช้ในการผลิตลง นอกจากนี้ ยังพบว่าโรงงานไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องและเครื่องปั้นแยคน้ำยางชั้นที่แน่นอน ทำให้พนักงานแต่ละกะมี

การแบ่งงานและการทำงานในการล้างแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางการแก้ไข เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

### 5.1 จัดวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure)

เนื่องจากโรงงานไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องของเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างขั้นที่แน่นอน ทำให้พนักงานแต่ละกะมีการแบ่งงานและการทำงานในการล้างแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงกำหนดหน้าที่และการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้เหมาะสม โดยจัดทำวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน เพื่อให้พนักงานทุกกะทำงานในรูปแบบเดียวกัน ซึ่งจะช่วยลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนกันในบางขั้นตอน ลดเวลาในการว่างงานและการรอกงานในบางขั้นตอนลง และลดความแปรผันของเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยมีวิธีการในการจัดวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน 2 ขั้นตอน ดังนี้

5.1.1 หาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการทำงาน โดยให้ใช้จำนวนพนักงานน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด คือ ไม่มีงานค้างอยู่ในระบบ หรือจำนวนงานที่เข้าไปในระบบต้องเท่ากับงานที่ออกมาจากระบบ เวลาที่ใช้ในการทำงานไม่เกิน 120 นาที (2 ชั่วโมง) และต้องมีพนักงานเข้าทำงานทุกกะ

5.1.2 กำหนดหน้าที่และการทำงานของพนักงานที่เหมาะสม เพื่อให้ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด คือ ไม่มีงานค้างอยู่ในระบบ หรือจำนวนงานที่เข้าไปในระบบต้องเท่ากับงานที่ออกมาจากระบบ เวลาที่ใช้ในการทำงานไม่เกิน 120 นาที (2 ชั่วโมง) และมีจำนวนพนักงานเท่ากับจำนวนพนักงานที่กำหนดในระบบการจัดการทำงานที่นำเสนอ

การหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในแต่ละรูปแบบการทำงานตามวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน วิเคราะห์โดยใช้ OptQuest ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรม Arena 11.0 รายละเอียดของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วย OptQuest ในภาคผนวก ข

5.2 การเพิ่มทรัพยากรในการปฏิบัติงาน โดยทรัพยากรที่เสนอแนะให้เพิ่มคือ ตำแหน่งจุดล้าง และอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง โดยกำหนดจำนวนพนักงานให้เท่ากับจำนวนพนักงานงาน

น้อยที่สุดที่สามารถทำงานได้ทันในเวลา 2 ชั่วโมง และหาจำนวนเครื่องปั้นແກ່ນ້ຳຍ່າງຂັ້ນທີ່  
สามารถล้างได้ภายใต้ข้อจำกัดที่ระบุ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมเสริม OptQuest เช่นเดียวกัน

## 6. ทดสอบปรับปรุงกระบวนการทำงานตามแนวทางที่เสนอบนแบบจำลองสถานการณ์ ในคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.1 ทดสอบแนวทางแก้ไขที่เสนอบนแบบจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ นำแนวทาง  
การแก้ไขที่เสนอแนะมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Arena 11.0

### 6.2 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.2.1 วิเคราะห์เวลาในการทำงาน โดยนำเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ใน  
คอมพิวเตอร์ ทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 เพื่อ  
ศึกษาว่าหากมีการทำงานตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะแล้ว จะสามารถทำงานได้เสร็จตาม  
เวลาที่กำหนด กล่าวคือ ใช้เวลาในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກ່ນ້ຳຍ່າງຂັ້ນไม่เกิน 120  
นาที (2 ชั่วโมง) หรือไม่ โดยมีการกำหนดข้อสมมติและสมมติฐานในการทดสอบทางสถิติ ดังนี้

ข้อสมมติ ประชากรทั้งหมดมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน

สมมติฐาน  $H_0$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานเท่ากับ 120 นาที (2 ชั่วโมง)

$H_1$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานไม่เกิน 120 นาที (2 ชั่วโมง)

6.2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทำงานตามแนวทางการแก้ไข  
ที่เสนอ โดยนำเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ ทำการทดสอบสมมติฐานทาง  
สถิติแบบ ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 โดยมีข้อสมมติและสมมติฐานในการทดสอบทาง  
สถิติ ดังนี้

ข้อสมมติ ความคลาดเคลื่อน ( $\epsilon_{ij}$ ) มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมีค่าเฉลี่ย  
เป็น 0 และค่าความแปรปรวนคงที่

สมมติฐาน  $H_0$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานเมื่อทำตามแนวทางการแก้ไขต่างๆ ใช้เวลาเท่ากัน  
 $H_1$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานเมื่อทำตามแนวทางการแก้ไขต่างๆ ใช้เวลาไม่เท่ากัน

และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงานของแต่ละแนวทางแก้ไขเป็นคู่ โดยวิธี Tukey's Test เมื่อพบว่าเวลาในการทำงานแต่ละแนวทางแตกต่างกัน รวมทั้งเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของแต่ละแนวทางแก้ไขกับการทำงานที่ทำอยู่ในปัจจุบัน โดยวิธี Dunnett's Test ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 แสดงในภาคผนวก ค

#### 7. สรุปผลการวิจัย เพื่อกำหนดแนวทางการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นที่เหมาะสมให้แก่ฝ่ายโรงงาน 2 ขององค์การสวนยาง

สรุปผลการวิเคราะห์การทดสอบปรับปรุงกระบวนการทำงานตามแนวทางที่เสนอบนแบบจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ และนำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นที่เหมาะสมให้แก่ฝ่ายโรงงาน 2 ขององค์การสวนยาง

## ผลและวิจารณ์

### 1. ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา

#### 1.1 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 มีดังนี้

1.1.1 รวบรวมน้ำยางสดเข้าสู่โรงงาน โดยรักษาสภาพน้ำยางด้วยสารละลายแอมโมเนีย หรือร่วมด้วยสารเคมีประเภทอื่น เช่น ZnO/TMTD

1.1.2 ปรับคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำยางสดให้ได้ตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนด

1.1.3 บั่นแยกน้ำยางสดโดยใช้เครื่องบั่นแยกน้ำยางชั้น

1.1.4 น้ำยางชั้นที่ได้จะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งประมาณ 60% จากนั้น ปรับคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำยางชั้นให้ได้ตามมาตรฐาน และรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย หรือ Secondary preservative

1.1.5 น้ำยางชั้นที่ได้ คือ HA Latex (High Ammonia Latex) และ LA (Low Ammonia Latex) ซึ่งจำหน่ายโดยบรรจุลงถังขนาด 200 ลิตร หรือจำหน่ายเป็น Bulk โดยการถ่ายจากถังเก็บน้ำยางชั้น (Tanks) ลงถังเก็บบนรถบรรทุก หรือจำหน่ายโดยบรรจุลงถุงยางขนาด 1 ตัน (Jumbo bag) ในตู้คอนเทนเนอร์

ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นของโรงงาน 2 จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ก. ส่วนเก็บวัตถุดิบ ประกอบด้วยบ่อเก็บน้ำยางสด มีทั้งหมด 14 บ่อ

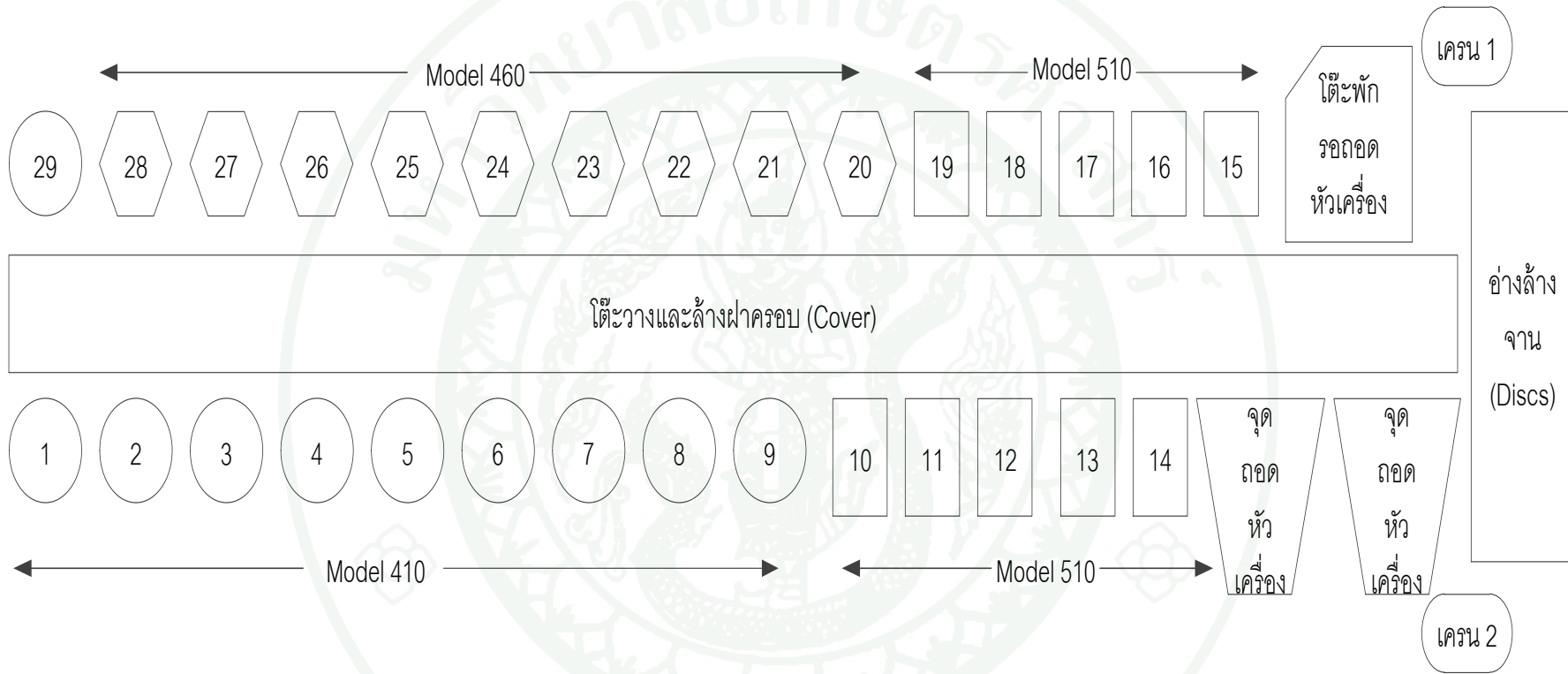
1) บ่อ 1-5 เก็บน้ำยางสดได้ 15 ตันต่อบ่อ

2) บ่อ 6-10 เก็บน้ำยางสดได้ 20 ตันต่อบ่อ

3) บ่อ 11-14 เก็บน้ำยางสดได้ 40 ตันต่อบ่อ

ข. ส่วนผลิต (ภาพที่ 9) ประกอบด้วย

- 1) เครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น (Centrifuge) ที่ใช้ในโรงงาน มีทั้งหมด 29 เครื่อง ประกอบด้วย 3 รุ่น คือ รุ่น 410 จำนวน 9 เครื่อง รุ่น 460 จำนวน 10 เครื่อง และรุ่น 510 จำนวน 10 เครื่อง
- 2) อุปกรณ์สำหรับถอดหัวเครื่อง (Bowls) 2 ชุด
- 3) เครน 2 ชุด ชุดแรกใช้ในการยกหัวเครื่องจากตัวเครื่องมาจุดพักถอดและยกกลับไปยังตัวเครื่อง ชุดที่ 2 ใช้ในบริเวณจุดล้าง โดยยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังอุปกรณ์ถอดและใช้ยกแกน และงานไปยังอ่างล้าง
- 4) โต๊ะสำหรับวางและล้างทำความสะอาดฝาครอบ อยู่ตรงกลางของสายการผลิต
- 5) จุดล้าง 1 จุดที่บริเวณส่วนท้ายของสายการผลิต

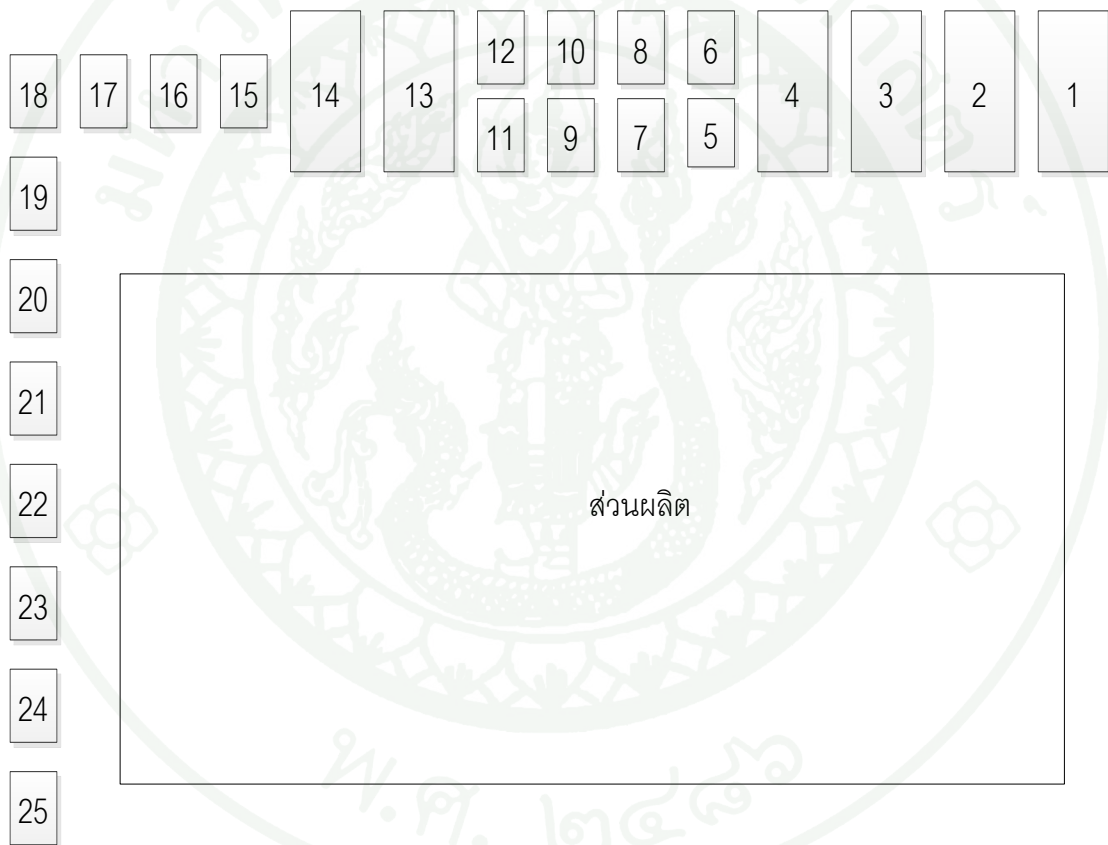


ภาพที่ 9 แผนผังการตั้งเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง ณ ปัจจุบัน

ค. ส่วนเก็บผลิตภัณฑ์สุดท้าย อยู่ชั้นบนของส่วนผลิต ซึ่งประกอบด้วยถังเก็บน้ำยางชั้นมีทั้งหมด 25 ถัง ดังในภาพที่ 10

1) ถังที่ 1, 2, 3, 4, 13 และ 14 เก็บน้ำยางชั้นได้ 92,014 กิโลกรัม หรือประมาณ 10 ตันต่อถัง

2) ถังที่ 5-12, 15-25 เก็บน้ำยางชั้นได้ 37,268 กิโลกรัม หรือประมาณ 4 ตันต่อถัง



ภาพที่ 10 แผนผังถังเก็บน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง

## 1.2 การล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น

การล้างเครื่องปั่นน้ำยางข้นจะล้างทุก 2 ชั่วโมง จะถอดล้างครั้งละเครื่อง แต่ละเครื่องปิดห่างกันประมาณ 5 นาที โดยใช้พนักงานในแต่ละกะการทำงาน ทั่วไปแล้วจะมีพนักงาน 11 คน โดยมีการทำงานดังนี้

- 1) (พนักงานคนที่ 1) ปิดวาล์วน้ำยาง รวจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด
- 2) (พนักงานคนที่ 1) ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน
- 3) (พนักงานคนที่ 1) ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้น รวจนเครื่องจะหยุดทำงาน
- 4) (พนักงานคนที่ 1) ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น (Regulating cover, Upper cover และ Lower cover) ออกจากแท่นเครื่องปั่นน้ำยาง วางฝาครอบ 3 ชั้นลงบนโต๊ะที่อยู่ตรงกลาง
- 5) (พนักงานคนที่ 2) ล้างทำความสะอาดฝาครอบโดยใช้สายยางฉีดทำความสะอาด
- 6) (พนักงานคนที่ 3) ใช้เขรนยกหัวเครื่อง (Bowl) ไปยังจุดพักเพื่อรอกถอด
- 7) (พนักงานคนที่ 4) ใช้เขรนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด
- 8) (พนักงานคนที่ 4-7) ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก โดยที่จุดถอด มีที่ถอดหัวเครื่องจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดใช้พนักงาน 2 คนในการถอดฝาครอบ จากนั้น เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง
- 9) (พนักงานคนที่ 8) ยกแกน (Distributor) และจาน (Discs) ไปยังอ่างล้าง แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นจึงทำการล้างแกน
- 10) (พนักงานคนที่ 9-11) ล้างทำความสะอาดจาน
- 11) (พนักงานคนที่ 4-8) นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง

12) (พนักงานคนที่ 3) ใช้เขรณยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง

13) (พนักงานคนที่ 1) ประกอบฝาครอบ 3 ชั้น กับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง รวจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป

ตารางที่ 6 แสดงทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น ของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ตารางที่ 6 ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น

ทรัพยากร	จำนวน
พนักงานล้างเครื่อง <sup>1</sup>	11-12 คน
เขรณ <sup>2</sup>	2 ชุด
ชุดถอดหัวเครื่อง (Bowl)	2 ชุด
อ่างล้างจาน (Discs)	1 อ่าง

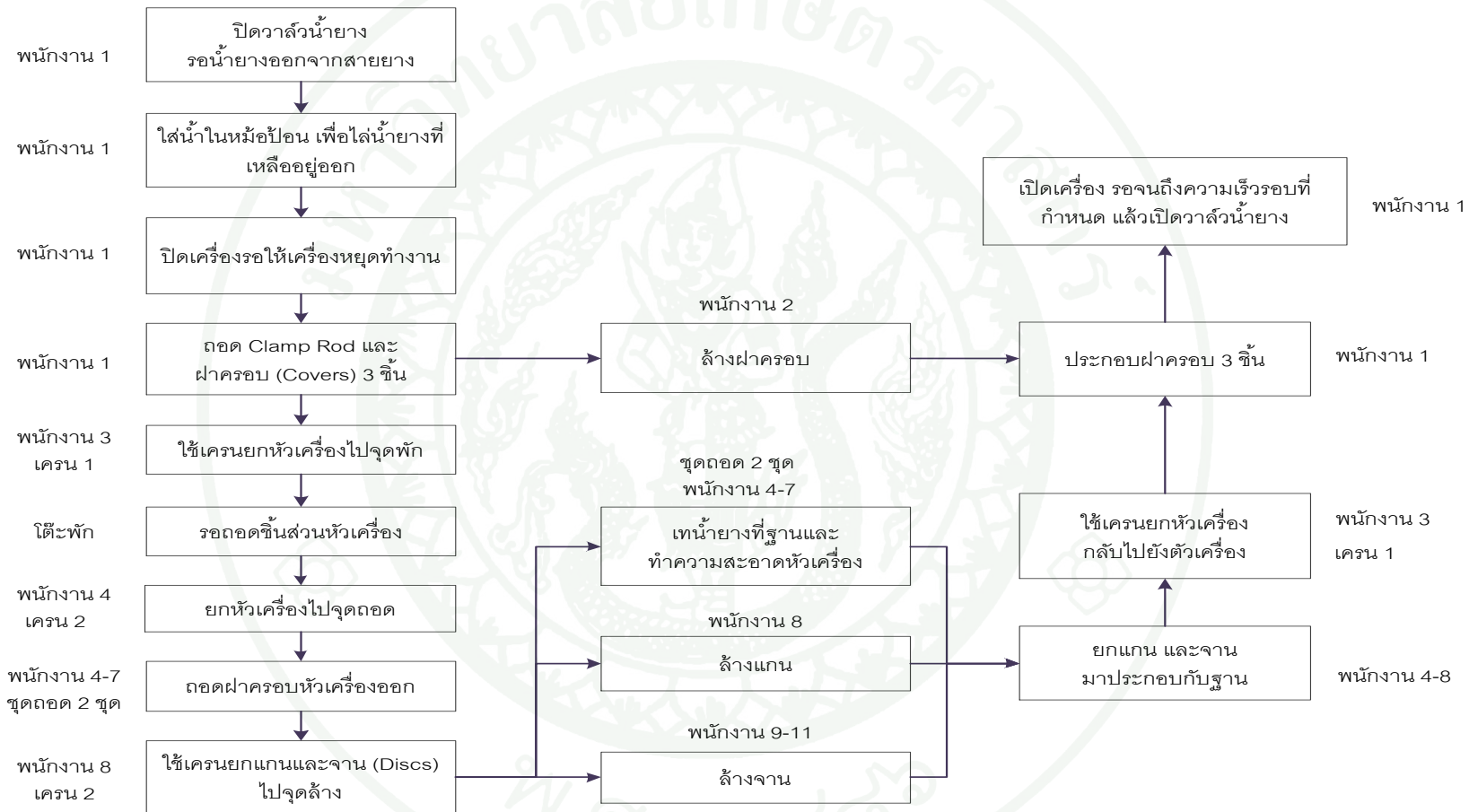
**หมายเหตุ** 1. พนักงานล้างเครื่อง 11-12 คนจะสามารถล้างได้ 20 เครื่อง แต่ถ้าน้อยกว่านี้จะไม่สามารถล้างได้ทัน ส่งผลให้ต้องหยุดการเดินเครื่องบางเครื่อง

2. เขรณที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายมี 2 ชุด ชุดแรกใช้ในการยกหัวเครื่องจากตัวเครื่องมาจุดพักถอดและยกกลับไปยังตัวเครื่อง ชุดที่สองใช้ในบริเวณจุดล้าง โดยยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังอุปกรณ์ถอดและใช้ยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง

## 2. การระบุปัญหาและสร้างผังการดำเนินงานในปัจจุบัน

จากการเข้าสังเกตกระบวนการทำงาน ณ ฝ่ายโรงงาน 2 ขององค์การสวนยาง พบว่า ปัญหาหลักที่เป็นจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ในกระบวนการผลิต เกิดที่กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น (Centrifuge) ที่ต้องมีการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องของเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น โดยใช้พนักงานในแต่ละกะเป็นคนล้าง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้พนักงาน 11-12 คน จึงจะเพียงพอต่อการล้างทำความสะอาดให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด หากมีพนักงานน้อยกว่านี้ (ซึ่งเกิดจากพนักงานหยุดงานโดยไม่แจ้งก่อนล่วงหน้า) จะเกิดปัญหาทำงานได้ไม่ทัน ทำให้ทางโรงงานจำเป็นต้องลดจำนวนเครื่องที่จะเปิดใช้ในการผลิตลง จนบางครั้งเกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน นอกจากนี้ ยังพบว่า โรงงานไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องของเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นที่แน่นอน ทำให้พนักงานแต่ละกะมีการแบ่งงานและการทำงานในการล้างแตกต่างกัน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนี้จึงได้สร้างผังการดำเนินงานในปัจจุบัน ด้วยแผนภูมิการไหล (Flow chart) และแผนภูมิกระบวนการทำงาน (Process chart) เพื่อวิเคราะห์หาปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น และเพื่อใช้ประกอบการระบุแนวทางการแก้ไขและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นต่อไป ภาพที่ 11 แสดงแผนภูมิการไหล (Flow chart) ในขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และภาพที่ 12 แสดงแผนภูมิกระบวนการทำงาน (Process chart)



ภาพที่ 11 แผนภูมิการไหลแสดงขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น ณ ปัจจุบัน

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน					
1	เปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	●	➡	□	▷	▽
2	ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อบ้อน แล้วปิดเครื่อง ปั่นแยกน้ำยางชั้น	●	➡	□	▷	▽
3	รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	○	➡	□	▷	▽
4	ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น (Regulating cover, Upper cover และ Lower cover) ออกจากแท่นเครื่องปั่นน้ำ ยาง วางฝาครอบ 3 ชั้นลงบนโต๊ะที่อยู่ตรงกลาง	●	➡	□	▷	▽
5	ล้างทำความสะอาดฝาครอบโดยใช้สายยางฉีดทำความสะอาด	●	➡	□	▷	▽
6	ใช้เขรนยกหัวเครื่อง (Bowl) ไปยังจุดพัก	○	➡	□	▷	▽
7	รอกอดส่วนประกอบหัวเครื่อง	○	➡	□	▷	▽
8	ใช้เขรนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	○	➡	□	▷	▽
9	ถอดฝาครอบหัวเครื่อง ออก	●	➡	□	▷	▽
10	ยกแกน (Distributor) และจาน (Discs) ไปยังอ่างล้าง แยกแกนและ จานออกจากกัน	●	➡	□	▷	▽
11	เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	●	➡	□	▷	▽
12	ล้างแกน	●	➡	□	▷	▽
13	ล้างจาน	●	➡	□	▷	▽
14	นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับ ฐานหัวเครื่อง	●	➡	□	▷	▽
15	ใช้เขรนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	○	➡	□	▷	▽
16	ประกอบฝาครอบ 3 ชั้น (Regulating cover, Upper cover, Lower cover) กับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง	●	➡	□	▷	▽
17	รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำ ยางเดินเครื่องรอบต่อไป	○	➡	□	▷	▽

○ Operation

➡ Movement

□ Inspection

▷ Delays

▽ Hold/Storage

ภาพที่ 12 แผนภูมิกระบวนการทำงานของขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น

จากแผนภูมิกระบวนการทำงาน (Process chart) ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແຍກນ້ຳຍາງขึ้นประกอบด้วยการทำงาน ดังนี้

1. การปฏิบัติงาน (Operation) 11 ขั้นตอน

2. การเคลื่อนย้าย (Movement) 3 ขั้นตอน

3. การรอเวลา (Delays) 3 ขั้นตอน คือ รอจนเครื่องหยุดทำงาน รอถอดส่วนประกอบหัวเครื่อง และรอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยาดินเครื่องรอบต่อไป ซึ่งในขั้นตอนที่รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน และรอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นในกระบวนการทำงานไม่สามารถที่จะลดเวลารอส่วนนี้ได้ แต่ขั้นตอนการถอดส่วนประกอบชิ้นส่วนหัวเครื่องนั้นสามารถที่จะลดเวลาส่วนนี้ได้

**3. การศึกษาเวลา (Time Study) และการหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลจากการศึกษาเวลา**

3.1 การศึกษาเวลา (Time Study) เพื่อนำมาใช้หาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสม

ผลการศึกษาเวลาในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແຍກນ້ຳຍາງขึ้นจำนวน 30 ตัวอย่าง และจำนวนครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสมของแต่ละขั้นตอนงานย่อย แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลาที่ใช้ในการล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น และจำนวนครั้งในการจับเวลา (n)

ขั้นตอนการทำงาน	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	จำนวน (n)
1. ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	35.03	10.93	15	72	52
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อปั่น	22.63	7.88	6	38	64
3. ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	213.97	78.02	46	435	70
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น ออกจากแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	65.03	24.57	18	127	75
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	142.47	70.36	16	409	126
6. ใช้เขรยยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อถอด	48.97	8.31	35	65	18
7. รอถอดชิ้นส่วนหัวเครื่อง	112.10	52.00	27	230	111
8. ใช้เขรยยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	30.67	18.95	12	124	195
9. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	62.47	16.22	28	122	37
10. ใช้เขรยยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง	57.23	38.26	30	244	228
11. แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นล้างแกน	60.07	10.34	40	79	18
12. ล้างจาน	167.37	60.60	59	422	69
13. เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	99.83	33.61	53	169	60
14. นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	147.80	98.81	49	476	228
15. ใช้เขรยยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	48.73	10.23	31	77	25
16. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง	72.67	18.13	56	142	34
17. รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	401.53	101.21	241	654	35

### 3.2 การหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

จากการวิเคราะห์หาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเวลา (Time Study) ในกระบวนการล้างเครื่องปั่นน้ำยางชั้นด้วย Input Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 11.0 พบว่าลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนย่อยของกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อนำไปใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์แสดงได้ดังในตารางที่ 8 ภาพที่ 13 และ 14 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์การแจกแจงลักษณะความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนย่อยของกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นของโรงงานกรณีศึกษา ด้วย Input Analyzer

ภาพที่ 13 แสดงการหาการแจกแจงลักษณะความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการประกอบฝาครอบ (Covers) 3 ชั้นกลับยังตัวเครื่อง และเปิดเครื่อง ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-value ของการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi Square Test = 0.0589 และวิธี Kolmogorov-Smirnov Test > 0.15 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ทั้งสองวิธี แสดงว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ตามที่โปรแกรม Input Analyzer เลือก

ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างการหาการแจกแจงลักษณะความน่าจะเป็นที่ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-value ของการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi Square Test และ Kolmogorov-Smirnov Test มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์แทน จากลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์ของเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน ที่แสดงในภาพที่ 14 (ข) จะสามารถนำมาสร้างตารางแจกแจงความถี่สะสมของข้อมูลได้ดังแสดงในตารางที่ 9

**ตารางที่ 8** ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนย่อยของกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກ່ນน้ำยั้ง สำหรับ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม Arena 11.0

ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
1. ปิดวาล์วน้ำยั้ง รอจนน้ำยั้งออกจากสายยั้งให้หมด	Gamma	13.5 + GAMM(8.74, 1.81)
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยั้งให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	Weibull	10.5 + WEIB(14.7, 1.95)
3. ปิดเครื่องปั้นແກ່ນน้ำยั้ง รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	Empirical	CONT (0.000, 19.999, 0.073, 104.699, 0.239, 189.399, 0.798, 274.100, 0.899, 358.800, 0.954, 443.500, 0.972, 528.200, 0.982, 612.900, 0.982, 697.601, 0.982, 782.301, 1, 867.001)
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้นออกจากแท่นเครื่องปั้นແກ່ນน้ำยั้ง	Empirical	CONT (0.000, 13.999, 0.103, 25.153, 0.270, 36.307, 0.460, 47.461, 0.655, 58.615, 0.839, 69.769, 0.897, 80.923, 0.943, 92.077, 0.960, 103.231, 0.971, 114.385, 0.983, 125.539, 0.994, 136.693, 0.994, 147.847, 1, 159.001)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	Empirical	CONT (0.000, 15.999, 0.033, 46.384, 0.066, 76.769, 0.181, 107.153, 0.357, 137.538, 0.577, 167.923, 0.780, 198.308, 0.852, 228.692, 0.918, 259.077, 0.951, 289.462, 0.989, 319.847, 0.989, 350.231, 0.989, 380.616, 1, 411.001)
6. ใช้เขรนยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อรอกด	Empirical	CONT (0.000, 11.999, 0.065, 28.076, 0.459, 44.153, 0.876, 60.230, 0.982, 76.307, 0.988, 92.384, 0.988, 108.461, 0.988, 124.539, 0.994, 140.616, 0.994, 156.693, 0.994, 172.770, 0.994, 188.847, 0.994, 204.924, 1, 221.001)
7. รอกดชิ้นส่วนหัวเครื่อง	Empirical	CONT (0.000, 22.999, 0.058, 52.272, 0.212, 81.545, 0.409, 110.818, 0.642, 140.091, 0.839, 169.364, 0.898, 198.636, 0.942, 227.909, 0.971, 257.182, 0.978, 286.455, 0.993, 315.728, 1, 345.001)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
8. ใช้เครนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	Empirical	CONT (0.000, 10.999, 0.089, 20.416, 0.506, 29.833, 0.873, 39.250, 0.962, 48.666, 0.975, 58.083, 0.981, 67.500, 0.981, 76.917, 0.981, 86.334, 0.987, 95.751, 0.987, 105.167, 0.987, 114.584, 1, 124.001)
9. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	Empirical	CONT (0.000, 11.999, 0.006, 22.666, 0.054, 33.333, 0.144, 44.000, 0.341, 54.666, 0.617, 65.333, 0.796, 76.000, 0.880, 86.667, 0.934, 97.334, 0.970, 108.000, 0.982, 118.667, 0.994, 129.334, 1, 140.001)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

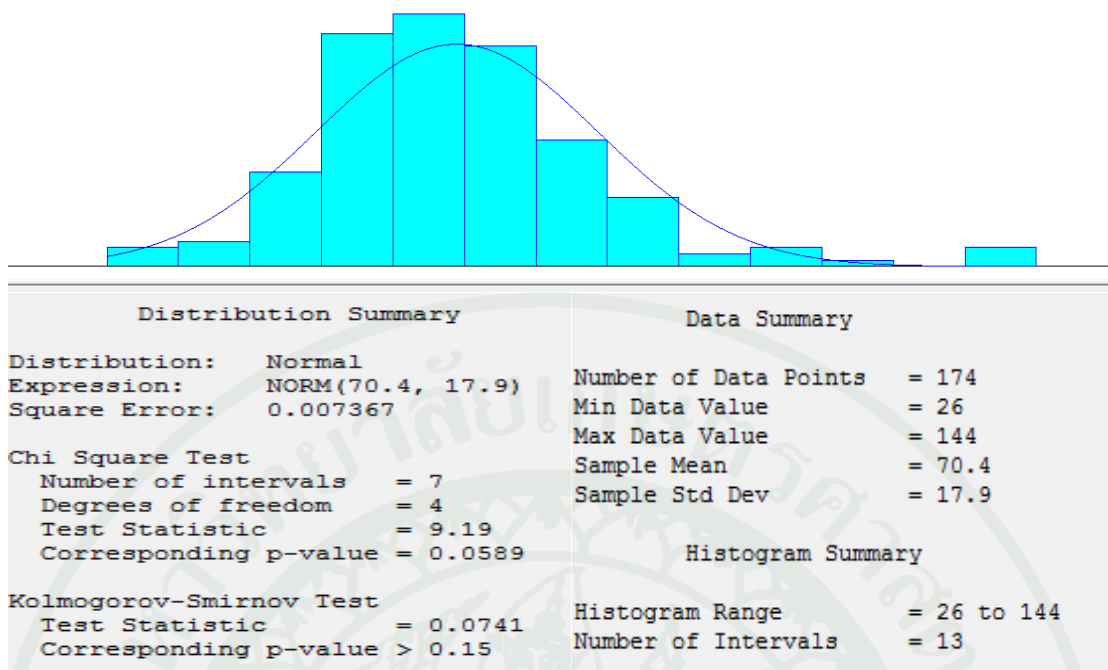
ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
10. ใช้คอนกรีตและงานไปยังอย่างต่ำ	Empirical	CONT (0.000, 19.999, 0.824, 68.768, 0.971, 117.538, 0.982, 166.307, 0.988, 215.077, 0.988, 263.846, 0.988, 312.615, 0.994, 361.385, 0.994, 410.154, 0.994, 458.923, 0.994, 507.693, 0.994, 556.462, 0.994, 605.232, 1, 654.001)
11. แยกแถมและงานออกจากกัน หลังจากนั้นต่ำ แถม	Empirical	CONT (0.000, 24.999, 0.023, 37.999, 0.111, 50.999, 0.421, 63.999, 0.731, 77.000, 0.860, 90.000, 0.924, 103.000, 0.936, 116.000, 0.988, 129.000, 0.988, 142.000, 0.994, 155.001, 0.994, 168.001, 0.994, 181.001, 1, 194.001)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

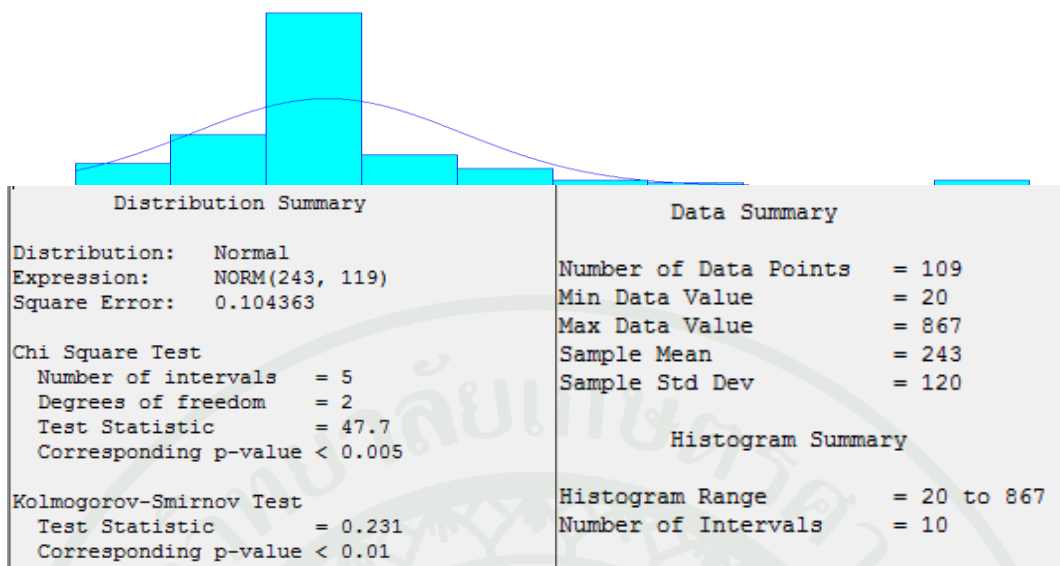
ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
12. ล้างจาน	Empirical	CONT (0.000, 58.999, 0.012, 90.166, 0.061, 121.333, 0.287, 152.499, 0.744, 183.666, 0.878, 214.833, 0.933, 246.000, 0.976, 277.167, 0.976, 308.334, 0.982, 339.500, 0.988, 370.667, 0.988, 401.834, 1, 433.001)
13. เทน่ายางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	Empirical	CONT (0.000, 44.999, 0.090, 83.332, 0.437, 121.666, 0.892, 159.999, 0.970, 198.333, 0.976, 236.666, 0.976, 275.000, 0.988, 313.333, 0.988, 351.667, 0.994, 390.000, 0.994, 428.334, 0.994, 466.668, 1, 505.001)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

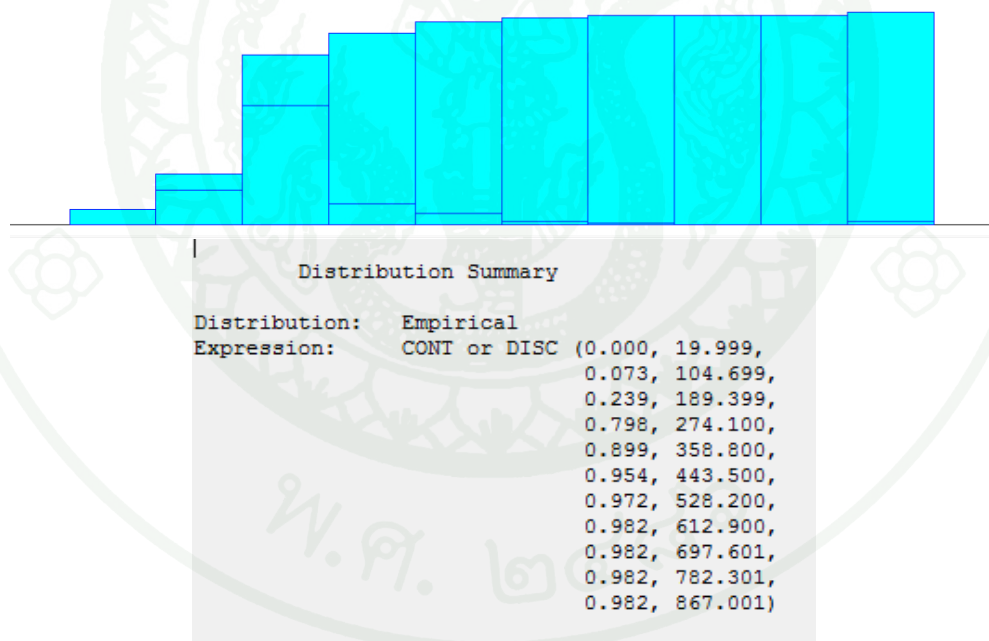
ขั้นตอนการทำงาน	ลักษณะการแจกแจง ความน่าจะเป็น	ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็น
14. นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	Empirical	CONT (0.000, 48.999, 0.072, 84.582, 0.150, 120.166, 0.419, 155.749, 0.814, 191.333, 0.922, 226.916, 0.964, 262.500, 0.976, 298.083, 0.976, 333.667, 0.976, 369.250, 0.988, 404.834, 0.994, 440.418, 1, 476.001)
15. ใช้ไครนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	Normal	NORM(49.8, 14.9)
16. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง	Normal	NORM(70.4, 17.9)
17. รวณความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	Normal	NORM(402, 100)



ภาพที่ 13 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05



(ก) ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05



(ข) ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์ ที่เลือกใช้แทนลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือก

ภาพที่ 14 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 0.05 และเลือกใช้ความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์แทน

**ตารางที่ 9** การแจกแจงความถี่สะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเชิงประจักษ์  
ของเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการปิดเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างชื้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน

เวลาที่ใช้ (วินาที)	ร้อยละความถี่สะสม (Cumulative Distribution Functions; cdf)
$X \leq 19.999$	0.0
$X \leq 104.699$	7.3
$X \leq 189.399$	23.9
$X \leq 274.100$	79.8
$X \leq 358.800$	89.9
$X \leq 443.500$	95.4
$X \leq 528.200$	97.2
$X \leq 612.900$	98.2
$X \leq 697.601$	98.2
$X \leq 782.301$	98.2
$X \leq 867.001$	100.0

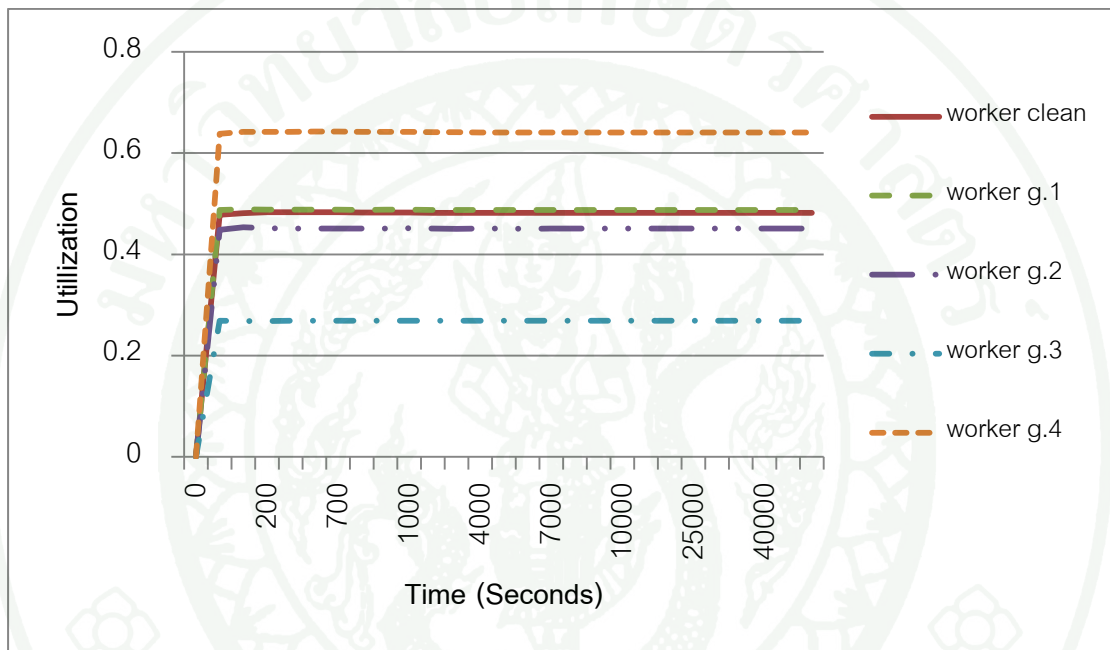
#### 4. การระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

##### 4.1 การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length)

เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ จัดเป็นการจำลองแบบ Steady-State หรือ Non-Terminating System ดังนั้นระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละรอบการทำซ้ำของแบบจำลองสถานการณ์จะต้องค่อนข้างยาว ผู้วิจัยจึงกำหนดความยาวในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ให้มีค่าเท่ากับ 43,800 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับระยะเวลาในการทำงาน 5 ปี

#### 4.2 การกำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period)

เพื่อลดอคติที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ (Initial Condition Bias) จึงได้กำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) เพื่อตัดข้อมูลในช่วงแรกที่ยังไม่คงที่ทิ้ง ไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลจากการทดลองแสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์

จากภาพที่ 15 จะพบว่า ณ เวลา 100 ชั่วโมง อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดจะเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้น Warm-up Period มีค่า 100 แต่เพื่อความแน่นอนสำหรับการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ในงานวิจัยนี้กำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) มีค่าเท่ากับ 3,800 ชั่วโมงสำหรับการประมวลผลของแบบจำลอง

#### 4.3 การกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Number of Replication)

จากการทดสอบโดยกำหนดค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width) ให้มีค่าไม่เกิน 0.01 ได้ผลดังในตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width) ของเวลาในการทำงานเมื่อมีจำนวนรอบการทำซ้ำที่ต่างกัน

แนวทางการทำงาน	จำนวนรอบการทำซ้ำ (รอบ)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
การทำงาน ณ ปัจจุบัน	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
การทำงานเมื่อมีพนักงาน 10 คน	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
การทำงานเมื่อมีพนักงาน 9 คน	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
เพิ่มจุดล้าง (20 เครื่อง)	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
เพิ่มจุดล้าง (21 เครื่อง)	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
เพิ่มจุดล้าง (22 เครื่อง)	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
เพิ่มชุดถอดหัวเครื่อง (20 เครื่อง)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
เพิ่มชุดถอดหัวเครื่อง (21 เครื่อง)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

จากตารางที่ 10 จะพบว่า เมื่อมีจำนวนรอบการทำซ้ำเท่ากับ 50 รอบขึ้นไปจะทำให้ค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width) ของเวลาในการทำงานมีค่าไม่เกิน 0.01 แต่เพื่อความรอบคอบ (Conservative) ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกใช้จำนวนรอบการทำซ้ำเท่ากับ 100 รอบ สำหรับการประมวลผลในแต่ละครั้งของแบบจำลอง

#### 5. การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงจากการบันทึกวีดีทัศน์กับผลลัพธ์จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (ในการประมวลผลแต่ละครั้งจะมีจำนวนรอบการทำซ้ำเท่ากับ 100 รอบการทำซ้ำ และทำการประมวลผลจำนวน 10 ครั้ง) ซึ่งค่าจากทั้งสองระบบจะแสดงในตารางที่ 11 และทำการ

ทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test มีการกำหนดข้อสมมติและสมมติฐานในการทดสอบทางสถิติ ดังนี้

ข้อสมมติ ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและตัวอย่างทั้งสองชุดเป็นอิสระต่อกัน

สมมติฐาน  $H_0$ : เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาเท่ากับเวลาใน

การทำงานจากการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์

$H_1$ : เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาไม่เท่ากับเวลา

ในการทำงานจากการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลอง

สถานการณ์

ตารางที่ 11 เวลาในการทำงานจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์

หน่วย: นาที

ข้อมูลชุดที่	เวลาจากการทำงานจริง	เวลาจากแบบจำลองสถานการณ์
1	101.667	103.892
2	102.667	104.055
3	102.667	103.986
4	103.333	104.023
5	103.333	103.850
6	103.667	103.896
7	104.667	104.014
8	105.333	103.734
9	106.000	103.924
10	105.000	104.019

ก่อนทำการทดสอบว่าเวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษากับเวลาที่ใช้ในการทำงานที่ได้จากการประมวลผลด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ต้องทำการทดสอบก่อนว่าตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากการบันทึกวีดีทัศน์การ

ทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากแบบจำลองสถานการณ์ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ผลจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาทั้งเวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากแบบจำลองสถานการณ์ มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่า P-Value มากกว่า 0.150 (ภาพผนวกที่ ค1 - ค2)

จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบผลเวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษากับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น ด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ Independent t-Test ผลจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.813 (ภาพผนวกที่ ค3) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเวลาจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นไม่แตกต่างกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง นั้นแสดงว่าแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถใช้ทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพต่างๆ แทนกระบวนการทำงานจริงได้

## 7. ระบุแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน

### 7.1 จัดวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน

จากการใช้โปรแกรม OptQuest ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรม Arena 11.0 ช่วยในการหาจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถทำงานได้เสร็จภายใน 2 ชั่วโมง พบว่าต้องจ้างพนักงาน 9 คนจึงจะสามารถล้างเครื่องปั้นแยกก้น้ำยางชั้นได้ทันเวลา 2 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพผนวกที่ ข6

การกำหนดหน้าที่และการทำงานของพนักงานเพื่อให้ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด และสามารถทำงานได้เสร็จภายใน 2 ชั่วโมง เมื่อมีจำนวนพนักงาน 10 คน และ 9 คน มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

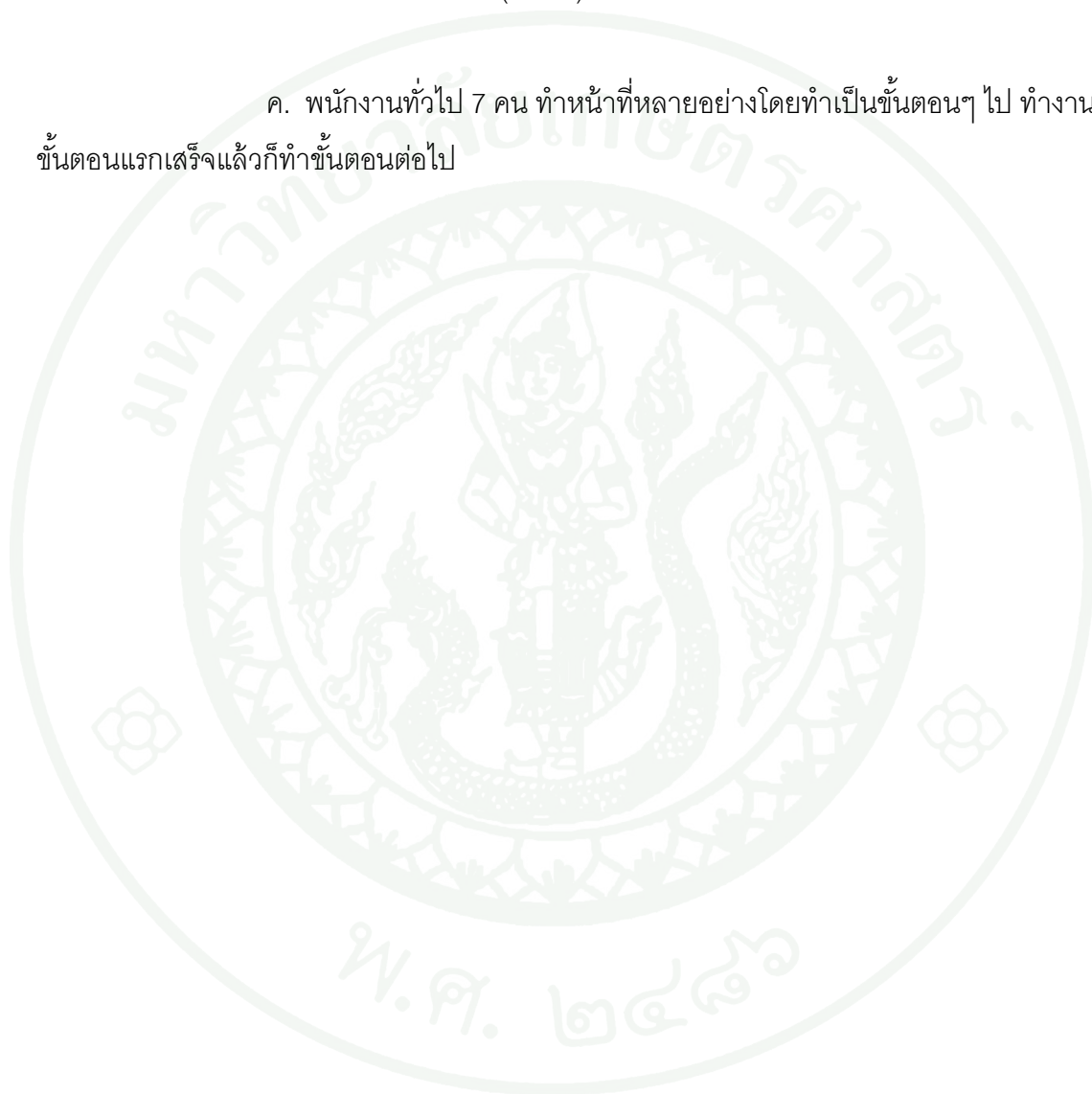
#### 7.1.1 กรณีที่มีพนักงาน 10 คน รายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 16)

จัดการทำงานโดยแบ่งพนักงานออกเป็น 3 กลุ่มคือ

ก. พนักงานล้างฝาครอบ 1 คน ทำหน้าที่ล้างฝาครอบ 3 ชั้นเพียงอย่างเดียว

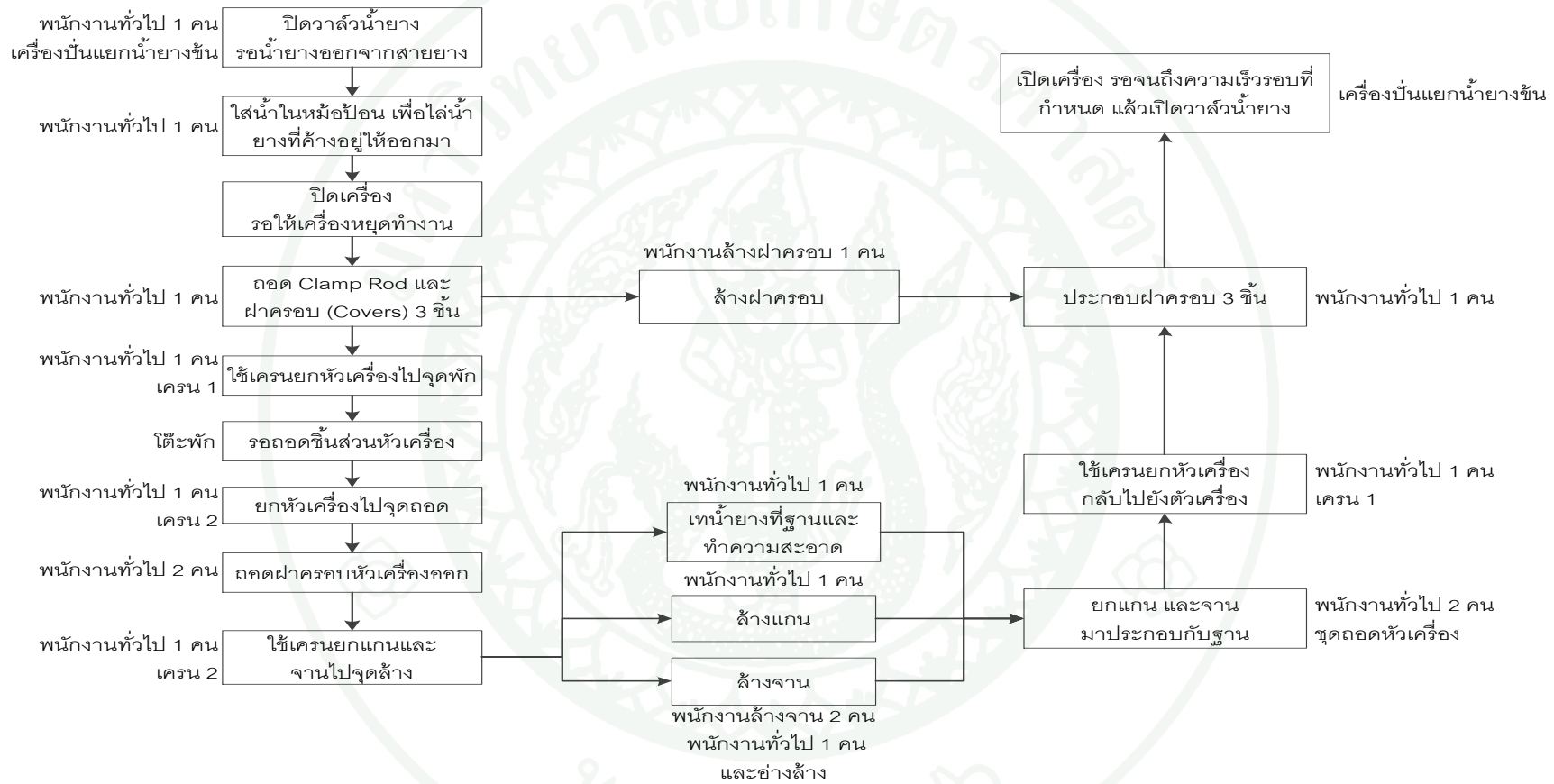
ข. พนักงานล้างจาน (Discs) 2 คน ทำหน้าที่ล้างจานเพียงอย่างเดียว

ค. พนักงานทั่วไป 7 คน ทำหน้าที่หลายอย่างโดยทำเป็นขั้นตอนๆ ไป ทำงาน  
ขั้นตอนแรกเสร็จแล้วก็ทำขั้นตอนต่อไป



ตารางที่ 12 รายละเอียดการจัดพนักงานเมื่อมีพนักงาน 10 คน

ขั้นตอนการทำงาน	พนักงานที่รับผิดชอบ
1. ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	พนักงานทั่วไป 1 คน
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	พนักงานทั่วไป 1 คน
3. ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	-
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น ออกจากแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	พนักงานทั่วไป 1 คน
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	พนักงานล้างฝาครอบ 1 คน
6. ใช้เขรดยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อรอกถอด	พนักงานทั่วไป 1 คน
7. รอกถอดชิ้นส่วนหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
8. ใช้เขรดยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	พนักงานทั่วไป 2 คน
9. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	พนักงานทั่วไป 1 คน
10. ใช้เขรดยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง	พนักงานทั่วไป 1 คน
11. แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นล้างแกน	พนักงานทั่วไป 1 คน
12. ล้างจาน	พนักงานล้างจาน 2 คน พนักงานทั่วไป 1 คน
13. เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
14. นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 2 คน
15. ใช้เขรดยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
16. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นแล้วเปิดเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
17. รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	-



ภาพที่ 16 แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นที่มีพนักงาน 10 คน (พนักงานล้างฝาครอบ 1 คน, พนักงานล้างจาน 2 คน และพนักงานทั่วไป 7 คน)

### 7.1.2 กรณีที่มีพนักงาน 9 คน

จัดการทำงานโดยแบ่งพนักงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ

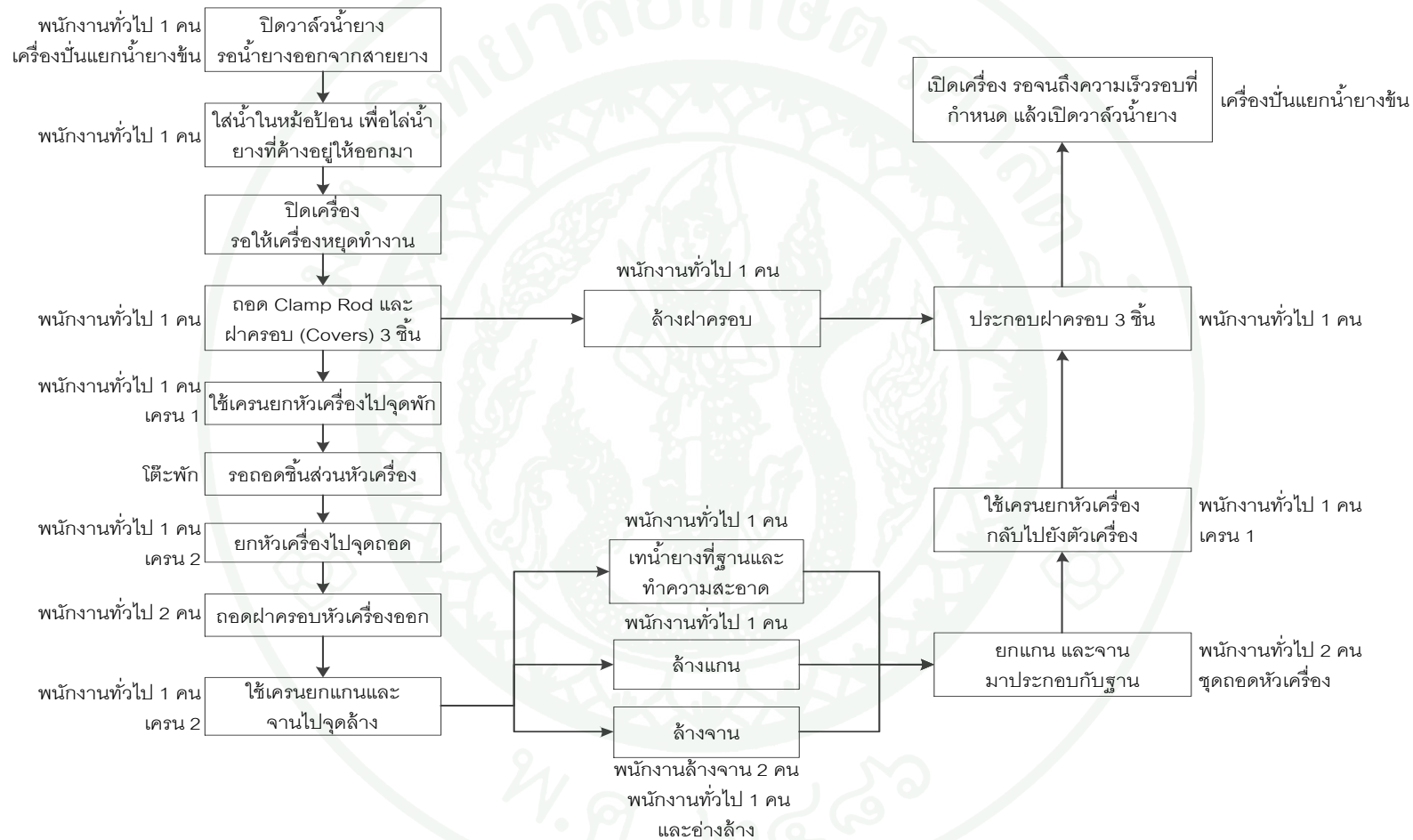
ก. พนักงานล้างจาน 2 คน ทำหน้าที่ล้างจานเพียงอย่างเดียว

ข. พนักงานทั่วไป 7 คน ทำหน้าที่หลายอย่างโดยทำเป็นขั้นตอนๆ ไป ทำงานขั้นตอนแรกเสร็จแล้วก็ทำขั้นตอนต่อไป

การทำงานจะเหมือนกับกรณีที่มีพนักงาน 10 คน แต่ต่างกันที่ขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดฝาครอบทั้ง 3 ชั้นนั้นจะใช้พนักงานทั่วไปล้าง ไม่ได้ใช้พนักงานที่มีหน้าที่เฉพาะในการทำงานขั้นตอนนี้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 13 และภาพที่ 17

ตารางที่ 13 รายละเอียดการจัดพนักงานเมื่อมีพนักงาน 9 คน

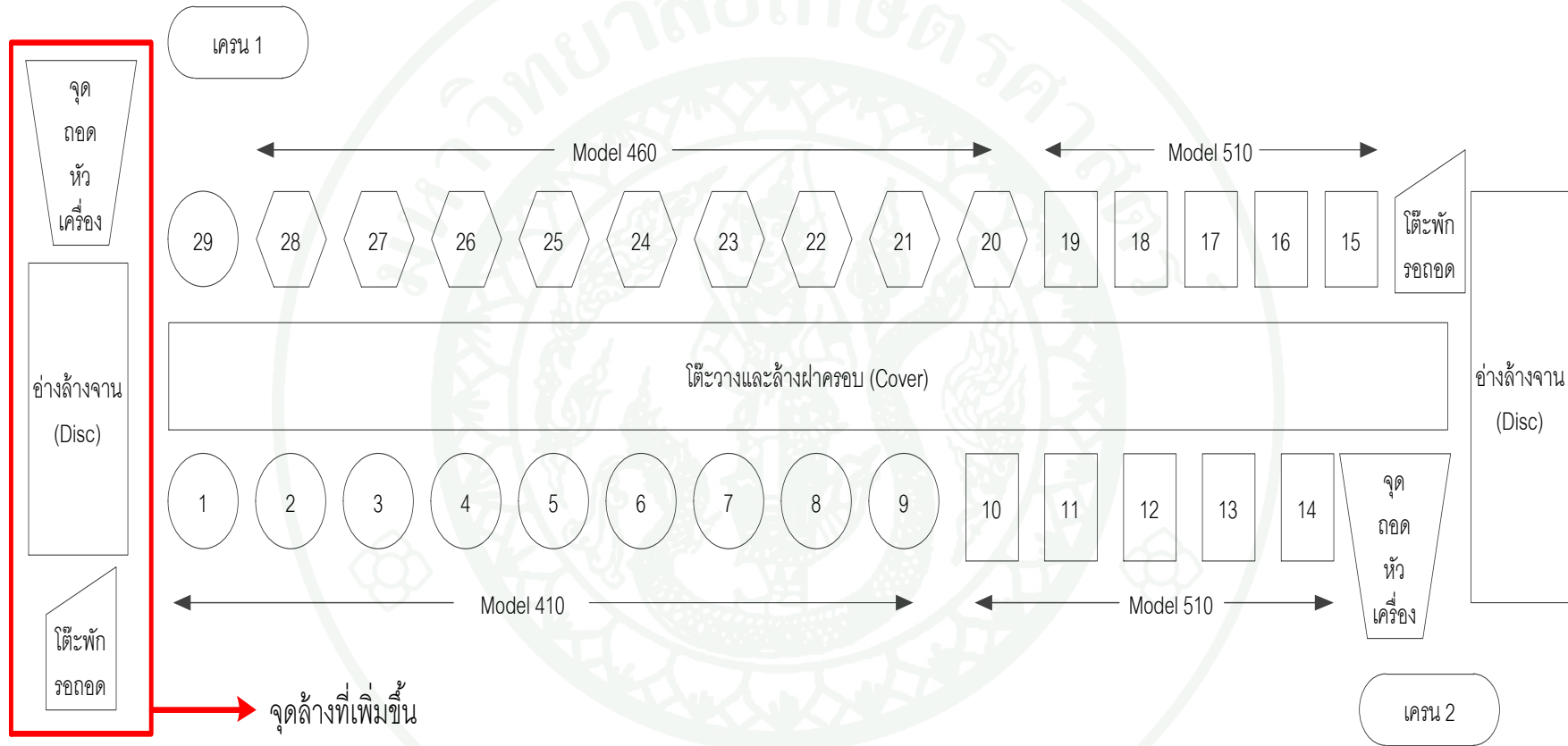
ขั้นตอนการทำงาน	พนักงานที่รับผิดชอบ
1. ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	พนักงานทั่วไป 1 คน
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	พนักงานทั่วไป 1 คน
3. ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	-
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น ออกจากแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	พนักงานทั่วไป 1 คน
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	พนักงานทั่วไป 1 คน
6. ใช้เขรนยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อรอกถอด	พนักงานทั่วไป 1 คน
7. รอกถอดชิ้นส่วนหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
8. ใช้เขรนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	พนักงานทั่วไป 2 คน
9. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	พนักงานทั่วไป 1 คน
10. ใช้เขรนยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง	พนักงานทั่วไป 1 คน
11. แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นล้างแกน	พนักงานทั่วไป 1 คน
12. ล้างจาน	พนักงานล้างจาน 2 คน พนักงานทั่วไป 1 คน
13. เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
14. นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 2 คน
15. ใช้เขรนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
16. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นแล้วเปิดเครื่อง	พนักงานทั่วไป 1 คน
17. รอกจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	-



ภาพที่ 17 แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นที่มีพนักงาน 9 คน (พนักงานล้างจาน 2 คน และพนักงานทั่วไป 7 คน)

## 7.2 การเพิ่มทรัพยากรในการปฏิบัติงาน

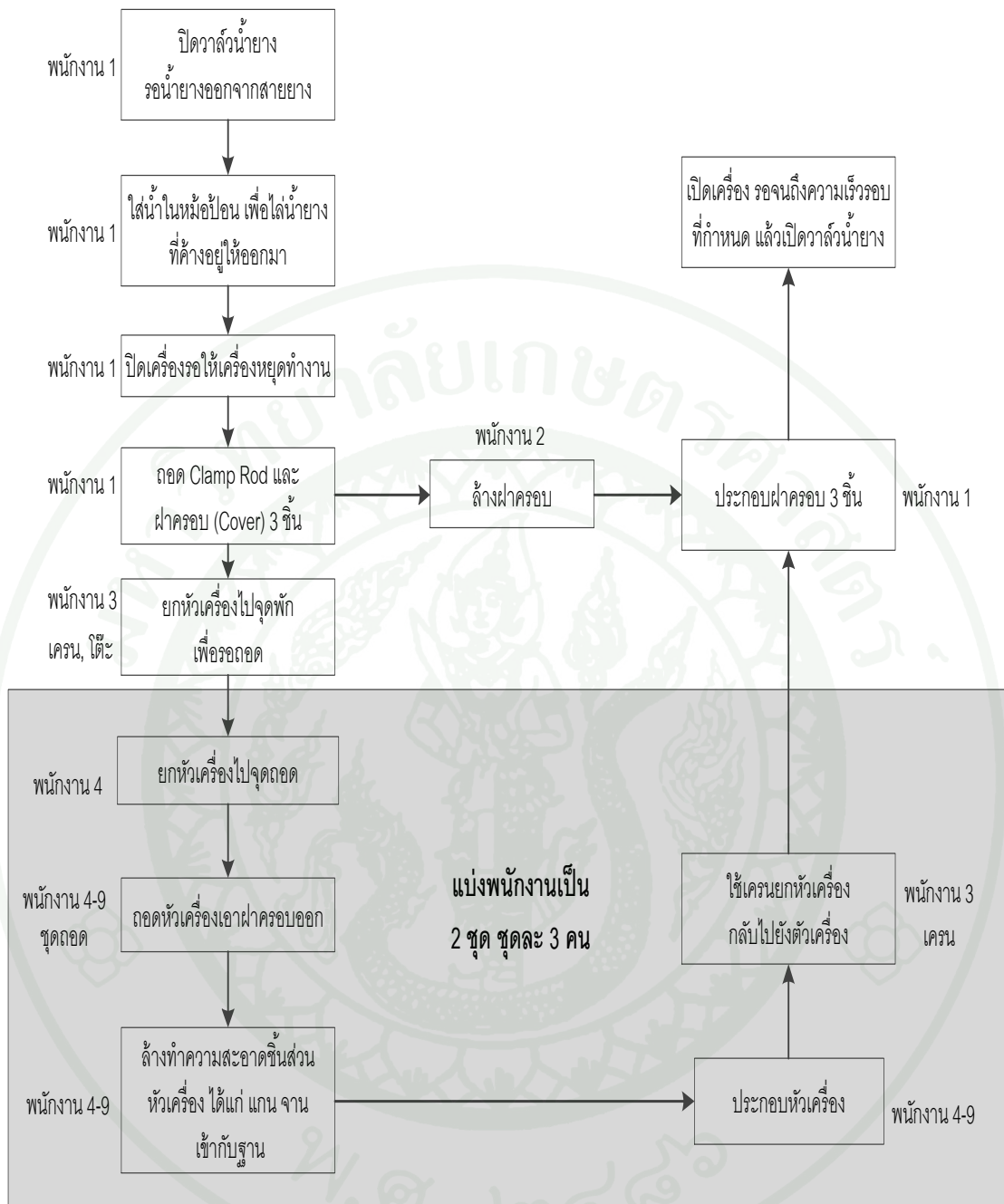
7.2.1 การเพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด (ภาพที่ 18) โดยเพิ่มอ่างล้างที่ส่วนต้นของสายการผลิต ย้ายจุดถอดหัวเครื่อง และเพิ่มโต๊ะพักใกล้อ่างล้าง 1 ชุด และเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานของพนักงานใหม่ โดยรวมงานบางขั้นตอนให้เป็นขั้นตอนเดียวกัน ใช้พนักงานชุดเดียวกัน ทำขั้นตอนแรกให้เสร็จก่อนแล้วค่อยทำขั้นตอนอื่นต่อไป ได้แก่ ในขั้นตอนการถอดหัวเครื่อง เพื่อแยกส่วนประกอบภายใน คือ แกนและจาน ไปล้างทำความสะอาด แล้วนำมาประกอบใหม่ ในขั้นตอนนี้สามารถรวมกันแล้วใช้พนักงานชุดเดียวกันได้ เพื่อเพิ่มกำลังความสามารถในล้างทำความสะอาด ซึ่งจะส่งผลให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ลดเวลาในการรอคอยลง โดยจะใช้พนักงานทั้งหมด 9 คนโดยแบ่งพนักงานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 3 จำนวนกลุ่มละ 1 คน และกลุ่มที่ 4 จำนวน 6 คน (แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 คน) แต่แต่ละคนมีรายละเอียดการดำเนินงานดังตารางที่ 14 (ภาพที่ 19) และทรัพยากรที่ใช้ดังตารางที่ 15



ภาพที่ 18 แผนผังการเพิ่มตำแหน่งจุดล่าง

ตารางที่ 14 รายละเอียดการทำงานเมื่อมีการเพิ่มตำแหน่งจุดล่างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด

รายละเอียดการทำงาน	พนักงานที่ทำหน้าที่
1. ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	พนักงานคนที่ 1
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	พนักงานคนที่ 1
3. ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	พนักงานคนที่ 1
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้นออกจากแท่นเครื่องปั่นน้ำยาง วางฝาครอบ 3 ชั้นลงบนโต๊ะที่อยู่ตรงกลาง	พนักงานคนที่ 1
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบโดยใช้สายยางฉีดทำความสะอาด	พนักงานคนที่ 2
6. ใช้เขรนยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อรอถอด	พนักงานคนที่ 3
7. ใช้เขรนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	พนักงานคนที่ 4
8. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	พนักงานคนที่ 4-9
9. แยกส่วนประกอบหัวเครื่อง ได้แก่ แกนและจาน หลังจากนั้นจึงล้างทำความสะอาดแกนและจาน รวมทั้งตัวฐานของหัวเครื่องด้วย	พนักงานคนที่ 4-9
10. นำแกน และจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	พนักงานคนที่ 4-9
11. ใช้เขรนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	พนักงานคนที่ 3
12. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	พนักงานคนที่ 1



ภาพที่ 19 แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั้นน้ำยางขึ้นที่เสนอแนะ

**ตารางที่ 15** ทรัพยากรที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างชื้น เมื่อมีการเพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด

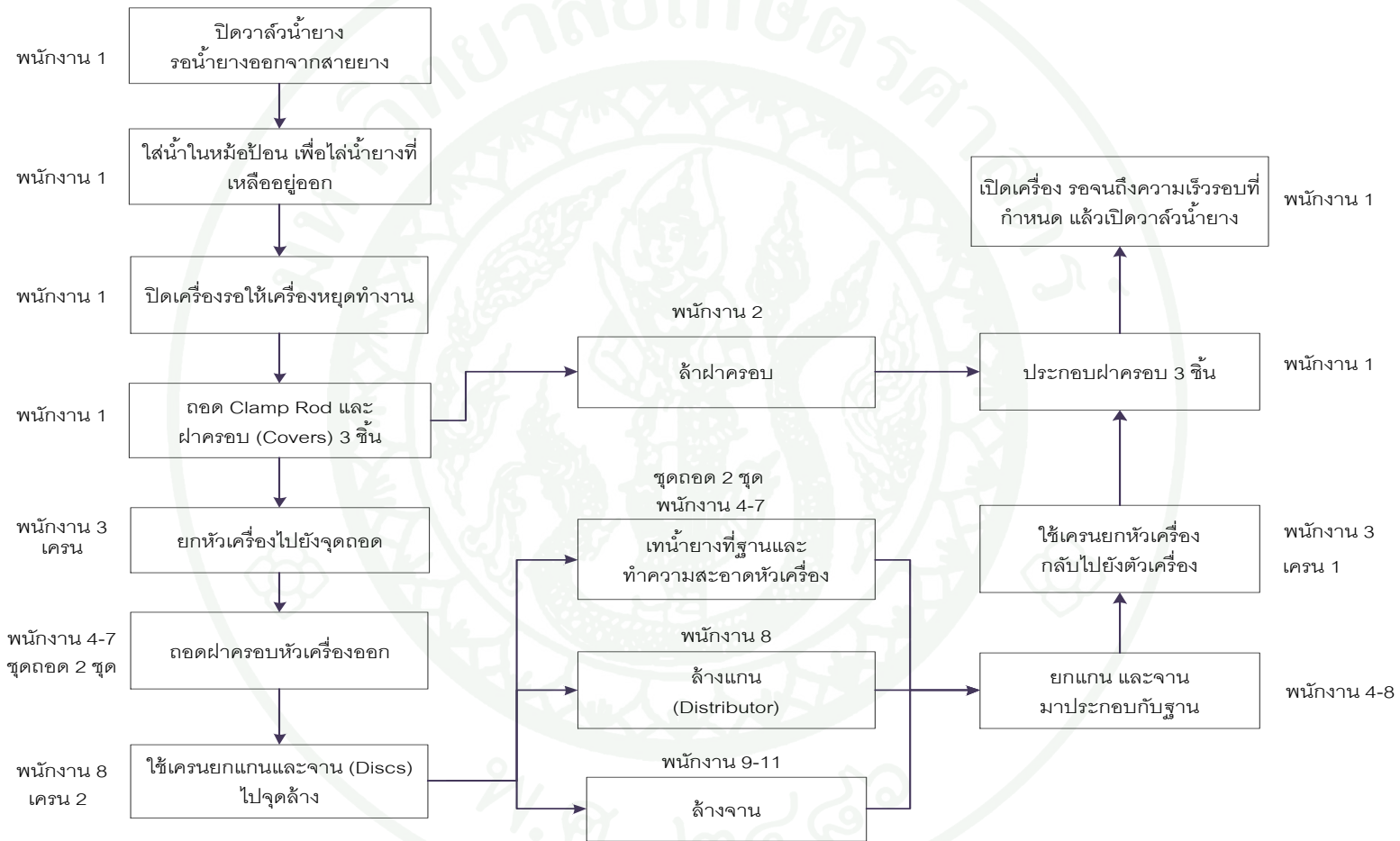
ทรัพยากร	จำนวน
พนักงานล้างเครื่อง	9 คน
ครน	2 ชุด
ชุดถอดหัวเครื่อง (Bowl)	2 ชุด
อ่างล้างจาน (Discs)	2 อ่าง

การเพิ่มตำแหน่งจุดล้างจากเดิมที่มีจุดเดียวเป็น 2 จุด มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเพิ่มอ่างล้างที่ส่วนต้นของสายการผลิต ย้ายชุดถอดหัวเครื่อง และเพิ่มโต๊ะพักใกล้อ่างล้าง 1 ชุด ประมาณ 15,000 บาท สามารถลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 11 คน เหลือ 9 คน โดยมีการคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลง 1,400 บาทต่อวัน (ค่าจ้างพนักงานคนละ 700 บาทต่อวัน) ดังนั้นสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาเพียง 11 วัน นอกจากนี้ยังสามารถล้างเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างชื้นได้เพิ่มขึ้นจนเต็มกำลังการผลิตที่ทางโรงงานมีอยู่คือ 22 เครื่อง

7.2.2 เพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง โดยใช้พนักงาน 11 คน เพื่อลดเวลาในการรอคอยการถอด และทำให้การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดการทำงานและจำนวนพนักงานเหมือนที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน แต่สามารถลดขั้นตอนงานย่อยได้ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการถอดชิ้นส่วนหัวเครื่อง และขั้นตอนการใช้ครนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด จึงไม่จำเป็นต้องมีโต๊ะสำหรับวางหัวเครื่องที่จะถอดชิ้นส่วนอันได้แก่ ฝาครอบหัวเครื่อง แกน และจาน สามารถที่จะยกหัวเครื่องจากตัวเครื่องไปยังจุดถอดหัวเครื่องได้เลย รายละเอียดการทำงานแสดงดังตารางที่ 16 และภาพที่ 20 ในการเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่องนี้ ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการซื้ออุปกรณ์ดังกล่าว เนื่องจากทางโรงงานมีอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่องอยู่แล้ว ส่งผลให้สามารถล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างชื้นได้สูงสุด 21 เครื่อง ซึ่งอาจไม่เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานมากนัก หากทางโรงงานมีจำนวนพนักงานมาทำงานน้อยกว่า 11 คน

ตารางที่ 16 รายละเอียดการทำงานเมื่อมีการเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง

ขั้นตอนการทำงาน	พนักงานที่ทำหน้า
1. ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	พนักงานคนที่ 1
2. ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	พนักงานคนที่ 1
3. ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	พนักงานคนที่ 1
4. ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ 3 ชั้น ออกจากแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	พนักงานคนที่ 1
5. ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	พนักงานคนที่ 2
6. ใช้เขนยกหัวเครื่องไปยังจุดถอด	พนักงานคนที่ 3
7. ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	พนักงานคนที่ 4-7
8. ใช้เขนยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง	พนักงานคนที่ 8
9. แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นล้างแกน	พนักงานคนที่ 8
10. ล้างจาน	พนักงานคนที่ 9-11
11. เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	พนักงานคนที่ 4-7
12. นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับฐานหัวเครื่อง	พนักงานคนที่ 4-8
13. ใช้เขนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	พนักงานคนที่ 3
14. ประกอบฝาครอบ 3 ชั้นกับแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น แล้วเปิดเครื่อง	พนักงานคนที่ 1
15. รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่กำหนด จึงเปิด วาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบต่อไป	-



ภาพที่ 20 แผนภูมิการไหลของกระบวนการล้างเครื่องปั่นน้ำยางชั้นเมื่อเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง

## 8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการทดสอบแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะโดยการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Arena 11.0 ซึ่งเวลาในการทำงานจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นาน 43,800 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับเวลาการทำงาน 5 ปี จำนวน 100 ชั่วโมงของทุกแนวทางการแก้ไข แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เวลาในการทำงานตามแนวทางการแก้ปัญหาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

แนวทางการแก้ไข	ค่าเฉลี่ย	ความกว้างของช่วง	ค่าต่ำสุดเฉลี่ย	ค่าสูงสุดเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1. การทำงานปัจจุบัน (พนักงาน 11 คน)	103.22	0.01	103.10	103.31	82.2550	145.73
2. เมื่อมีพนักงาน 10 คน	106.14	0.01	106.10	106.24	85.7949	146.38
3. เมื่อพนักงาน 9 คน	112.35	0.01	112.20	112.45	92.2625	160.72
4. เพิ่มจุดล้าง 1 จุด-20 เครื่อง (พนักงาน 9 คน)	100.24	0.01	100.15	100.33	80.7544	143.46
5. เพิ่มจุดล้าง 1 จุด-21 เครื่อง (พนักงาน 9 คน)	104.29	0.01	104.19	104.41	83.6249	151.14
6. เพิ่มจุดล้าง 1 จุด-22 เครื่อง (พนักงาน 9 คน)	108.37	0.01	108.27	108.46	86.0600	147.02
7. เพิ่มชุดถอด 1 ชุด-20 เครื่อง (พนักงาน 11 คน)	100.14	0.01	100.07	100.20	84.5321	137.67
8. เพิ่มชุดถอด 1 ชุด-21 เครื่อง (พนักงาน 11 คน)	104.58	0.01	104.52	104.66	88.6334	146.27

**หมายเหตุ** ตัวเลขหลังเครื่องหมายยัติภังค์ (-) คือจำนวนเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นที่สามารถล้างได้เสร็จทันเวลา

## 8.1 การวิเคราะห์เวลาในการทำงาน

จากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไข ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test พร้อมทั้งสร้างกราฟ Normal Probability Plot พบว่า ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่า p-value มากกว่า 0.150 (ภาพผนวกที่ ค4 - ค10)

จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test เพื่อศึกษาว่า หากได้ทำงานตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะแล้ว จะสามารถทำงานได้เสร็จตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ พบว่า เมื่อมีการทำกิจกรรมตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะ เวลาที่ใช้ในการทำงานน้อยกว่า 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า p-value น้อยกว่า 0.001 (ภาพผนวกที่ ค11) แสดงว่าการทำกิจกรรมตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะสามารถทำให้พนักงานทำงานได้เสร็จทันภายในเวลา 2 ชั่วโมง

## 8.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทำงานตามแนวทางการแก้ไข

ภาคผนวก ค3 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทำงานตามแนวทางการแก้ไข และการทดสอบข้อสมมติของความคลาดเคลื่อน ( $\epsilon_{ij}$ ) ว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ และค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่หรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความคลาดเคลื่อนมีลักษณะสอดคล้องกับข้อสมมติในการทดสอบ และจากการทดสอบ ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาการทำงาน เมื่อมีการทำงานตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะ พบว่าแต่ละแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะใช้เวลาในการทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า p-value น้อยกว่า 0.001 (ภาพผนวกที่ ค12)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาในการทำงานเมื่อทำตามแต่ละแนวทางการแก้ไขด้วยวิธี Tukey's Test (ภาพผนวกที่ ค15) พบว่าใช้เวลาในการทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเพิ่มอุปกรณ์การถอดหัวเครื่อง และทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ 20 เครื่อง ใช้พนักงาน 11 คน ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด รองลงมาคือ เมื่อเพิ่ม

ตำแหน่งจุดล้าง และทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ 20 เครื่อง ใช้พนักงาน 9 คน ซึ่ง 2 แนวทางที่กล่าวมาข้างต้นใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าการปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน (Base case) ซึ่งทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ 20 เครื่อง ใช้พนักงาน 11 คน และเมื่อลดจำนวนพนักงานลงจะส่งผลให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้น แต่ยังสามารถทำงานได้ทันภายในเวลา 2 ชั่วโมง

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาในการทำงานตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะเปรียบเทียบกับการทำงานในปัจจุบัน ด้วยวิธี Dunnett's Test พบว่า ช่วงความเชื่อมั่นไม่มีค่า 0 อยู่ (ภาพผนวกที่ ค16) จึงสรุปว่า เมื่อทำงานตามแนวทางแก้ไขที่เสนอแนะจะใช้เวลาในการทำงานแตกต่างจากการปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาที่การทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 20 เครื่อง การเพิ่มทรัพยากรในการทำงานไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มตำแหน่งจุดล้าง และการเพิ่มอุปกรณ์การถอดหัวเครื่องใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าการปฏิบัติอยู่ (Base case)

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำยางชั้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยางที่เป็นกรณีศึกษา เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นในกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น (Centrifuge) ที่ต้องมีการล้างเครื่องโดยพนักงานทุก 2 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด แต่เนื่องจากจำนวนพนักงานไม่เพียงพอ เนื่องจากการหยุดงานของพนักงานโดยไม่แจ้งให้ทราบก่อนล่วงหน้า ทำให้โรงงานไม่สามารถล้างเครื่องได้ทันต่อการใช้งาน ส่งผลให้ต้องมีการหยุดเดินเครื่องบางเครื่อง จนบางครั้งเกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยการจัดวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน และการเพิ่มทรัพยากรในการทำงาน รวมทั้งวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ผลทางสถิติประกอบด้วย ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

### 1. จัดวิธีการปฏิบัติงาน (Work Procedure) ที่เป็นมาตรฐาน

เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดหัวเครื่องและเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นที่แน่นอน ทำให้พนักงานแต่ละกะมีการแบ่งงานและการทำงานในการล้างแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการทำงาน รวมทั้งกำหนดหน้าที่และการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ต้องมีพนักงานอย่างน้อย 9 คนจึงจะล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ 20 เครื่องเสร็จทันภายในเวลา 2 ชั่วโมง

เมื่อมีพนักงาน 10 คน จะมีพนักงานทำหน้าที่ล้างฝาครอบ (Covers) 3 ชิ้นโดยเฉพาะ 1 คน ทำหน้าที่ล้างจาน (Discs) โดยเฉพาะ 2 คน และพนักงานทั่วไป 7 คน ทำหน้าที่หลายอย่าง โดยทำเป็นขั้นตอนไป กล่าวคือ เมื่อทำงานขั้นตอนแรกเสร็จแล้วจึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ สำหรับกรณีที่มีพนักงาน 9 คน การทำงานจะเหมือนกับกรณีที่มีพนักงาน 10 คน แต่ต่างกันที่ขั้นตอนใน

การล้างทำความสะอาดอาคารรอบทั้ง 3 ชั้น จะใช้พนักงานทั่วไปล้าง ไม่ได้ใช้พนักงานที่มีหน้าที่เฉพาะในการทำงานชั้นตอนนี้

## 2. การเพิ่มทรัพยากรในการทำงาน

ทรัพยากรที่เสนอให้เพิ่ม ได้แก่ จุดล้าง และอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง

เมื่อทำการเพิ่มอ่างล้างที่ส่วนต้นของสายการผลิต ย้ายจุดถอดหัวเครื่อง และเพิ่มโต๊ะพักใกล้อ่างล้าง 1 ชุด สามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 20 เครื่องเป็น 22 เครื่องได้ คิดเป็น 10% และลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 11 คน เหลือจำนวนพนักงาน 9 คน

เมื่อทำการเพิ่มอุปกรณ์ในการถอดหัวเครื่อง และใช้พนักงาน 11 คน สามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 20 เครื่องเป็น 21 เครื่องได้ คิดเป็น 5% ซึ่งถ้าทำตามข้อเสนอแนะวิธีนี้แล้ว อาจจะไม่มีความคุ้มค่า หากพนักงานที่มาทำงานไม่ถึง 11 คน

เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการทำงานเมื่อมีการเพิ่มทรัพยากรในการทำงานกับเวลาในการทำงานปัจจุบัน (Base case) ซึ่งใช้พนักงาน 11 คน และสามารถล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นได้ 20 เครื่อง พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P\text{-value} < 0.001$ ) โดยเมื่อเพิ่มทรัพยากรในการทำงานแล้วจะใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าการทำงานในปัจจุบัน นั่นคือสามารถลดเวลาในการทำงานลงได้ 3%

### ข้อเสนอแนะ

การศึกษารูปแบบของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงกระบวนการทำงานที่ต้องใช้คนเป็นหลัก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของพนักงานในอนาคตได้ ดังนั้นในการปรับปรุงการทำงานด้วยการปฏิบัติงานตามแนวทางที่นำเสนอควรที่จะมีสิ่งจูงใจ (Incentives) หรือการให้ความสนใจหรือฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจวิธีการและเหตุผลในการปรับเปลี่ยนการดำเนินงานประกอบด้วย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์, 2555, มูลค่าการส่งออกสินค้าเรียงตามมูลค่า, ตลาดส่งออกตามโครงสร้างสินค้าของไทย, โครงสร้างสินค้ากระทรวงพาณิชย์, แหล่งที่มา: <http://www.ops3.moc.go.th>, 10 กันยายน 2555.

กัณศิริ กิตติภากร. 2553. การจัดสมดุลสายการผลิตและการวางแผนทรัพยากรโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เกรียงไกร อัครมาศบันลือ และอรรรพพล ชัยมนัสกุล. 2555. การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางขึ้น. วิศวกรรมสาร มก. 25 (80): 61-69.

คมสัน จิระภัทรศิลป์. 2555. การศึกษาเวลา. แหล่งที่มา: [http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson\\_000822.pdf](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000822.pdf), 25 กันยายน 2555.

دنوسرن มงคลรัตน์. 2550. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับบริหารจัดการบรรทุกกรณีศึกษาโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทีปพิพัฒน์ สุระพีพงษ์. 2550. การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจมาภรณ์ พิรันนัทปัญญา. 2549. การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบชุดขนดินที่เหมืองแม่เมาะ โดยใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธินี อุดมคุณธรรม, วรรณณก ศิลาแก้ว และธนุพันธ์ วิสุวรรณ. 2548. การประยุกต์ใช้การจำลองแบบเชิงพลวัตในการวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพ: ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานตามแนวคิด Lean Manufacturing, น. 305-322. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2**. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ. 2553. **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง)**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพมหานคร.

วรรณวิภา เศรษฐวิชัยกิจการ. 2550. **การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2524. **น้ำยาง**. เอกสารทางวิชาการเลขที่ 109. ศูนย์วิจัยยางสงขลา.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2536. **อุตสาหกรรมการผลิตยางดิบ**. เอกสารทางวิชาการเรื่องยาง. ศูนย์วิจัยยางสงขลา.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2532. **การจำลองแบบปัญหา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สงวน ตั้งโพธิธรรม เจริญ เจตวิจิตร มานะ เพชรประสิทธิ์ และสินสมุทร กาญจนินภาศ. 2550. การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น, น. 446-451, ใน **รายงานการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2550**, 24-26 ตุลาคม 2550, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2531. **การผลิตยางธรรมชาติ**. กรมวิชาการเกษตร.  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2550. **การผลิตยางธรรมชาติ**. ข้อมูลวิชาการยางพารา.  
กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2555. **สถิติยาง**. แหล่งที่มา:  
[http://www.rubberthai.com/statistic/stat\\_index.htm](http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm), 10 กันยายน 2555.

สมชาย ชูโหม และ ชาญชัย แซ่เดี่ยว. 2550. การศึกษาเพื่อขยายรอบระยะเวลาการป้อนน้ำยางขึ้น,  
น. 708-714, ใน **รายงานการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี  
2550**, 24-26 ตุลาคม 2550, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2552. **น้ำยางชั้นธรรมชาติ** มอก. 980-2552.  
แหล่งที่มา: <http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS980-2552.pdf>, 6 กันยายน 2554.

องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. แหล่งที่มา: <http://www.reothai.co.th>,  
13 กรกฎาคม 2555.

อธิป เอื้อทรงธรรม, สุพัตรา พิทยาโรจนกุล และ ศิริกา ดุษฎีโหนด. 2548. การนำเทคนิคการ  
จำลองมาใช้ในการสร้างสายการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน  
อิเล็กทรอนิกส์, น. 110-120. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน  
ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2**. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบัน  
บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อิทธิพล เมคมานุรักษ์. 2552. การประยุกต์ผังงานสายธารคุณค่าและการจำลอง  
สถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานผลิตปลานิลแช่  
แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไอลดา เรนเมือง. 2554. การแยกตัวของน้ำยางเมื่อถูกปั่น. แหล่งที่มา:

<http://www.yangpara.com/Plant/rubbermethod.htm#med1>, 13 กรกฎาคม 2554.

Al-Saleh, K.S. 2011. Productivity improvement of motor vehicle inspection station using  
motion and time study techniques. *Journal of King Saud University-Engineering  
Sciences* 2011 (23): 33-41.

Banks, J., J.S. Carson II, B. L. Nelson and D. M. Nicol. 2005. *Discrete-Event System  
Simulation*. 4<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc., New Jersey, USA.

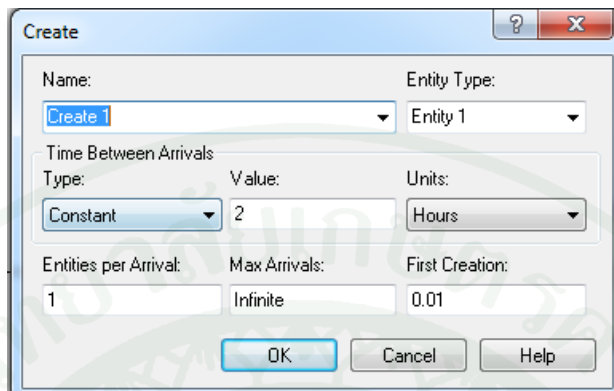
Kelton, W.D., R.P. Sadowski and D.T. Sturrock. 2003. *Simulation with Arena*. 3<sup>rd</sup> ed.  
McGraw-Hill, Singapore.

Mechanical Guru. 2012. *Time Study Observations Sheet*. Available Source:  
<http://sumitshrivastva.blogspot.com/2012/03/industrial-engineering-g-h-part.html>,  
September 25, 2012.

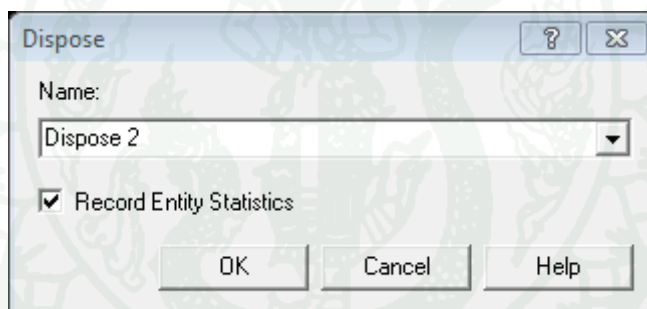




การสร้างแบบจำลองเริ่มต้นด้วย Create Module เพื่อให้มีการทำงานเกิดขึ้น ซึ่งมีการระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ดังภาพผนวกที่ ก1 และสิ้นสุดด้วย Dispose Module ดังภาพผนวกที่ ก2

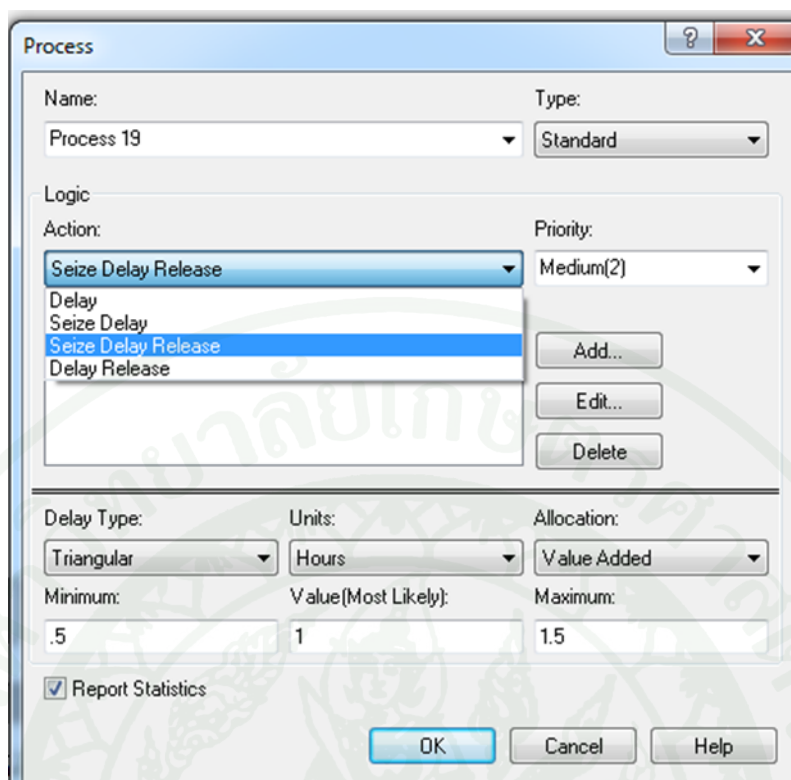


ภาพผนวกที่ ก1 การระบุค่าพารามิเตอร์ของ Create Module



ภาพผนวกที่ ก2 การระบุค่าพารามิเตอร์ของ Dispose Module

ในส่วนของกระบวนการทำงานจะมีการระบุค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process Module ซึ่งจะมี Action. อยู่ 4 แบบได้แก่ Delay, Seize Delay, Seize Delay Release และ Delay Release ตัวอย่างการระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process Module แสดงดังภาพผนวกที่ ก3



ภาพผนวกที่ ก3 ตัวอย่างการระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process Module

การระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process Module ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นແກ່ນ้ำย่างขึ้น แสดงในตารางผนวกที่ ก1 และทรัพยากรที่ใช้ดังตารางผนวกที่ ก2

ตารางผนวกที่ ก1 การระบุค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใน Process

ชื่อกระบวนการ (Process name)	Action	ทรัพยากร (Resource)
P1_ปิดวาล์วน้ำยาง รอจนน้ำยางออกจากสายยางให้หมด	Seize Delay	Set machine : 1 Worker g.1 : 1
P2_ใส่น้ำเข้าไปเพื่อไล่น้ำยางให้ลงไปให้หมดจากหม้อป้อน	Delay Release	Worker g.1 : 1
P3_ปิดเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น รอจนเครื่องจะหยุดทำงาน	Delay	-
P4_ถอด Clamp rod ทั้งสองข้างออก ถอดฝาครอบ (Cover) 3 ชั้นออกจากแท่นเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น	Seize Delay Release	Worker g.1 : 1
P5_ล้างทำความสะอาดฝาครอบ	Seize Delay Release	Worker g.2 : 1
P6_ใช้เครนยกหัวเครื่องไปยังจุดพักเพื่อถอด	Seize Delay Release	Worker g.3 : 1 Crane1 : 1
P7_ถอดถอดชิ้นส่วนหัวเครื่อง	Seize Delay Release	Table : 1
P8_ใช้เครนยกหัวเครื่องจากจุดพักไปยังจุดถอด	Seize Delay Release	Worker g.4 : 1 Crane2 : 1
P9_ถอดฝาครอบหัวเครื่องออก	Seize Delay	Set worker g.4 : 2 Bowl remover : 1
P10_ใช้เครนยกแกนและจานไปยังอ่างล้าง	Seize Delay	Worker g.4 : 1 Crane2 : 1
ปล่อยเครน 2 หลังใช้งานเสร็จ	Delay Release	Crane2 : 1
P11_แยกแกนและจานออกจากกัน หลังจากนั้นล้างแกน	Delay Release	Worker g.4 : 1
P12_ล้างจาน	Seize Delay Release	Worker cleaner : 3 Clean station : 1
P13_เทน้ำยางและทำความสะอาดฐานหัวเครื่อง	Delay	-

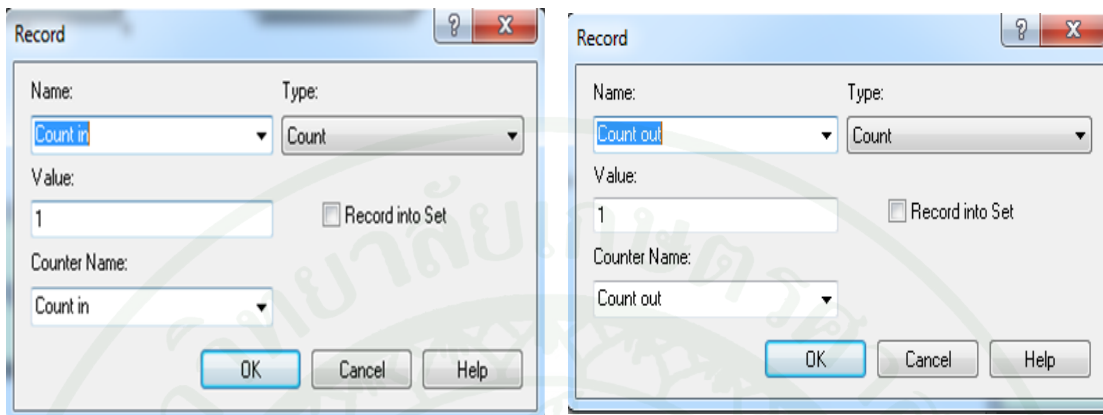
## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชื่อกระบวนการ (Process name)	Action	ทรัพยากร (Resource)
P14_ นำแกนและจานที่ล้างเสร็จไปประกอบกับ ฐานหัวเครื่อง	Delay Release	Worker g.4 : 2 Bowl remover : 1
P15_ ใช้เครนยกหัวเครื่องกลับไปยังตัวเครื่อง	Seize Delay Release	Worker g.3 : 1 Crane1 : 1
P16_ ประกอบฝาครอบ 3 ชิ้นกับแท่นเครื่องปั่น แยกน้ำยางข้น แล้วเปิดเครื่อง	Seize Delay Release	Set worker g.1 : 1
17. รอจนความเร็วรอบของเครื่องถึงระดับที่ กำหนด จึงเปิดวาล์วปล่อยน้ำยางเดินเครื่องรอบ ต่อไป	Delay Release	Set machine : 1

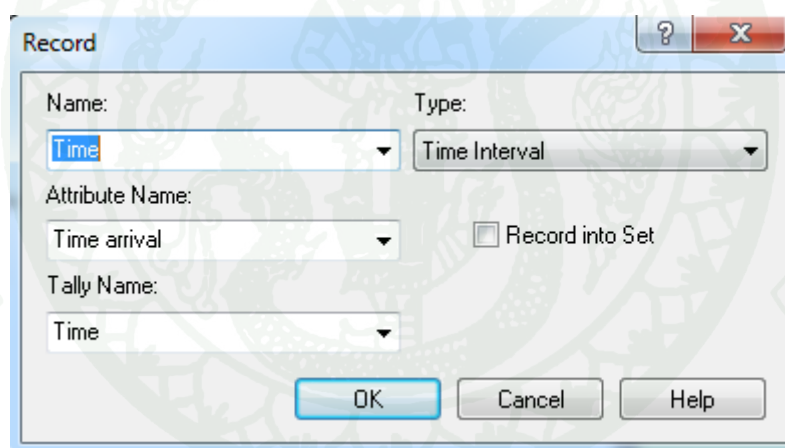
ตารางผนวกที่ ก2 ทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับ  
การทำงานปัจจุบัน (Resource and Capacity)

ทรัพยากร (Resource)	จำนวน (Capacity)
พนักงานกลุ่ม 1	1 คน
พนักงานกลุ่ม 2	1 คน
พนักงานกลุ่ม 3	1 คน
พนักงานกลุ่ม 4	5 คน
พนักงานล้างจาน	3 คน
ชุดถอดหัวเครื่อง (Bowl)	2 ชุด
อ่างล้าง	1 อ่าง
เครน 1	1 ชุด
เครน 2	1 ชุด
เครื่องปั่นน้ำยางข้น หมายเลข 1-20	20 เครื่อง

ในแบบจำลอง มีการบันทึกงานที่เข้าและออกจากระบบโดยใช้คำสั่ง Count ดังภาพผนวกที่ ก4 และมีการบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละรอบดังภาพผนวกที่ ก5



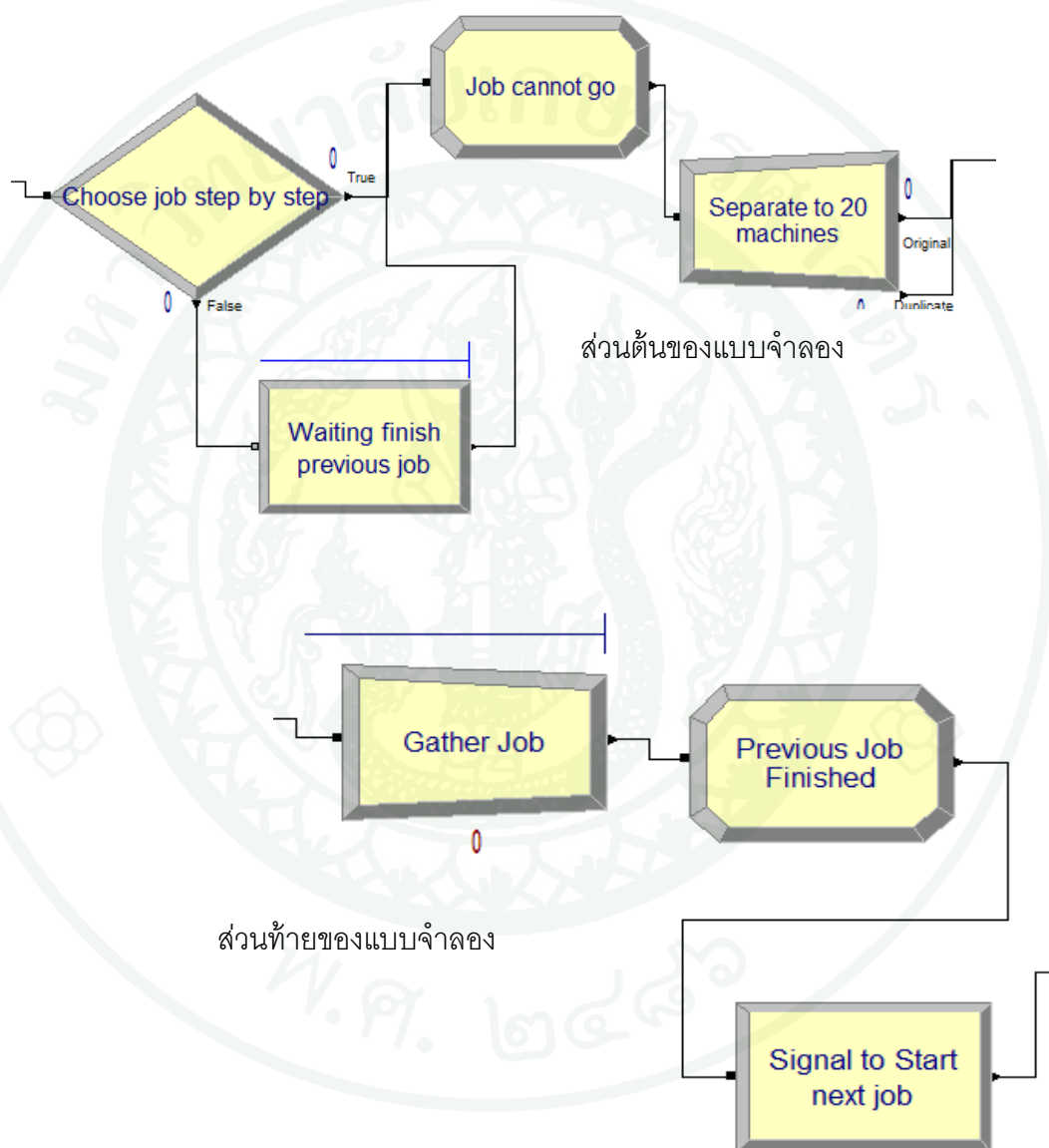
ภาพผนวกที่ ก4 การบันทึกงานที่เข้าและออกจากระบบ



ภาพผนวกที่ ก5 การบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงาน

### ก1. การสร้างแบบจำลองเพื่อกำหนดให้ทำงานเสร็จในแต่ละช่วงเวลา

การสร้างแบบจำลองเพื่อให้การทำงานให้เสร็จในแต่ละช่วงเวลา คือ การกำหนดให้มีล้างเครื่องจักร 20 เครื่องให้เสร็จภายใน 2 ชั่วโมงก่อนที่จะเริ่มงานรอบต่อไป โดยไม่มีเครื่องใดเครื่องหนึ่งตกค้างในระบบ แบบจำลองแสดงดังภาพผนวกที่ ก6

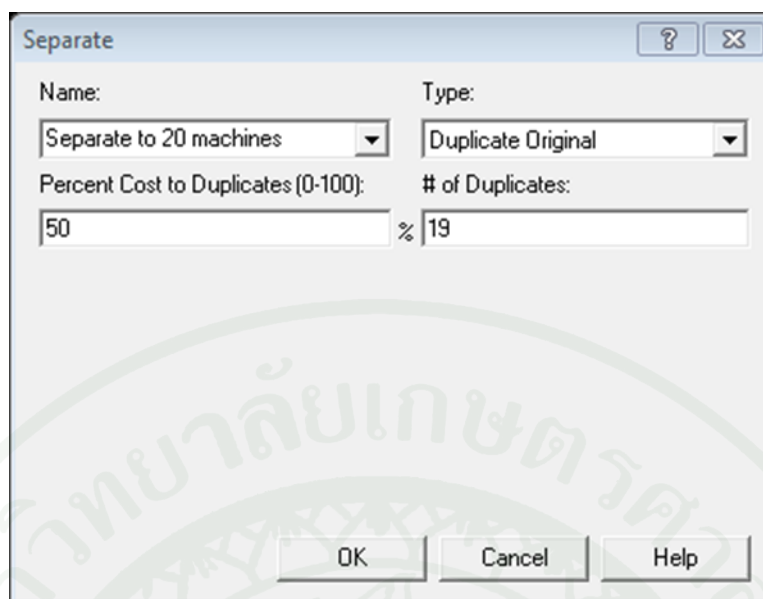


ภาพผนวกที่ ก6 การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม Arena เพื่อให้มีการทำงานให้เสร็จในแต่ละช่วงเวลา ก่อนจะเริ่มงานกะต่อไป

รายละเอียดในการสร้างแบบจำลอง คือ เริ่มจาก Decide: Choose step by step มีการเลือกเงื่อนไขที่จะเริ่มงานได้คือ  $job\_go = 1$  เข้าสู่ Assign: Job cannot go ที่มีการกำหนดค่าตัวแปร Variable  $job\_go = 0$  เพื่อไม่ให้รับงานต่อไปเข้าสู่กระบวนการล้าง ถ้าไม่ใช่ ให้กลับไป Hold: Waiting finish previous job เพื่อรอสัญญาณ (Waiting for Signal) ที่มีค่าเท่ากับ 1 (Waiting for Value: 1) จาก Signal: Signal to start next job โดยจะปล่อยงานจาก Hold: Waiting finish previous job ออกมาจำนวน 1 งาน (Limit: 1) ดังภาพผนวกที่ ก7

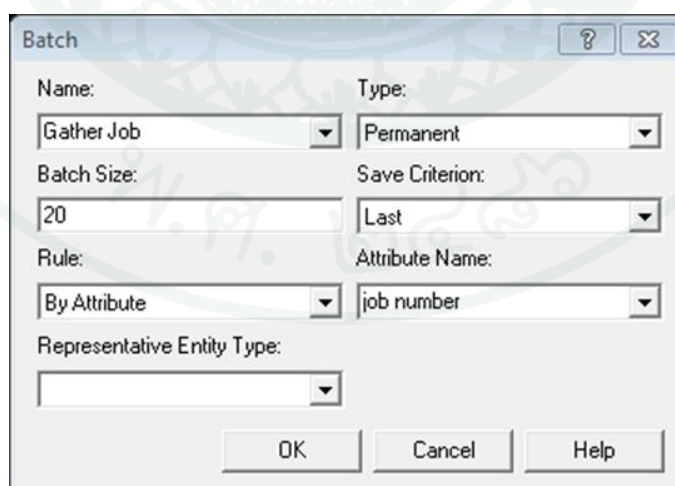
ภาพผนวกที่ ก7 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Hold เพื่อรอสัญญาณ (Waiting for Signal) และการส่งสัญญาณเพื่อปล่อยงานต่อไป

หลังจากผ่าน Assign: Job cannot go แล้วจะมีการแยกเป็น 20 เครื่องที่จะถูกล้างโดยใช้ Separate: Separate to 20 machines ดังภาพผนวกที่ ก8

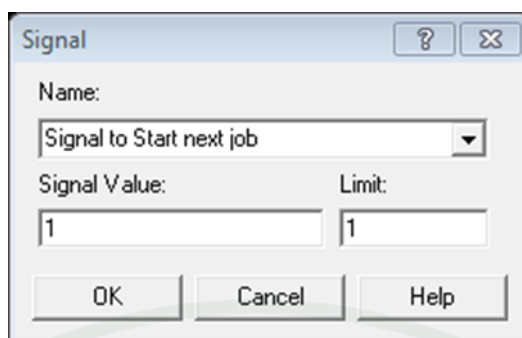


ภาพผนวกที่ ก8 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Separate

เมื่อผ่านกระบวนการล้างครบทุกขั้นตอนแล้ว จะมีการรวมงานที่ทำหรือรวมเครื่องจักร 20 เครื่องเป็นงานชุดเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยใช้ Batch: Gather job ดังภาพผนวกที่ ก9 และเข้าสู่ Assign: Previous job finish ที่มีการกำหนดค่าตัวแปร Variable job\_go = 1 เพื่อให้ระบบทราบว่าสามารถเริ่มกระบวนการล้างเครื่องปั้นน้ำอย่างขึ้นกะต่อไปได้ ก่อนที่จะมีการส่ง Signal: Signal to start next job . ให้เริ่มงานกะต่อไป ดังภาพผนวกที่ ก10



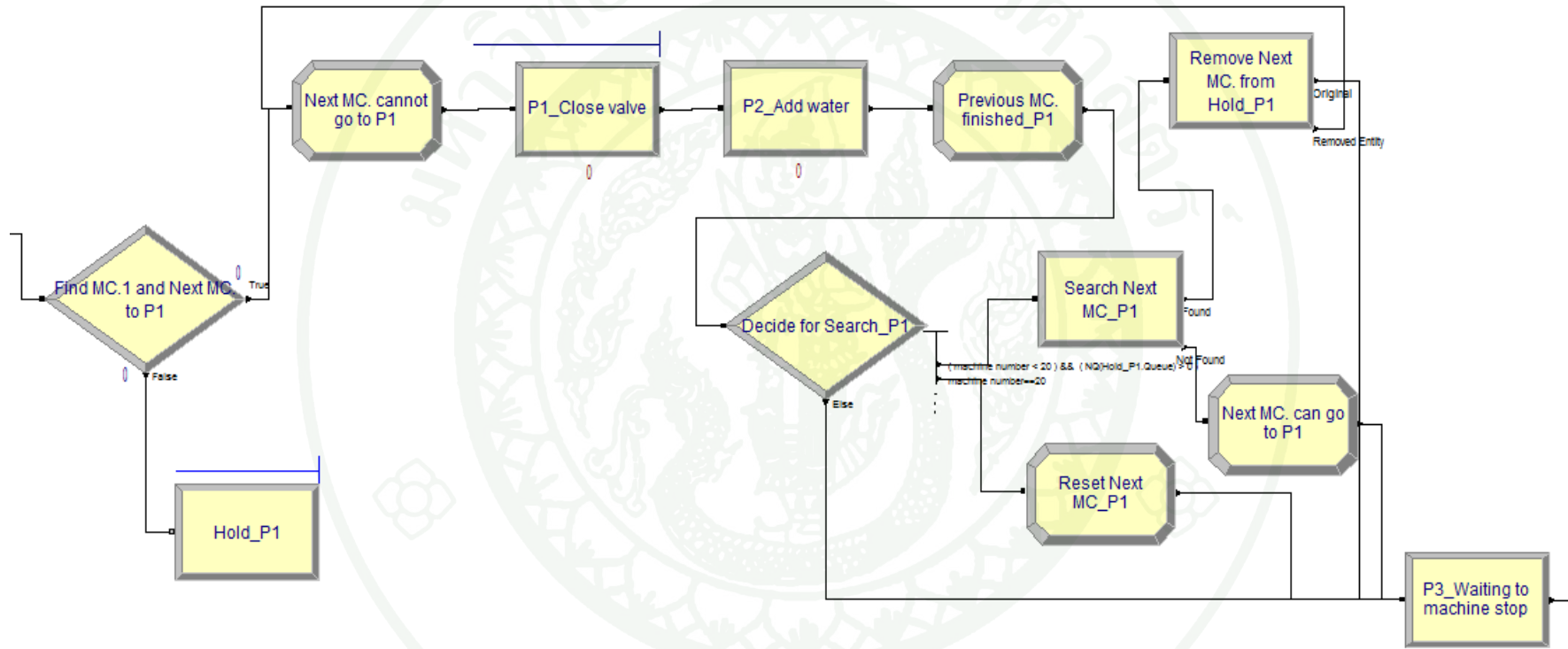
ภาพผนวกที่ ก9 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Batch



ภาพผนวกที่ ก10 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Signal เพื่อการส่งสัญญาณให้เริ่มงานกะต่อไป เมื่อทำงานกะแรกเสร็จ

## ก2. การสร้างแบบจำลองเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอน

การสร้างแบบจำลองเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอน คือ การสร้างแบบจำลองในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นให้เสร็จทีละเครื่อง ดังภาพผนวกที่ ก11



ภาพผนวกที่ ก11 การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม Arena เพื่อให้มีการทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ในขั้นตอนการล้างเครื่องปั่นน้ำยางขึ้นที่ละเครื่อง

### รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองมีดังนี้

1. Decide: Find MC1 and Next MC to P1 เป็นการตรวจสอบเลือกให้ลำดับการล้างเป็นไปตามลำดับ เริ่มล้างตั้งแต่เครื่องแรกและเครื่องต่อไปตามลำดับ โดยมีการกำหนดเป็น 2-way by condition และมีเงื่อนไข ดังภาพผนวกที่ ก12 คือ เครื่องปั่นแยกน้ำอย่างขึ้นเครื่องแรก (machine number = 1) หรือเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างขึ้นก่อนหน้าล้างเสร็จแล้ว (P1\_go = 1) และเป็นเครื่องต่อไปที่จะถูกล้าง (machine number = next to P1) จึงจะเป็นจริง ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะถูก hold ไว้รอให้เครื่องก่อนหน้าล้างเสร็จก่อน

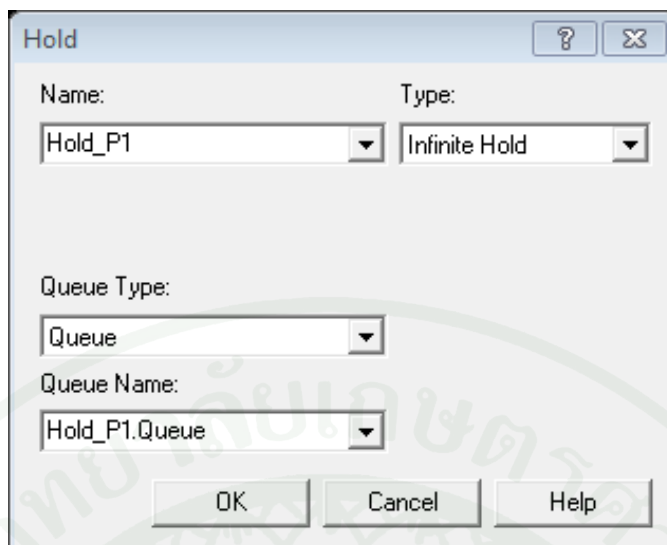
The screenshot shows a 'Decide' dialog box with the following fields:

- Name: Find MC.1 and Next MC. to P1
- Type: 2-way by Condition
- If: Expression
- Value: (machine number == 1) || ((P1\_go == 1) && { machine number == next to P1 })

Buttons: OK, Cancel, Help

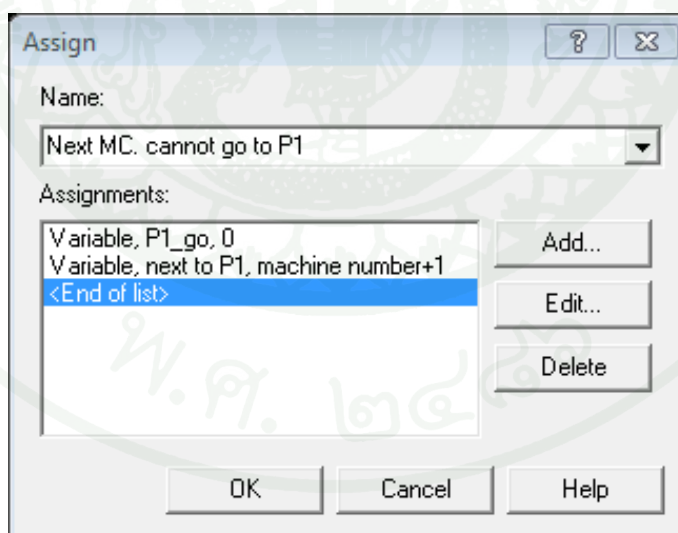
ภาพผนวกที่ ก12 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของโมดูล Decide: Find MC1 and Next MC to P1

2. Hold: Hold\_P1 เป็นการกักงานการล้างเครื่องไว้เพื่อให้เครื่องก่อนหน้าล้างเสร็จแล้วจึงปล่อยออกไปให้ล้างทีละเครื่อง ดังภาพผนวกที่ ก13



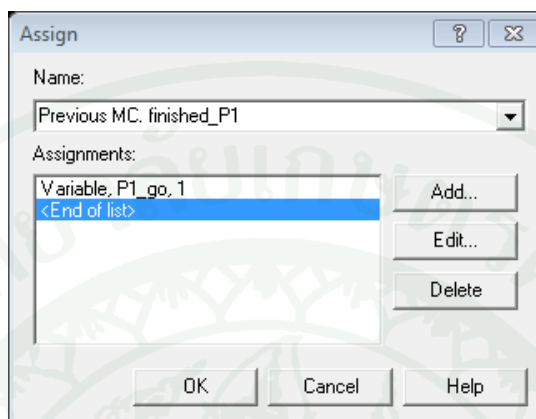
ภาพผนวกที่ ก13 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Hold: Hold\_P1

3 Assign: Next MC cannot go to P1 เป็นการกำหนดค่าตัวแปร  $P1\_go = 0$  เพื่อให้ระบบทราบว่ากำลังล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้นอยู่ ไม่สามารถล้างเครื่องอื่นได้ และกำหนดเครื่องจักรเครื่องต่อไปที่จะล้าง Next to P1 = machine number + 1 ดังภาพผนวกที่ ก14



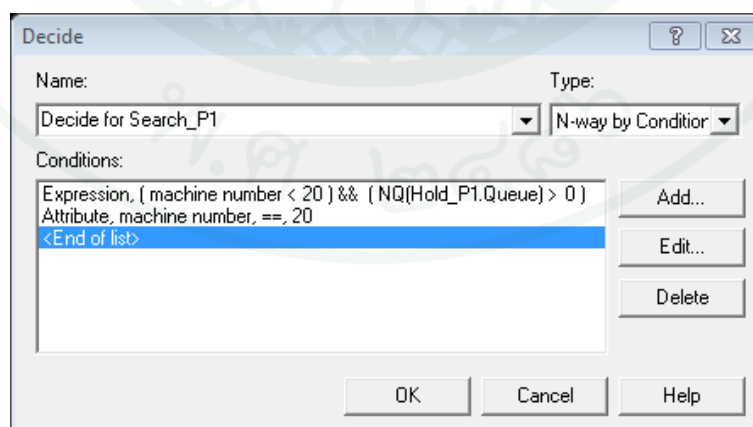
ภาพผนวกที่ ก14 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Assign: Next MC cannot go to P1

4. Assign: Previous MC finished\_P1 และ Assign: Next MC can go to P1 เป็นการกำหนดค่าตัวแปร P1\_go = 1 เพื่อให้ระบบทราบว่าล้างเครื่องเสร็จแล้ว สามารถล้างเครื่องต่อไปได้ ดังภาพผนวกที่ ก15



ภาพผนวกที่ ก15 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Assign: Previous MC finished\_P1 และ Assign: Next MC can go to P1

5. Decide: Decide for search\_P1 เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการเลือกปล่อยเครื่องขึ้น แยกน้ำยางชั้นที่คอยอยู่ที่ Hold มาล้างทำการต่อ และถ้าเครื่องที่ล้างเป็นเครื่องสุดท้าย (MC.20) จะเข้าสู่ Assign: Reset Next MC\_P1 โดยจะกำหนดตัวแปร Variable Next to P1 = 1 เพื่อเริ่มต้นนับเป็นเครื่องที่ 1 ใหม่อีกรอบการทำงาน (ภาพผนวกที่ ก16)

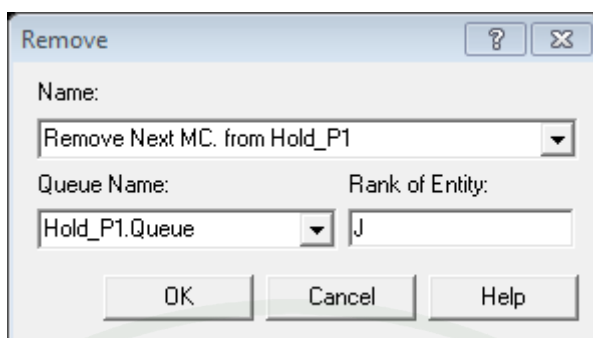


ภาพผนวกที่ ก16 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Decide: Decide for search\_P1

6. Search: Search Next MC\_P1 เป็นการเลือกเครื่องต่อไปจากเครื่องที่รออยู่ใน Hold\_P1 (Starting Value: 1, Ending Value: NQ) ให้เข้าสู่กระบวนการล้างต่อไป (ภาพผนวกที่ ก 17) หากค้นหาเจอก็จะเข้าสู่ Remove แต่หากค้นหาไม่เจอจะเข้าสู่ Assign: Next MC can go to P1

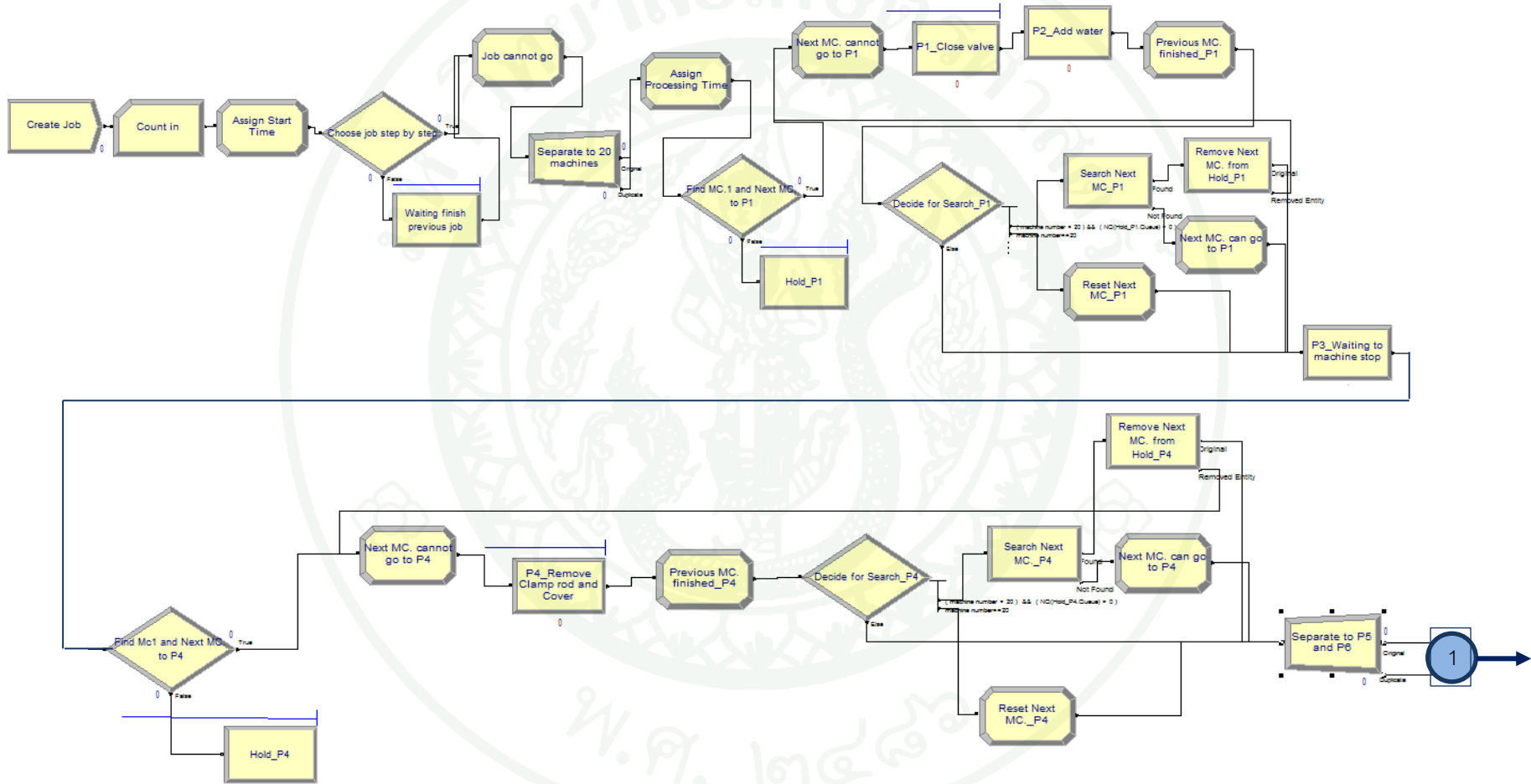
ภาพผนวกที่ ก17 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Search: Search Next MC\_P1

7. Remove: Remove Next MC from Hold\_P1 เป็นการปล่อยเครื่องต่อไปเพื่อล้างต่อหลังจากล้างเครื่องก่อนหน้าเสร็จแล้ว (ภาพผนวกที่ ก18) โดยจะมีทางออก 2 ทาง คือ ทางออกของวัตถุดั้งเดิม (Original) จะเข้าสู่การทำงานขั้นต่อไป (Process: P3) และทางออก Remove Entity คือทางออกที่ส่งให้เคลื่อนย้ายออกจากคิวที่กำหนด ในที่นี้กำหนดให้เข้าสู่ Assign: Next MC cannot go to P1 หลังจากปล่อยออกจาก Hold\_P1 แล้ว

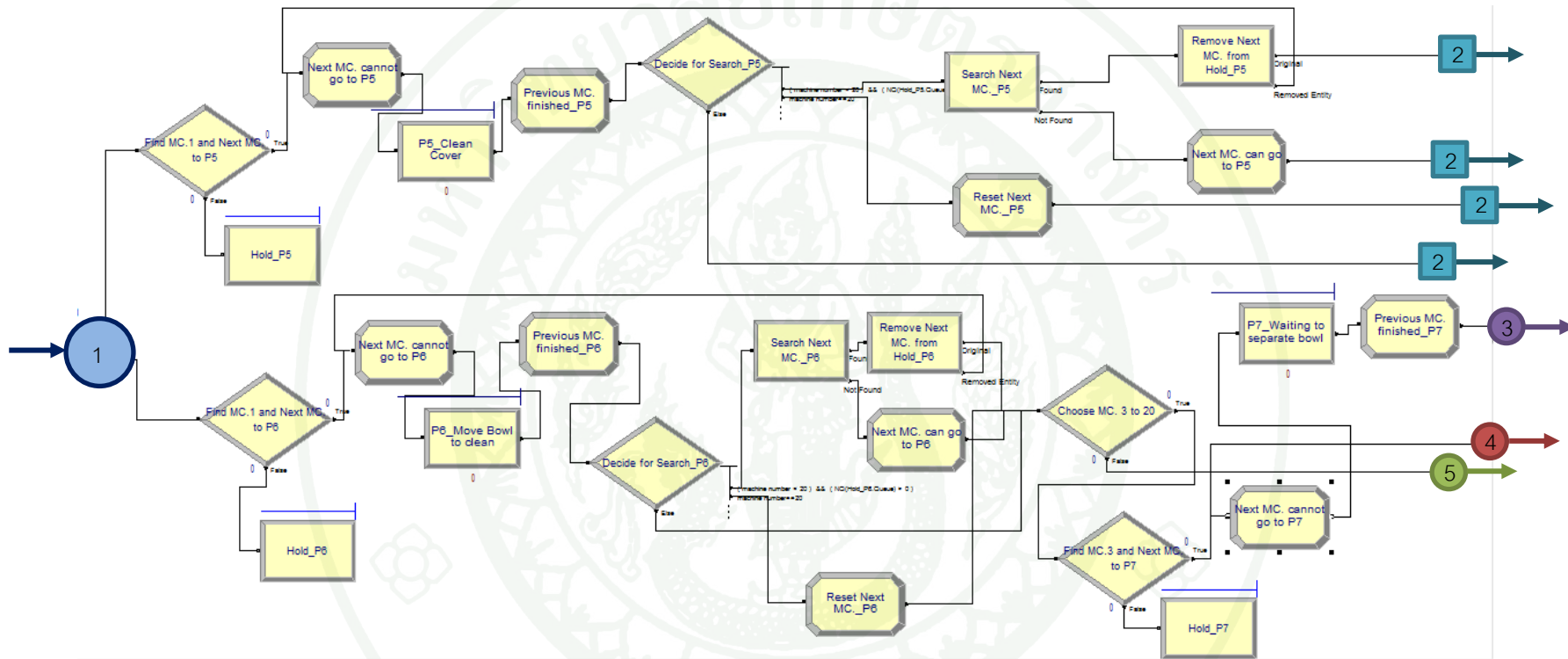


ภาพผนวกที่ ก18 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Remove: Remove Next MC from Hold\_P1

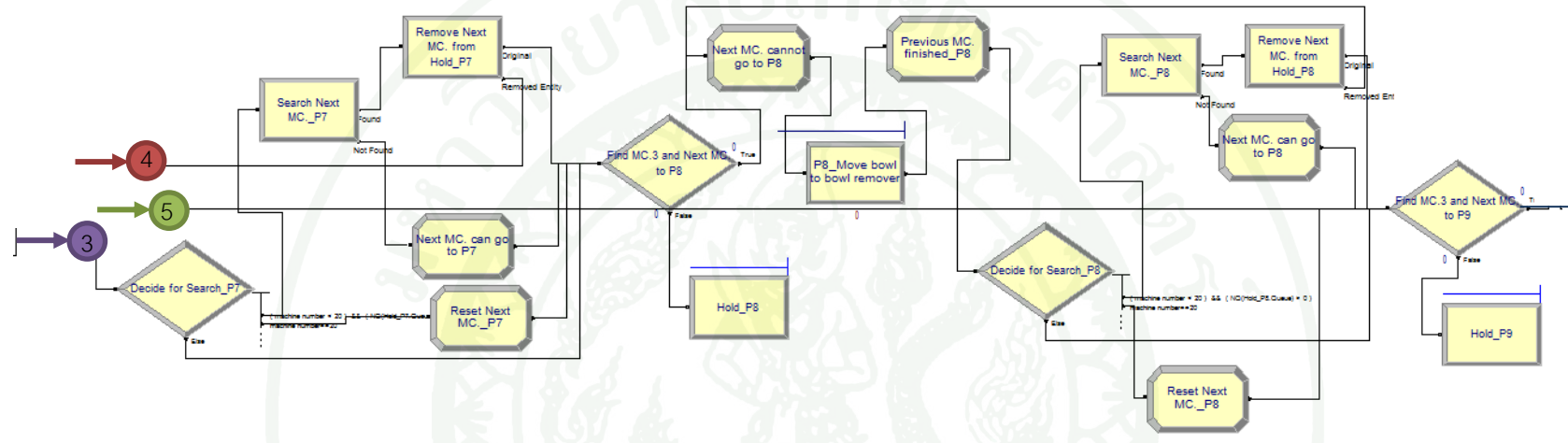
การสร้างแบบจำลองสถานการณ์การล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกว่ายังชั้นในปัจจุบันแสดงดังภาพผนวกที่ ก19



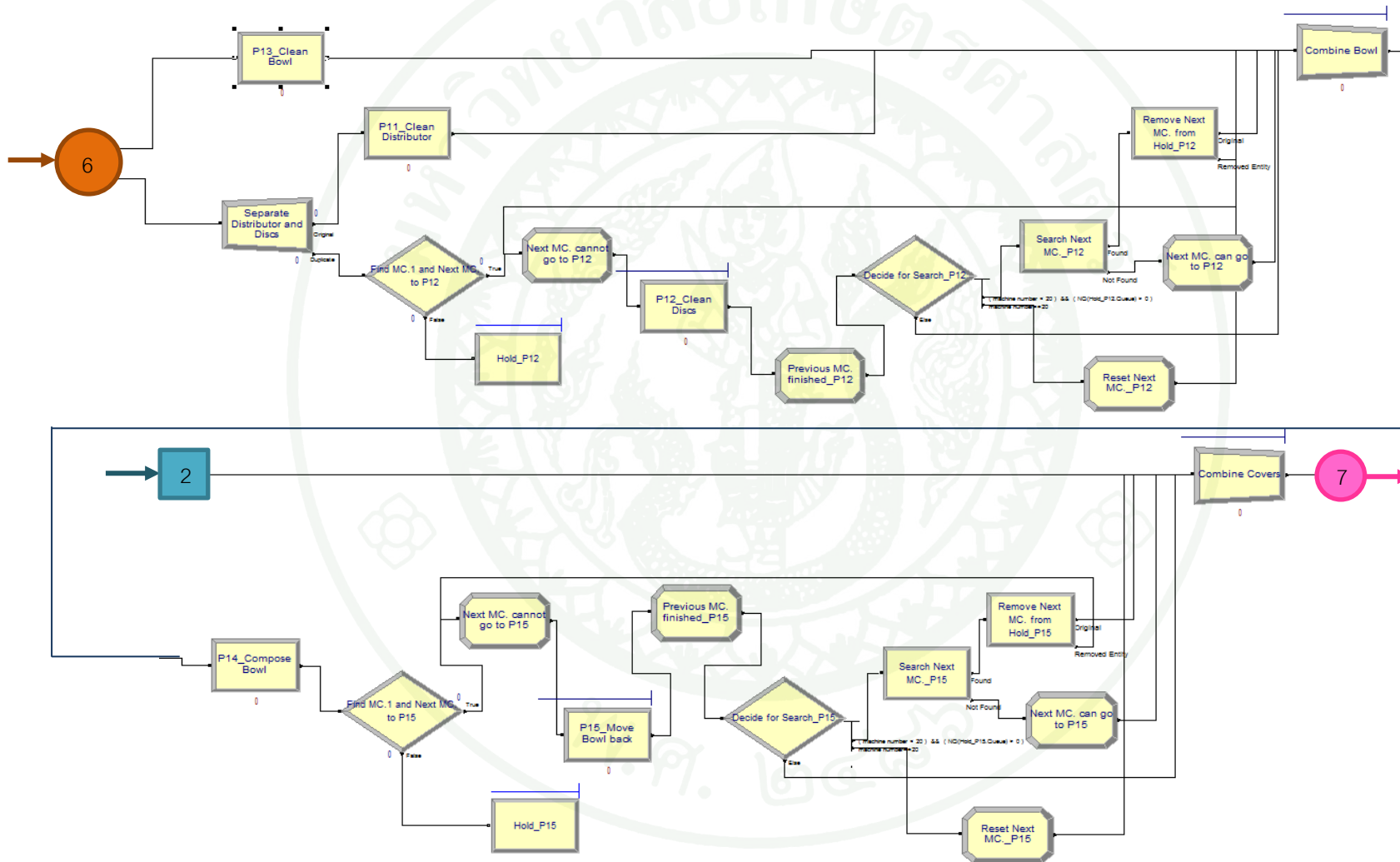
ภาพผนวกที่ ก19 แบบจำลองสถานการณ์การล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นในปัจจุบันด้วยโปรแกรม Arena



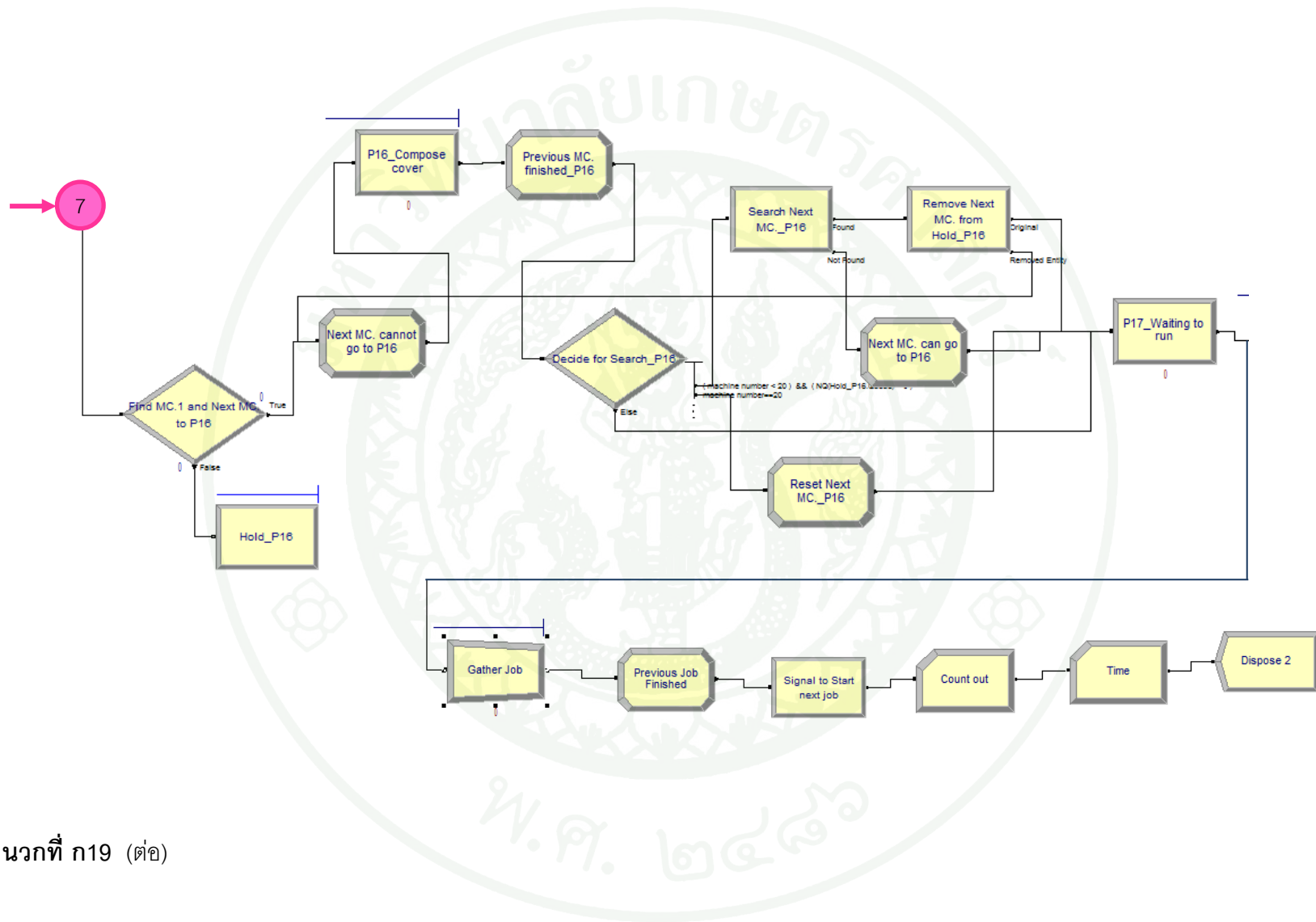
ภาพผนวกที่ ก19 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก19 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ก19 (ต่อ)



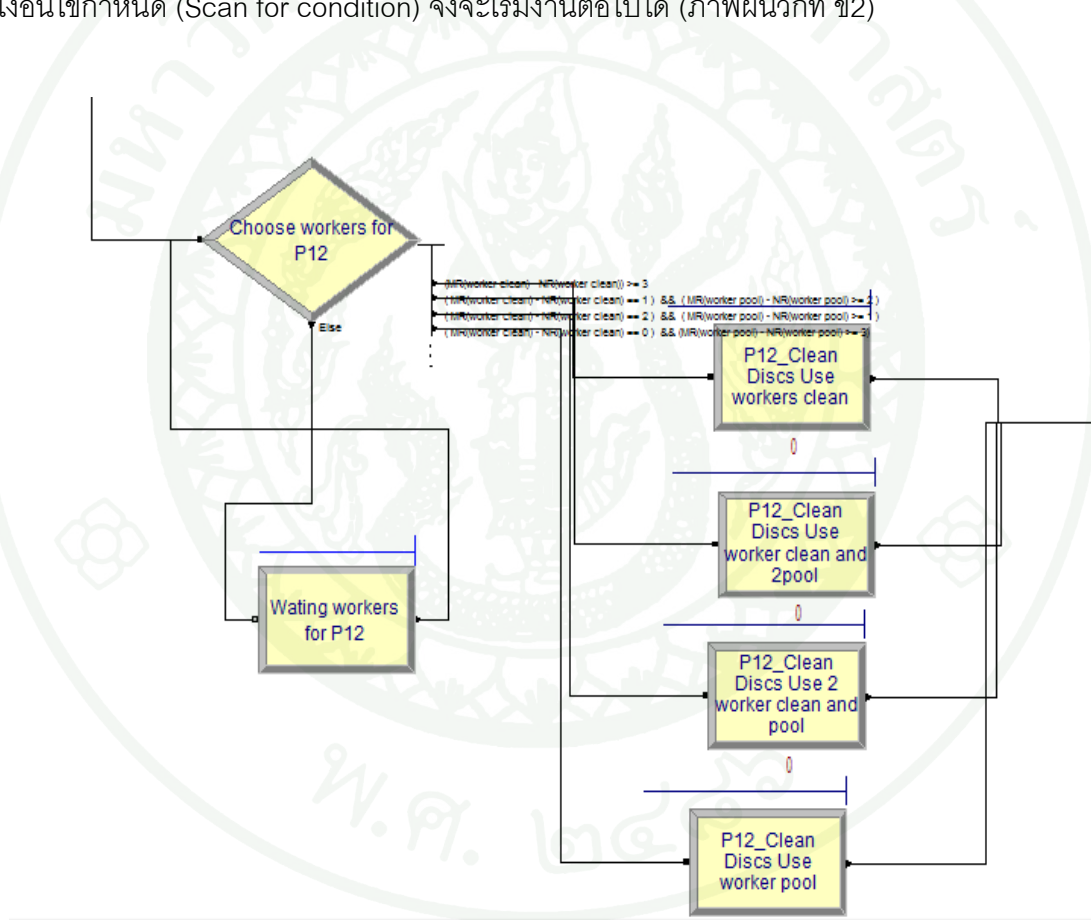
ภาพผนวกที่ ก19 (ต่อ)



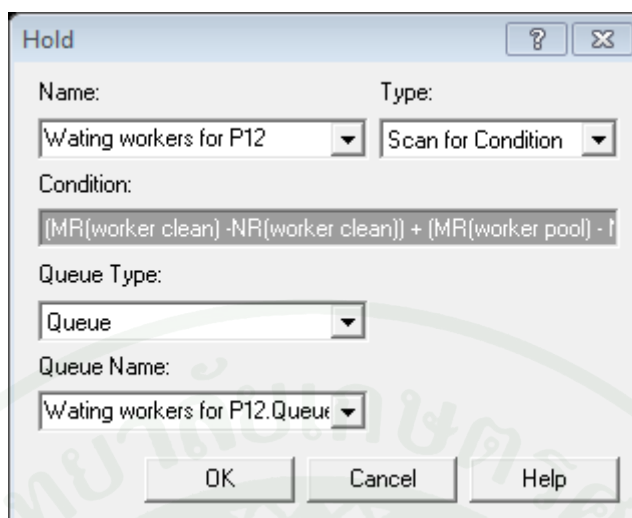
**ภาคผนวก ข**

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ OptQuest

การสร้างแบบจำลองที่จะใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม OptQuest จะมีรายละเอียด การสร้างแบบจำลองคล้ายกับแบบจำลองสถานการณ์การทำงานปัจจุบัน แต่มีการเพิ่มแบบจำลอง ที่มีการเลือกพนักงานที่จะใช้ในการปฏิบัติเพิ่มเข้ามา โดยในแต่ละขั้นตอนในการล้างทำความสะอาด เครื่องปั้นแยกน้ำอย่างขึ้น สามารถเลือกใช้พนักงานได้จากพนักงานที่ทำหน้าที่นั้นในปัจจุบัน หรือใช้พนักงานทั่วไปที่สามารถทำงานได้หลายขั้นตอน โดยใช้โมดูล Decide: Choose worker for P ที่มีการกำหนดเงื่อนไขในการเลือกใช้พนักงานไว้ ดังตัวอย่างในภาพผนวกที่ ข1 ซึ่งแสดงการ เลือกพนักงานที่จะใช้ในการปฏิบัติงานในขั้นตอน P12\_ล้างจาน หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ กำหนด พนักงานจะถูกกักไว้ที่ Hold: Waiting workers for P เพื่อรอให้มีจำนวนพนักงานตาม เงื่อนไขกำหนด (Scan for condition) จึงจะเริ่มงานต่อไปได้ (ภาพผนวกที่ ข2)



ภาพผนวกที่ ข1 การสร้างแบบจำลองเพื่อเลือกพนักงานในการทำงาน



ภาพผนวกที่ ข2 รายละเอียดในการสร้างแบบจำลองของ Hold: Waiting workers for P12

การกำหนดเงื่อนไขในการเลือกใช้พนักงานในโมดูล Decide และ Hold

โดยกำหนดให้

MR(worker) หมายถึง จำนวนพนักงานทั้งหมด

NR(worker) หมายถึง จำนวนพนักงานที่ไม่ว่างงาน หรือกำลังปฏิบัติงานอยู่

MR(pool) หมายถึง จำนวนพนักงานทั่วไปทั้งหมด...

NR(pool) หมายถึง จำนวนพนักงานทั่วไปที่ไม่ว่างงาน.หรือกำลังปฏิบัติงานอยู่

1. กรณีใช้พนักงาน 1 คน จะเลือกพนักงานได้ คือ

1.1 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่มากกว่า 1 คน  $((MR(worker) - NR(worker)) \geq 1)$  จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ

1.2 เมื่อไม่มีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่ และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 1 คน  $((MR(worker) - NR(worker) = 0) \&\& (MR(pool) - NR(pool) \geq 1))$  จะใช้พนักงานทั่วไป

ถ้าไม่เป็นจริง จะกักพนักงานไว้ที่โหนด Hold เพื่อรอให้มีพนักงานตามเงื่อนไข (Condition) คือ มีพนักงานเฉพาะหรือพนักงานทั่วไปว่างมากกว่า 1 คน  $((MR(worker)-NR(worker))+MR(pool)-NR(pool)) \geq 1$  แล้วจึงเข้าสู่การเลือกพนักงานต่อไป

2. กรณีใช้พนักงาน 2 คน จะเลือกพนักงานได้ คือ

2.1 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่มากกว่า 2 คน  $((MR(worker)-NR(worker)) \geq 2)$  จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ 2 คน

2.2 เมื่อไม่มีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่ และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 2 คน  $((MR(worker)-NR(worker) = 0) \ \&\& \ (MR(pool)-NR(pool) \geq 2))$  จะใช้พนักงานทั่วไป 2 คน

2.3 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่าง 1 คน และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 1 คน  $((MR(worker)-NR(worker) = 1) \ \&\& \ (MR(pool)-NR(pool) \geq 1))$  จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ 1 คน และพนักงานทั่วไป 1 คน

ถ้าไม่เป็นจริง จะกักพนักงานไว้ที่โหนด Hold เพื่อรอให้มีพนักงานตามเงื่อนไข (Condition) คือ มีพนักงานเฉพาะหรือพนักงานทั่วไปว่างมากกว่า 2 คน  $((MR(worker)-NR(worker))+MR(pool)-NR(pool)) \geq 2$  แล้วจึงเข้าสู่การเลือกพนักงานต่อไป

3. กรณีใช้พนักงาน 3 คน จะเลือกพนักงานได้ คือ

3.1 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่มากกว่า 3 คน  $((MR(worker)-NR(worker)) \geq 3)$  จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ 3 คน

3.2 เมื่อไม่มีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่างอยู่ และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 3 คน  $((MR(worker)-NR(worker) = 0) \ \&\& \ (MR(pool)-NR(pool) \geq 3))$  จะใช้พนักงานทั่วไป 3 คน

3.3 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่าง 1 คน และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 2 คน ( $(MR(worker)-NR(worker) = 1) \ \&\& \ (MR(pool)-NR(pool) \geq 2)$ ) จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ 1 คน และพนักงานทั่วไป 2 คน

3.4 เมื่อมีพนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะว่าง 2 คน และมีพนักงานทั่วไปว่างอยู่มากกว่า 1 คน ( $(MR(worker)-NR(worker) = 2) \ \&\& \ (MR(pool)-NR(pool) \geq 3)$ ) จะใช้พนักงานที่ทำหน้าที่เฉพาะ 2 คน และพนักงานทั่วไป 1 คน

ถ้าไม่เป็นจริง จะกักพนักงานไว้ที่โมดูล Hold เพื่อรอให้มีพนักงานตามเงื่อนไข (Condition) คือ มีพนักงานเฉพาะหรือพนักงานทั่วไปว่างมากกว่า 3 คน ( $((MR(worker)-NR(worker))+MR(pool)-NR(pool)) \geq 3$ ) แล้วจึงเข้าสู่การเลือกพนักงานต่อไป

การใช้โปรแกรม OptQuest จะมีการระบุตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ซึ่งได้แก่ จำนวนพนักงานแต่ละกลุ่มที่จะใช้ ซึ่งได้แก่ พนักงานกลุ่มที่ 1-4 (worker g.1-4) พนักงานทำความสะอาด (worker clean) และพนักงานทั่วไป (worker pool) (ภาพผนวกที่ 3) สมการวัตถุประสงค์ คือ ใช้จำนวนพนักงานในการปฏิบัติงานน้อยที่สุด (ภาพผนวกที่ 4) และกำหนดข้อจำกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการทำงานไม่เกิน 120 นาที (2 ชั่วโมง) ไม่มีงานค้างอยู่ในระบบ และต้องมีพนักงานเข้าทำงานทุกกะ (ภาพผนวกที่ 5)

**Controls Resources**

Resources Summary								
Included	Control /	Element Type	Type	Low Bound	Suggested Value	High Bound	Step	Description
<input type="checkbox"/>	MC11	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC12	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC13	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC14	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC15	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC16	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC17	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC18	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC19	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC2	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC20	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC3	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC4	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC5	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC6	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC7	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC8	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input type="checkbox"/>	MC9	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Table	Resource	Discrete	1	1	2	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker clean	Resource	Integer	0	3	3	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker g.1	Resource	Integer	0	1	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker g.2	Resource	Integer	0	1	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker g.3	Resource	Integer	0	1	1	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker g.4	Resource	Integer	0	1	5	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	worker pool	Resource	Integer	0	0	12	1	

Add Control From Array

Select All    Clear All    Modify

ภาพผนวกที่ ข3 การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

**Objectives**

Objectives Summary					
Select	Name	Linear	Goal	Description	Expression
<input checked="" type="checkbox"/>	Min workers	Linear	Minimize		[worker clean] + [worker g.1] + [worker g.2] + [worker g.3] + [worker g.4] + [worker pool]

ภาพผนวกที่ ข4 การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objective)

## Constraints

Constraints Summary				
Included	Name	Type	Description	Expression
<input checked="" type="checkbox"/>	Time in process	NonLinear		[Time] <= 120
<input checked="" type="checkbox"/>	Job	NonLinear		[Count in] = [Count out]
<input checked="" type="checkbox"/>	Workers	Linear		[worker clean] + [worker g.1] + [worker g.2] + [worker g.3] + [worker g.4] + [worker pool] >= 1

## ภาพผนวกที่ ข5 การกำหนดข้อจำกัด (Constraints)

ผลการวิเคราะห์ OptQuest พบว่าต้องใช้จำนวนพนักงานน้อยที่สุด 9 คนจึงจะทำงานได้ตามข้อกำหนด (ภาพผนวกที่ ข6)

## Best Solutions

Best Solutions										
Select	Simulation	Objective Value	Status	worker clean	worker g.1	worker g.2	worker g.3	worker g.4	worker pool	▲
<input checked="" type="checkbox"/>	221	9.000000	Feasible	3	0	0	0	0	6	
<input type="checkbox"/>	341	9.000000	Feasible	3	0	0	0	1	5	
<input type="checkbox"/>	215	9.000000	Feasible	2	0	0	0	0	7	
<input type="checkbox"/>	208	10.000000	Feasible	2	0	0	0	0	8	
<input type="checkbox"/>	150	10.000000	Feasible	2	0	1	1	0	6	
<input type="checkbox"/>	500	10.000000	Feasible	3	1	0	0	1	5	
<input type="checkbox"/>	217	10.000000	Feasible	3	0	0	0	0	7	
<input type="checkbox"/>	200	10.000000	Feasible	1	1	0	0	0	8	
<input type="checkbox"/>	75	10.000000	Feasible	0	0	1	0	0	9	
<input type="checkbox"/>	16	10.000000	Feasible	0	0	0	0	0	10	
<input type="checkbox"/>	113	10.000000	Feasible	2	0	1	0	0	7	
<input type="checkbox"/>	417	10.000000	Feasible	1	0	0	1	0	8	

ภาพผนวกที่ ข6 ผลการหาจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องบิน แยกน้ำยางชั้น โดยโปรแกรม OptQuest



### ค1. การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation) โดยการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำงาน ระหว่างเวลาในการทำงานจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับค่าที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ( $n < 40$ ) และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม ทำให้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่เหมาะสม จะเป็นการทดสอบทางสถิติแบบ t-Test ที่มีข้อสมมติว่า ประชากรทั้งสองกลุ่มต้องมีการแจกแจงแบบปกติและตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน

ดังนั้นก่อนทำการทดสอบว่าเวลาในการทำงานจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ต้องทำการทดสอบก่อนว่าตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ก่อน

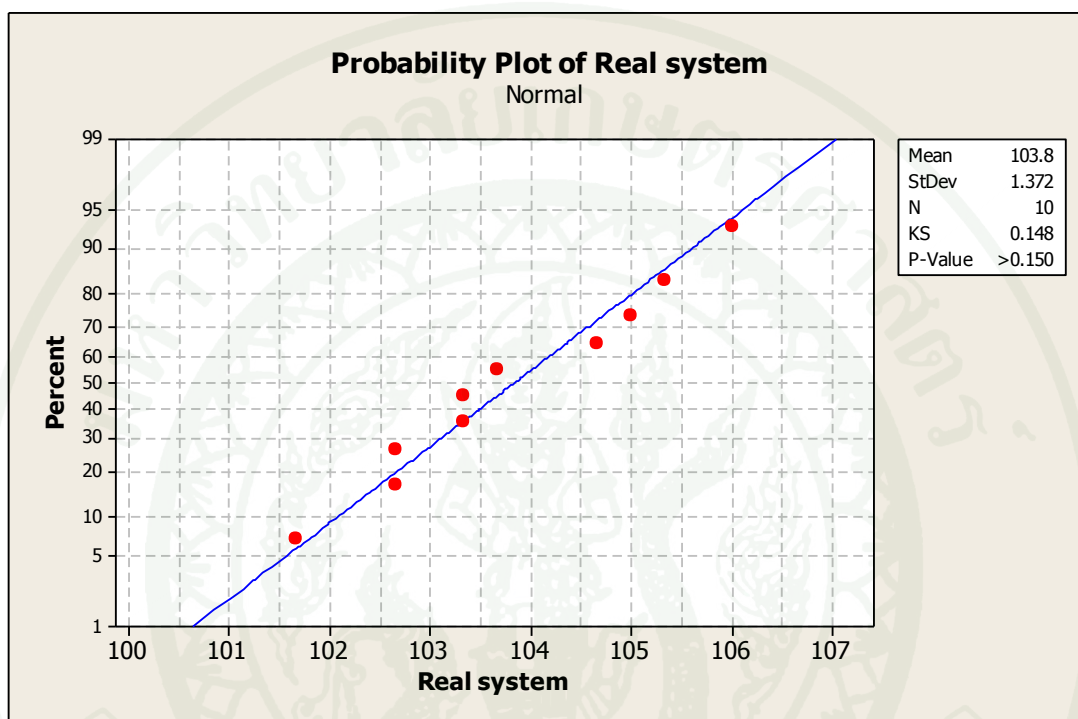
การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ในงานวิจัยจะใช้โปรแกรม Minitab 15.0 ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พร้อมทั้งสร้างกราฟ Normal Probability Plot ประกอบการพิจารณา

สมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่า ชุดข้อมูลที่ได้เวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ คือ

$H_0$ : เวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : เวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ของชุดข้อมูลที่ได้เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริง มีค่ามากกว่า 0.150 และ Normal Probability Plot มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ภาพผนวกที่ ค1) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ  $H_0$  จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ



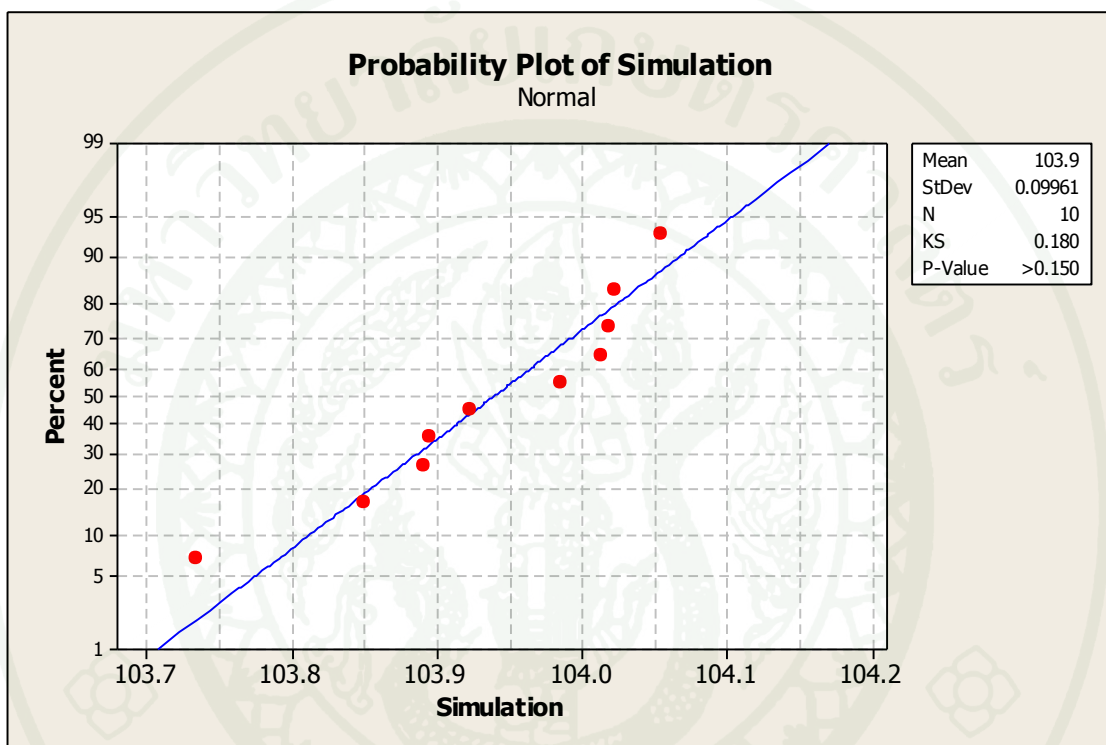
ภาพผนวกที่ ค1 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0

สมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ เป็นดังนี้

$H_0$ : ตัวอย่างจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : ตัวอย่างจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ของชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามากกว่า 0.150 และ Normal Probability Plot มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ภาพผนวกที่ ค2) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ  $H_0$  จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ



**ภาพผนวกที่ ค2** ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0

เมื่อทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากเวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นแล้ว จากนั้นจึงทำการทดสอบว่าเวลาจากการบันทึกวีดิทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษากับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบแบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และกำหนดสมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบไว้ดังนี้

$H_0$ : เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาเท่ากับเวลาในการ  
ทำงานจากการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์

$H_1$ : เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาไม่เท่ากับเวลาใน  
การทำงานจากการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรม  
Minitab 15.0 มีค่าเท่ากับ 0.813 (ภาพผนวกที่ ค3) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ  $H_0$   
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า เวลาจากการบันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของ  
โรงงานกรณีศึกษาเท่ากับเวลาในการทำงานจากการทำงานที่ได้จากการประมวลผลโดย  
แบบจำลองสถานการณ์ หรือสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการสร้าง  
ขึ้นมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถใช้ทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพต่างๆ แทน  
สายการผลิตจริงได้

### Two-Sample T-Test and CI: Simulation, Real system

Two-sample T for Simulation vs Real system

	N	Mean	StDev	SE Mean
Simulation	10	103.9392	0.0996	0.032
Real system	10	103.83	1.37	0.43

Difference = mu (Simulation) - mu (Real system)

Estimate for difference: 0.106

95% CI for difference: (-0.878, 1.090)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.24 P-Value = 0.813 DF = 9

**ภาพผนวกที่ ค3** ผลการทดสอบความแตกต่างของเวลาระหว่างชุดข้อมูลจากเวลาจากการ  
บันทึกวีดีทัศน์การทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษากับชุดข้อมูลจากการ  
ประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0

## ค2. การวิเคราะห์เวลาในการทำงาน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์เวลาในการทำงาน โดยทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test เพื่อศึกษาว่า หากมีการทำกิจกรรมตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะแล้ว จะสามารถทำงานได้เสร็จตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ กล่าวคือ ใช้เวลาในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั่นแยกน้ำยางข้นไม่เกิน 120 นาที (2 ชั่วโมง) หรือไม่ โดยมีการกำหนดข้อสมมติว่า ประชากรทั้งหมดมีการแจกแจงแบบปกติและมีความเป็นอิสระต่อกัน

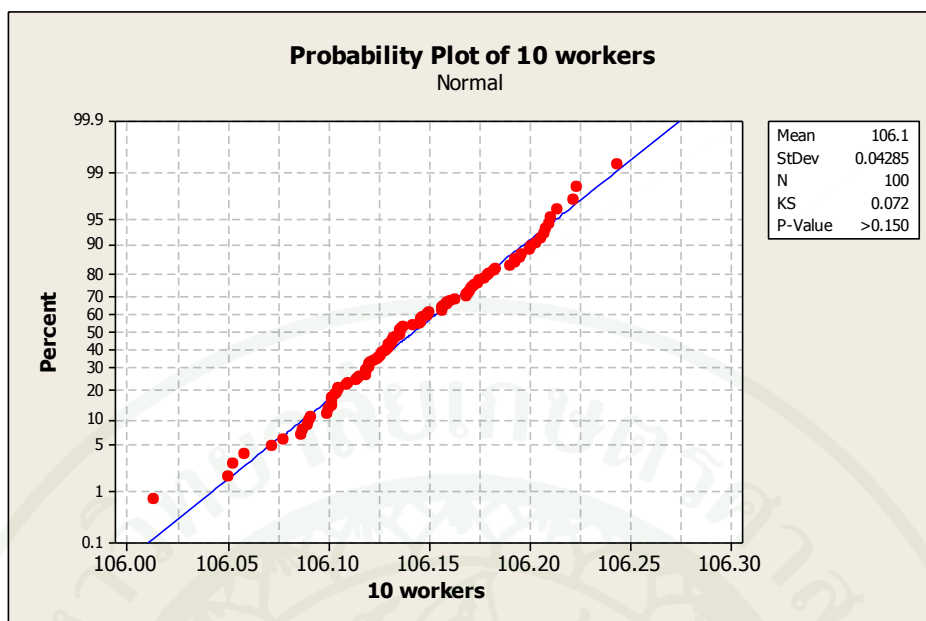
การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของแต่ละแนวทางแก้ไขที่ได้นำเสนอ ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Minitab 15.0 ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 พร้อมทั้งสร้างกราฟ Normal Probability Plot ประกอบการพิจารณา

สมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่า ชุดข้อมูลที่ได้เวลาจากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ คือ

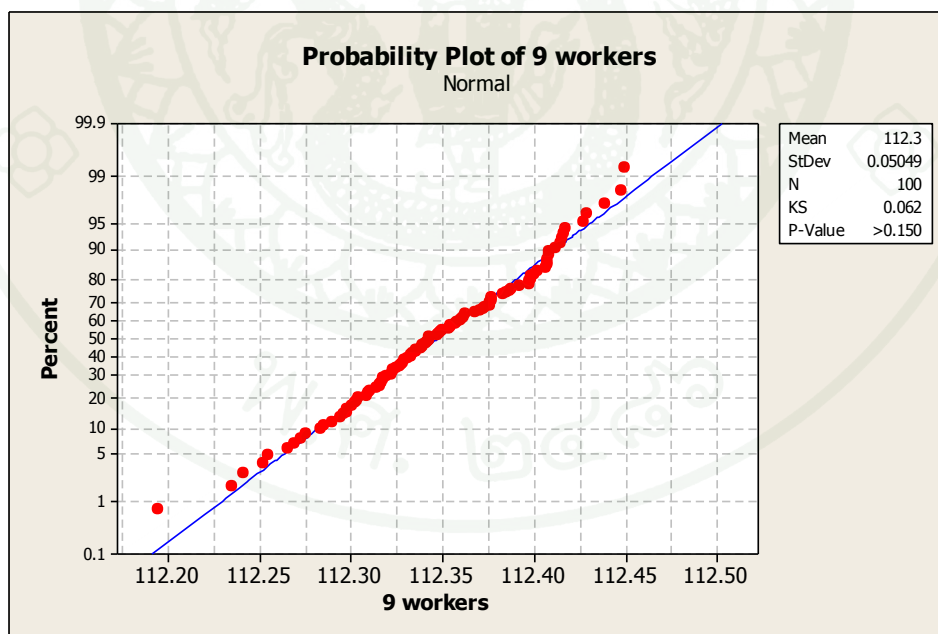
$H_0$ : เวลาจากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : เวลาจากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

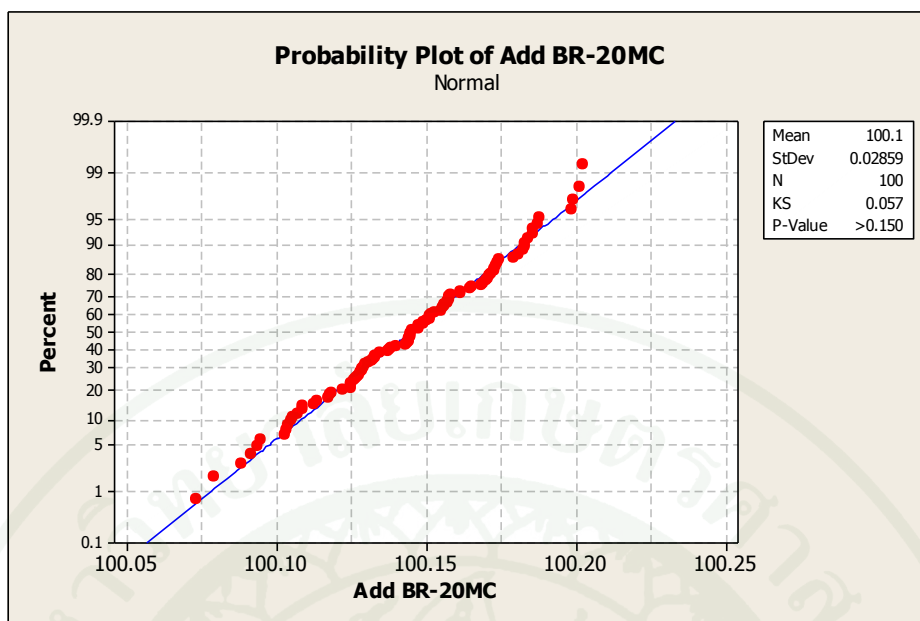
ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ของชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามากกว่า 0.150 และ Normal Probability Plot มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ภาพผนวกที่ ค4-ค10) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ  $H_0$  จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ



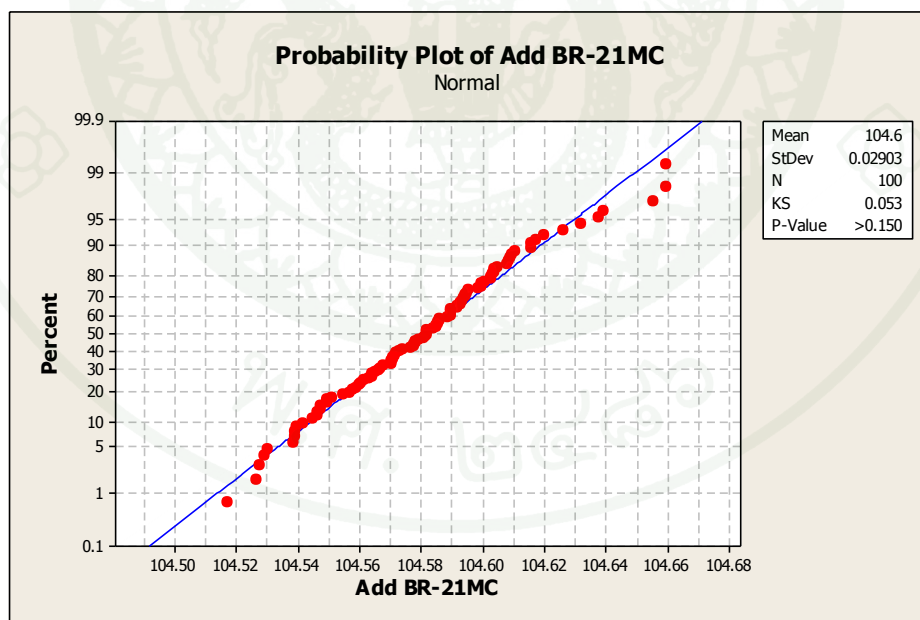
ภาพผนวกที่ ค4 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อจัดพนักงานทำงาน 10 คนต่อกะ



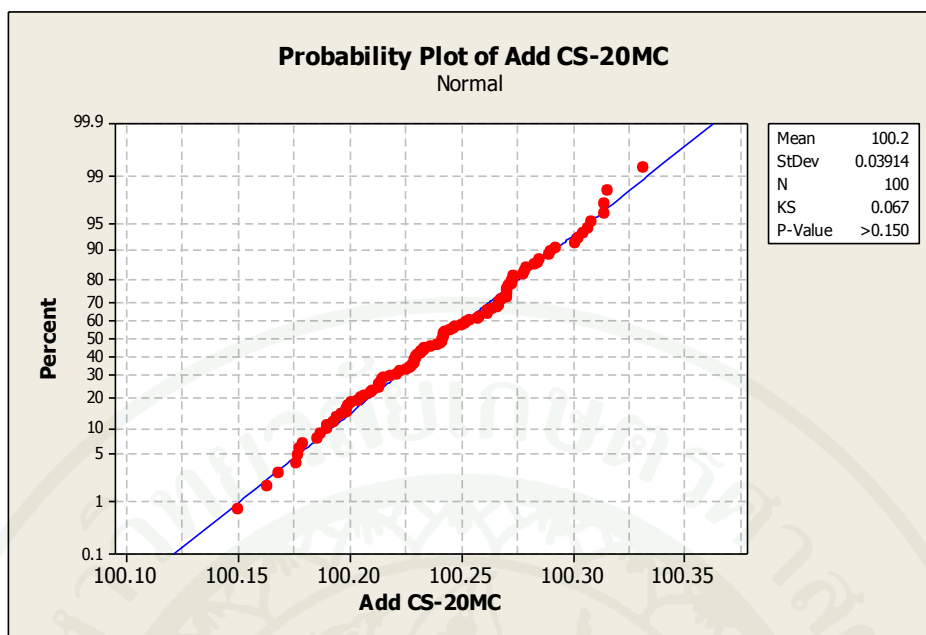
ภาพผนวกที่ ค5 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อจัดพนักงานทำงาน 9 คนต่อกะ



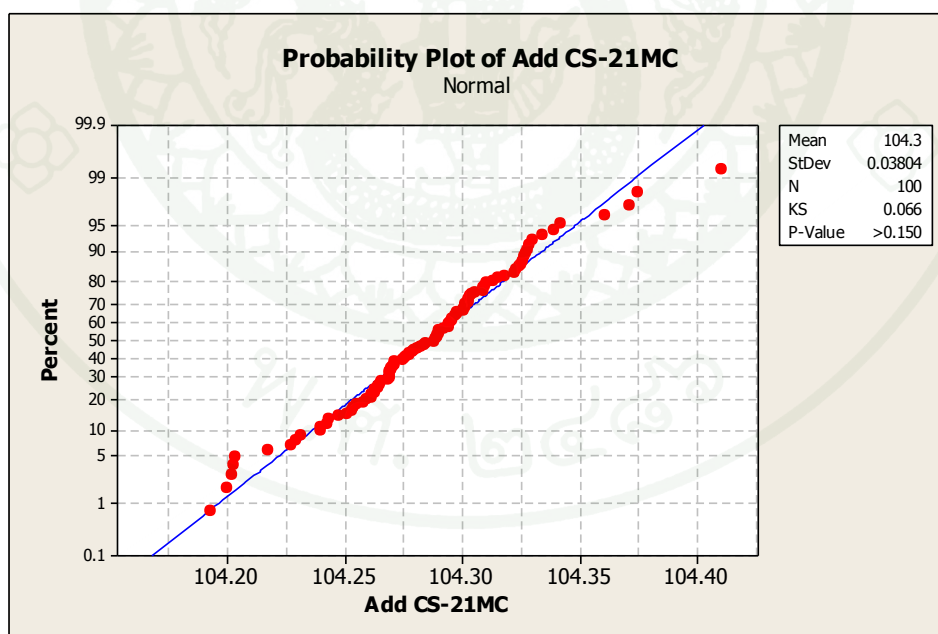
ภาพผนวกที่ ค6 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มชุดถอดหัวเครื่อง 1 ชุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 20 เครื่อง



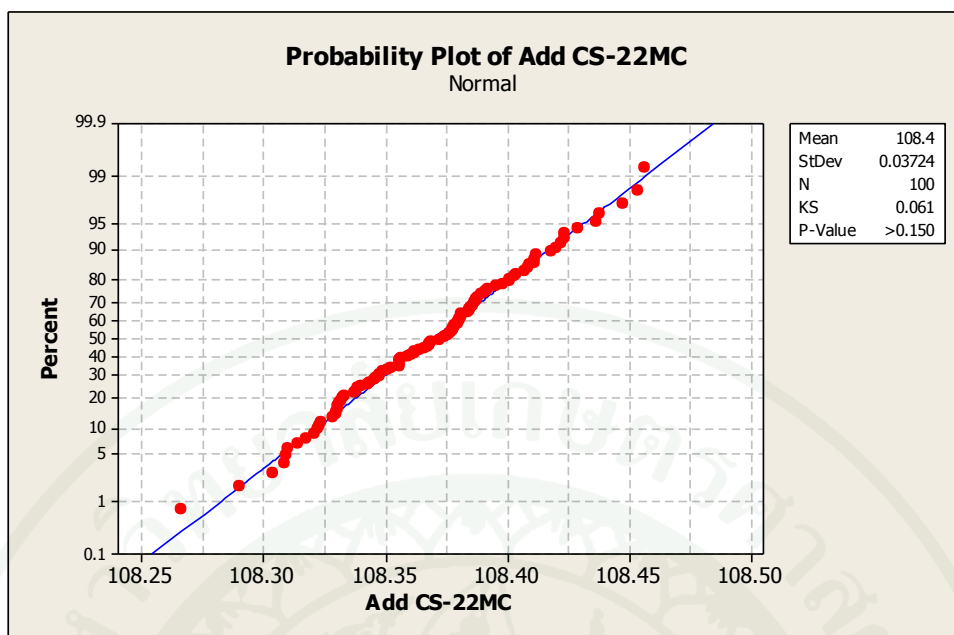
ภาพผนวกที่ ค7 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มชุดถอดหัวเครื่อง 1 ชุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 21 เครื่อง



ภาพผนวกที่ ค8 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างขึ้น 20 เครื่อง



ภาพผนวกที่ ค9 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำอย่างขึ้น 21 เครื่อง



**ภาพผนวกที่ ค10** ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเพิ่มจุดล้าง 1 จุด และล้างเครื่องปั่นแยกน้ำยางชั้น 22 เครื่อง

ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test เพื่อศึกษาว่า หากมีการทำกิจกรรมตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะแล้ว จะสามารถทำงานได้เสร็จตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 แสดงดังภาพผนวกที่ ค11

**One-Sample T: 10 workers**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
10 workers	100	106.142	0.043	0.004	106.153	-3234.26	0.000

**One-Sample T: 9 workers**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
9 workers	100	112.347	0.050	0.005	112.359	-1515.79	0.000

**One-Sample T: Add BR-20MC**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
Add BR-20MC	100	100.145	0.029	0.003	100.152	-6944.55	0.000

**One-Sample T: Add BR-21MC**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
Add BR-21MC	100	104.581	0.029	0.003	104.588	-5310.88	0.000

**One-Sample T: Add CS-20MC**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
Add CS-20MC	100	100.242	0.039	0.004	100.252	-5048.56	0.000

**One-Sample T: Add CS-21MC**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
Add CS-21MC	100	104.285	0.038	0.004	104.294	-4130.60	0.000

**One-Sample T: Add CS-22MC**Test of  $\mu = 120$  vs  $< 120$ 

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	99% Upper Bound	T	P
Add CS-22MC	100	108.369	0.037	0.004	108.378	-3123.26	0.000

ภาพผนวกที่ ค11 ผลการทดสอบเวลาในการล้างทำความสะอาดเครื่องปั้นแยกน้ำยางชั้นเมื่อปฏิบัติตามแนวทางแก้ไขที่เสนอแนะ ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0

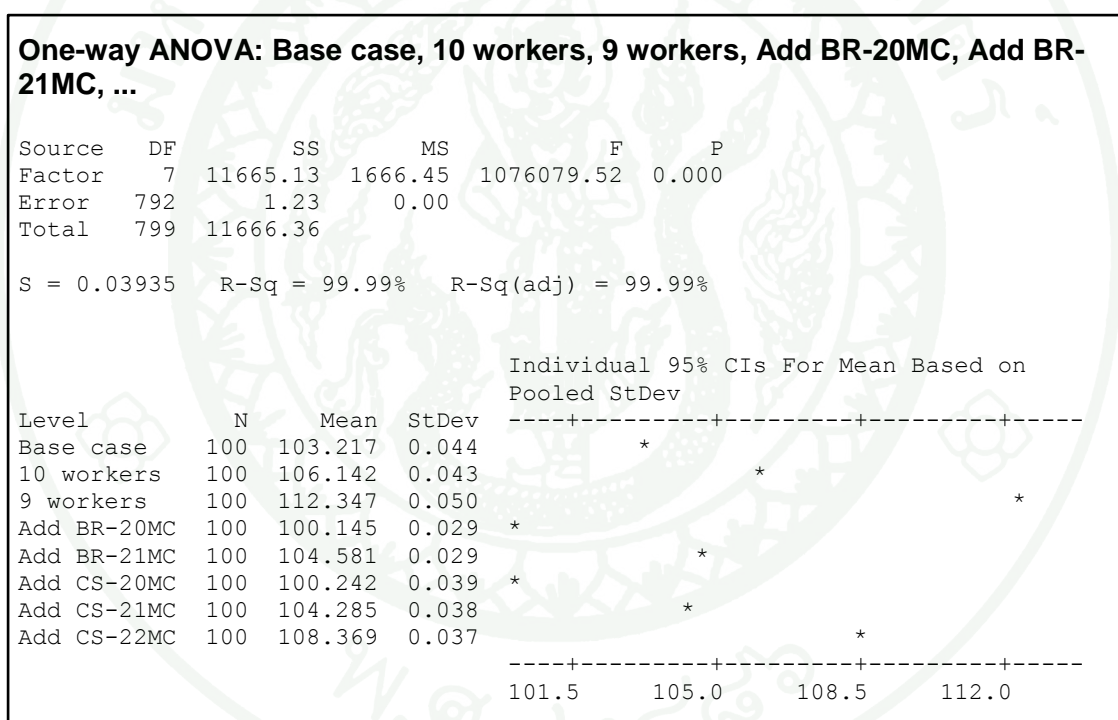
### ค3. เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทำงานตามแนวทางการแก้ไข

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ ANOVA ด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐานในการทดสอบทางสถิติ ดังนี้

$H_0$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานเมื่อทำตามแนวทางการแก้ไขต่างๆ ใช้เวลาเท่ากัน

$H_1$ : เวลาที่ใช้ในการทำงานเมื่อทำตามแนวทางการแก้ไขต่างๆ ใช้เวลาไม่เท่ากัน

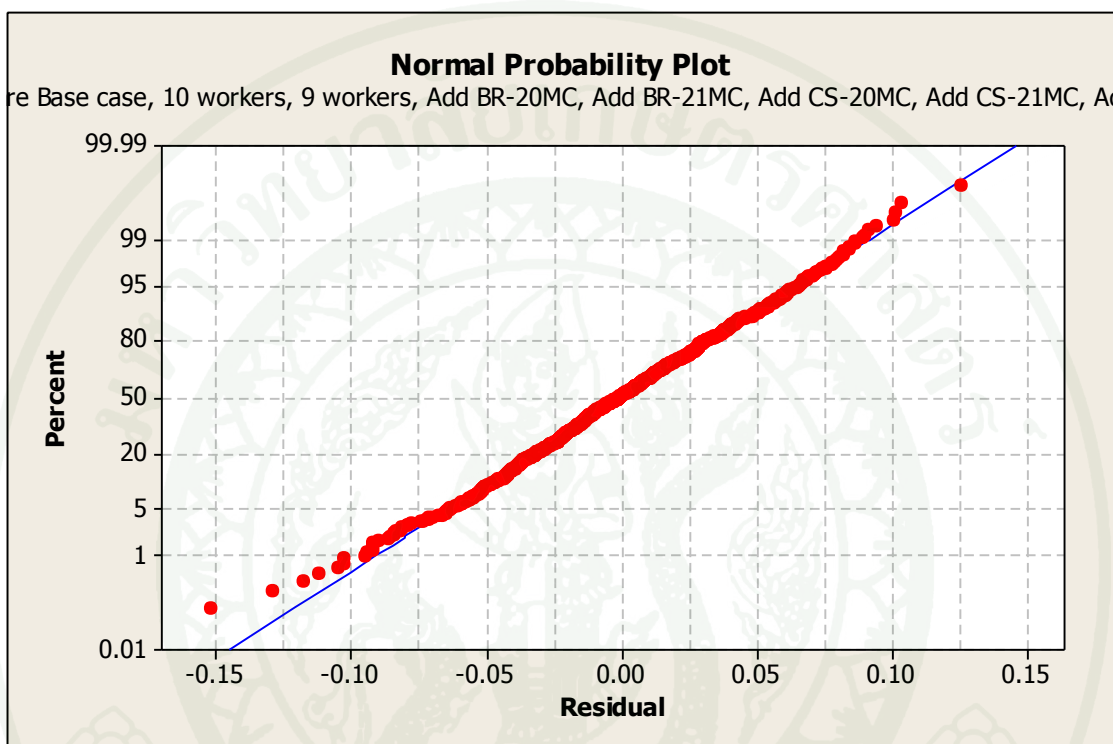
ผลการทดสอบพบว่าแต่ละแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะใช้เวลาในการทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\text{-value} < 0.001$ ) ดังภาพผนวกที่ ค12



ภาพผนวกที่ ค12 ผลการทดสอบ ANOVA

เพื่อให้แน่ใจว่าผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลา มีความน่าเชื่อถือ จึงมีการทดสอบข้อสมมติว่า ความคลาดเคลื่อน ( $\epsilon_{ij}$ ) มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกัน และค่าความแปรปรวนคงที่

การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อน ( $\epsilon_{ij}$ ) ว่ามีการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม Minitab 15.0 ในการสร้างกราฟ Normal Probability Plot พบว่ากราฟมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ภาพผนวกที่ ค13) จึงสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แต่ละแนวทางแก้ไขมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

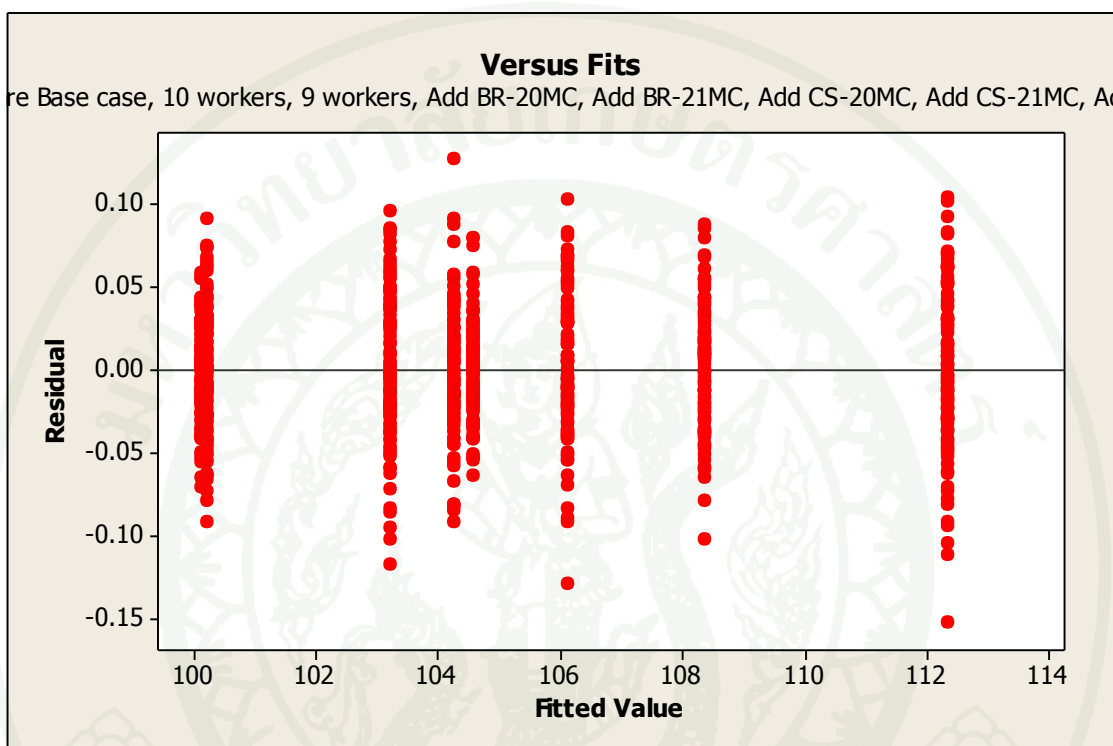


ภาพผนวกที่ ค13 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

การทดลองเป็นการดำเนินการสุ่ม (Randomization) อย่างเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน

จากการคำนวณค่า Standardized residuals พบมีค่าน้อยกว่า 3 แสดงว่าไม่มีข้อมูลผิดปกติ (Outliers)

การทดสอบว่าค่าความแปรปรวนมีค่าคงที่หรือไม่ โดยการสร้างกราฟระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับ Fitted value พบว่า กราฟไม่มีลักษณะการกระจายที่ผิดปกติ ไม่มีลักษณะการกระจายออกในตอนปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือไม่เป็นรูปโทโรโซง (ภาพผนวกที่ ค14) จึงสามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนมีค่าคงที่

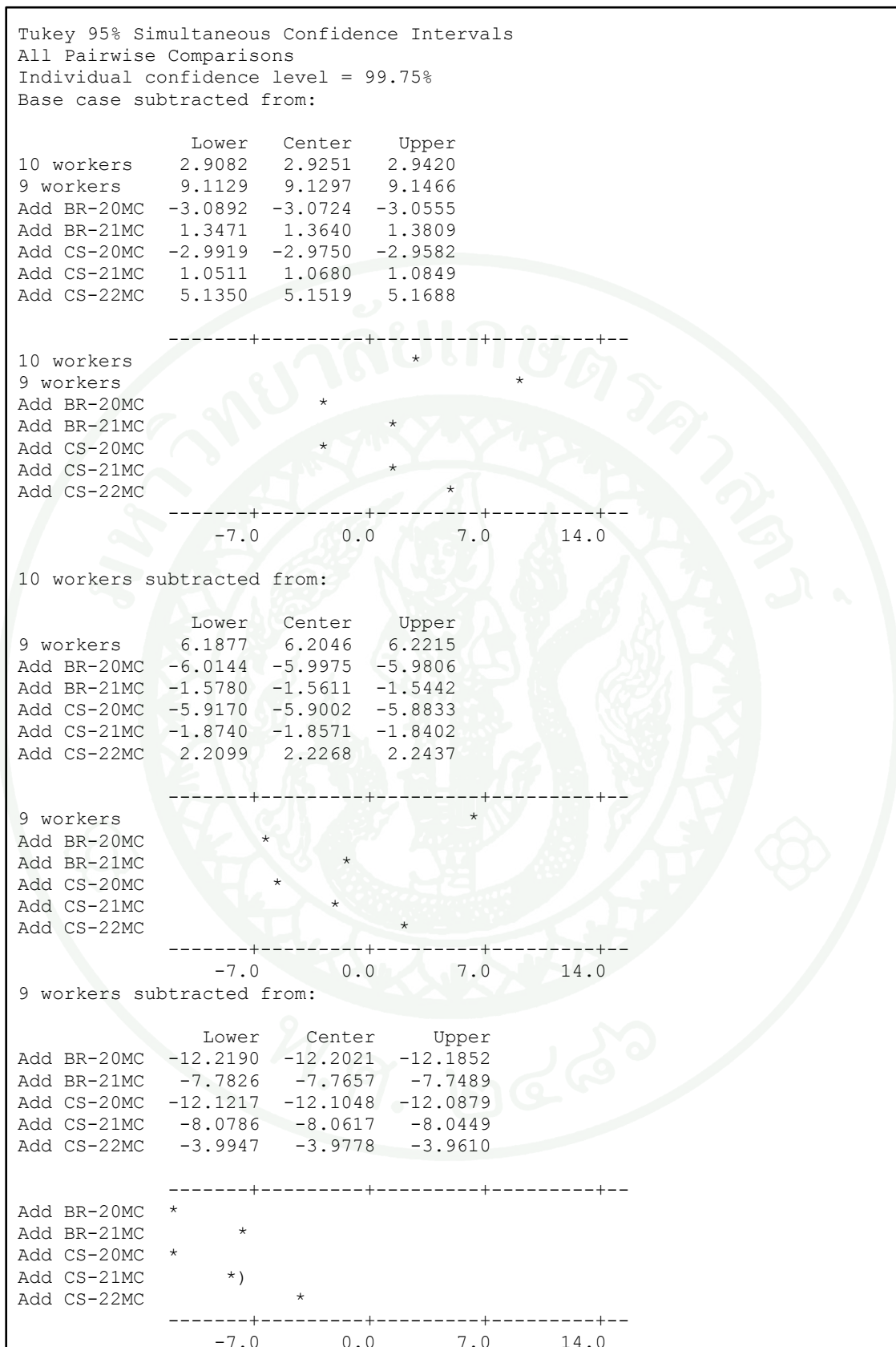


ภาพผนวกที่ ค14 ผลการทดสอบว่าความแปรปรวนมีค่าคงที่

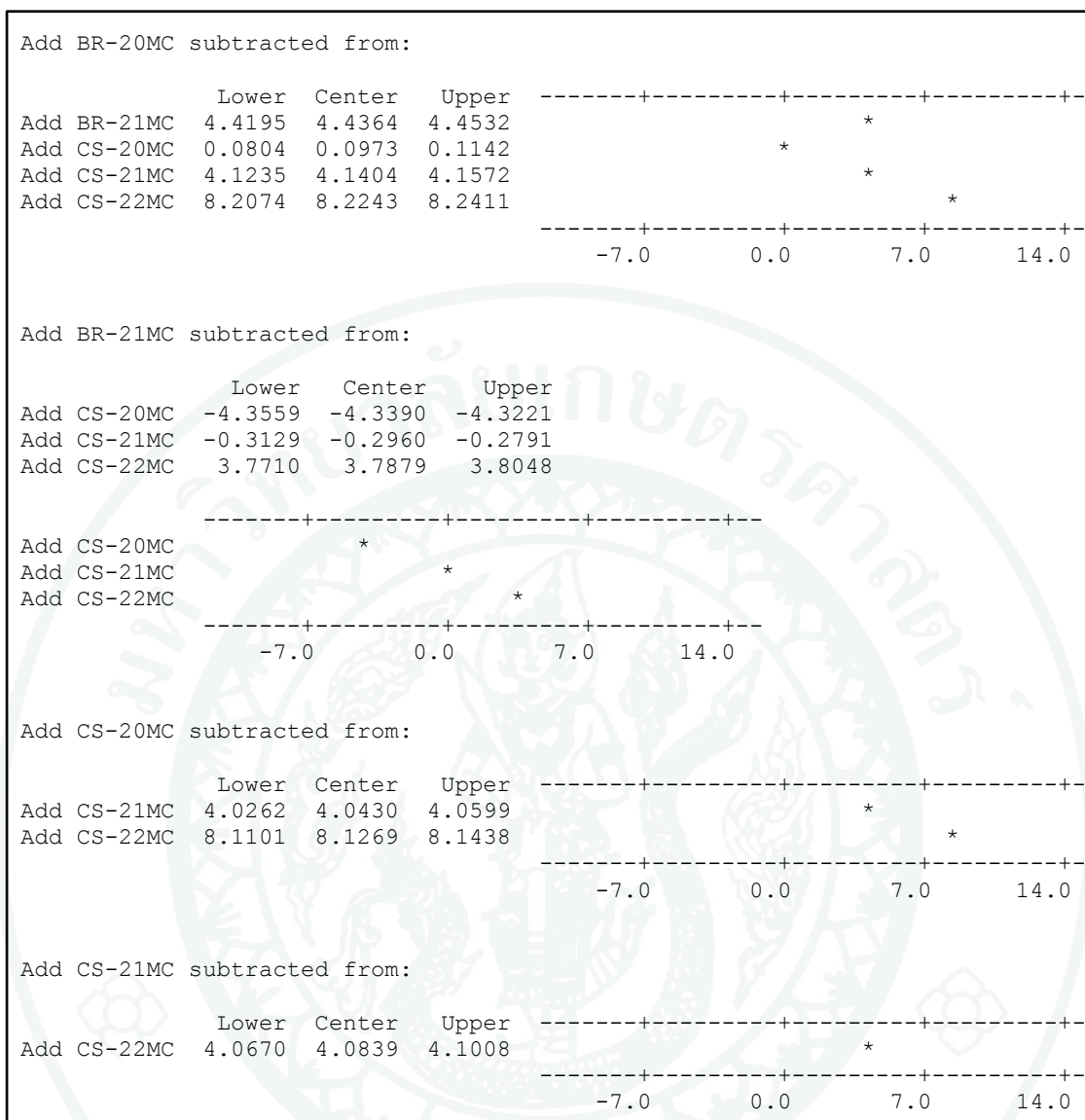
จากการทดสอบข้อสมมติที่ว่า ความคลาดเคลื่อน ( $\epsilon_{ij}$ ) มีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระต่อกัน และค่าความแปรปรวนคงที่ พบว่าความคลาดเคลื่อนมีลักษณะสอดคล้องกับข้อสมมติ อีกทั้งไม่มีค่าผิดปกติ (Outliers) จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลอง ANOVA ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสม ผลการทดสอบความแตกต่างของเวลาในการทำงานเมื่อมีการทำงานตามแนวทางแก้ไขที่เสนอแนะมีความน่าเชื่อถือ

สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาในการทำงานเมื่อทำตามแต่ละแนวทางการแก้ไขด้วยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า เวลาในการทำงานเมื่อปฏิบัติตามแต่ละแนวทางการแก้ไขมีความแตกต่างกัน (ช่วงความเชื่อมั่นไม่มีค่า 0 รวมอยู่) (ภาพผนวกที่ ค15)

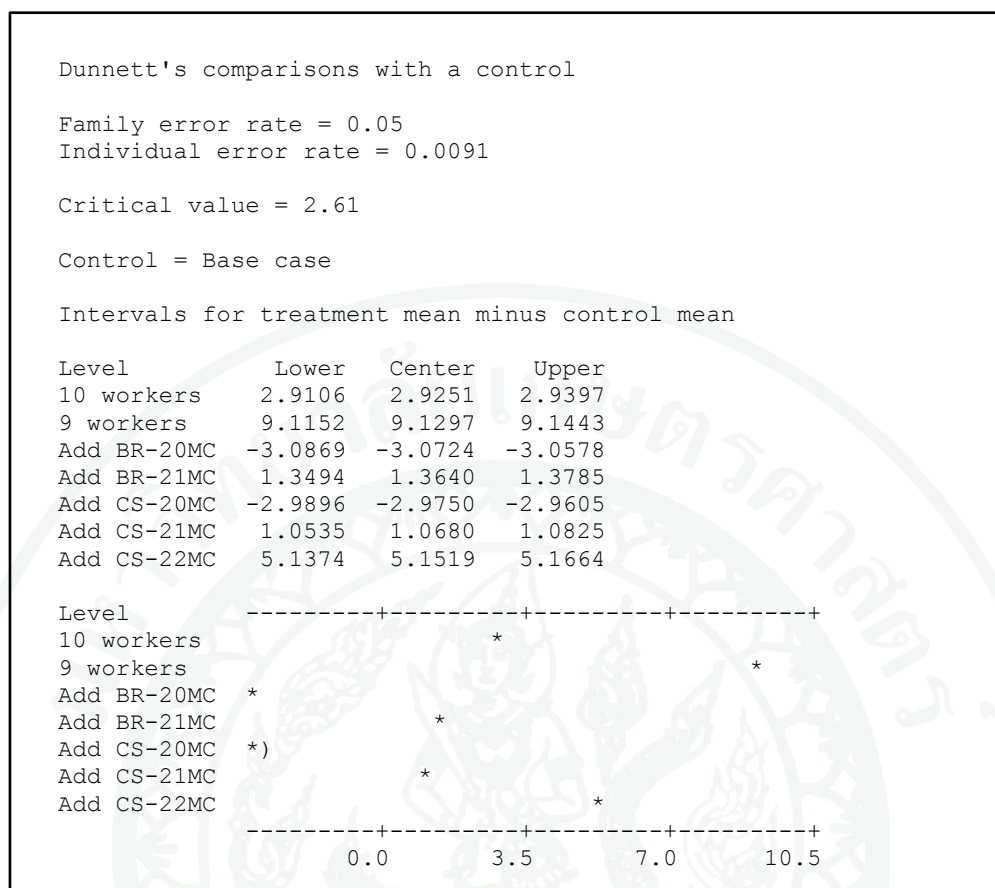
สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาในการทำงานตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอแนะเปรียบเทียบกับการทำงานในปัจจุบันด้วยวิธี Dunnett's Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า เวลาในการทำงานตามแต่ละแนวทางแก้ไขแตกต่างจากเวลาในการทำงานปัจจุบัน (ช่วงความเชื่อมั่นไม่มีค่า 0 รวมอยู่) (ภาพผนวกที่ ค16)



ภาพผนวกที่ ค15 ผลการทดสอบ Tukey's Test



ภาพผนวกที่ ค15 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ค16 ผลการทดสอบ Dunnett's Test

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวจตุพร รอดเรือง
เกิดวันที่	9 พฤศจิกายน 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีการอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประวัติการทำงาน	มิ.ย. 2550 ถึง มิ.ย. 2552 เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนา ผลิตภัณฑ์ บริษัท คันทรีเฟรชเดรี่ จำกัด มิ.ย. 2552 ถึง มิ.ย. 2553 เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนา ผลิตภัณฑ์ บริษัท เยนเนรอลสตาร์ช จำกัด
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัล	-
ทางวิชาการ	-
ผลงานทางวิชาการ	จตุพร รอดเรือง, ปรรณนา ปรรณนาดี และจิรัชย์ พุทธิกุล สมศิริ. 2553. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของฝ่ายโรงงาน 2 องค์การสวนยาง, ใน รายงานการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 12 “การจัดการความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน” วันที่ 21-26 พฤศจิกายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนวิจัยโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ภายใต้โครงการ เชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. - อุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี 2553 เลขที่ MRG- WI535S018