

การประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

An Application of Heuristics for the Scheduling of Tablets Packaging Process



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

Department of Industrial Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิริสติกส์ในการจัดตาราง
	กระบวนการบรรจุยาเม็ด
โดย	นายทศพร ประเสริฐพร
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จรัสวัฒน์ เงามะลิสาโรจน์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ ลีละวัฒน์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)	

ทศพร ประเสริฐพร : การประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด. (An Application of Heuristics for the Scheduling of Tablets Packaging Process) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์

การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดเป็นกระบวนการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่างๆ ของการบรรจุยาเม็ดได้ โดยการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มีประสิทธิภาพ นอกจากจะช่วยให้มีความสามารถในการผลิตแล้ว ยังสามารถช่วยลดต้นทุนเพิ่มเติมด้านต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่มีประสิทธิภาพของแผนการบรรจุได้ การจัดตารางดังกล่าวอาจจัดอยู่ในปัญหาประเภท NP แบบยาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาสร้างฮิวริสติกส์ขึ้น โดยอ้างอิงจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งในขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้ทำการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (แผนการบรรจุยาเม็ดเบื้องต้น) จากกฎการจ่ายงานอย่างง่าย กล่าวคือ กฎการจ่ายงานกำหนดส่งมอบที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date, EDD) และเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time, SPT) จากนั้นจึงทำการปรับปรุงผลเฉลยดังกล่าวอย่างเป็นลำดับขั้นด้วยการแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) การกลายพันธุ์ (Mutation) และการปรับปรุงเฉพาะถิ่น (Local Search) แบบต่างๆ จนกระทั่งถึงเงื่อนไขในการหยุดค้นหา ผลการวิจัยปรากฏว่า ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกสร้างขึ้น ให้ผลดีกว่าทั้งในแง่ของเวลาปิดงานและต้นทุนค่าล่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับกฎการจ่ายงานอย่างง่าย โดยสามารถปรับปรุงเวลาปิดงานของพื้นที่ Secondary Packaging และลดต้นทุนค่าล่วงเวลาในภาพรวมได้กว่าร้อยละ 18.23 และร้อยละ 31.90 ตามลำดับ นอกจากนี้ ในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มกำลังการผลิต พบว่า ผลเฉลยที่ได้สามารถตอบสนองต่อแผนงานการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นกว่าในปัจจุบัน รวมทั้งยังสามารถนำไปคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไปได้อีกด้วย

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6270099021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: SCHEDULING OF TABLETS PACKAGING PROCESS, HEURISTICS,
GENETIC ALGORITHM, EARLIEST DUE DATE DISPATCHING RULES,
SHORTEST PROCESSING TIME DISPATCHING RULES

Tossaporn Prasertporn : An Application of Heuristics for the Scheduling of
Tablets Packaging Process. Advisor: Asst. Prof. Pisit Jarumaneeroj, Ph.D.

The scheduling of tablets packaging process concerns the optimal allocation of resources so that the objectives of such scheduling are achieved. Efficient tablets packaging schedules not only help improve production capability but also help reduce additional costs incurred by potential scheduling inefficiencies. This type of scheduling may be regarded as an NP-hard problem. As such, a Genetic-Algorithm-based heuristic is herein devised, where initial solutions (initial packaging plan) are constructed based on simple dispatching rules: Earliest Due Date (EDD) and Shortest Processing Time (SPT). These solutions are then iteratively improved by Crossover, Mutation, and various local searches, until one of the stopping criteria has been met. The results show that the Genetic-Algorithm-based heuristic is better off in terms of both makespan and overtime cost, when compared with those of simple dispatching rules. In particular, the makespan of Secondary Packaging and total overtime cost could be effectively reduced by 18.23 and 31.90 percent, respectively. Moreover, in the additional study related to the increasing capacity of packaging process, we find that the resulting solutions better response to the changes in production plans, which could be further quantified in terms of economic worthiness.

Field of Study: Industrial Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2020

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศิษฐ์ จารุมนีโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง ที่ได้มอบความรู้ แนวความคิด และสละเวลาอันมีค่าในการให้คำชี้แนะเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้การวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในองค์การเภสัชกรรมและสังคมภาพรวม อีกทั้งยังคอยเอาใจใส่ และให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เภาประเสริฐวงศ์ ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ ธิละวัฒน์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ ตลอดจนข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่มีประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการพิจารณาทุนการศึกษาเพื่อการศึกษาต่อขององค์การเภสัชกรรมที่เกี่ยวข้องทุกท่าน เภสัชกรหญิงอัมพร มโนกุลจิต (หัวหน้าแผนกยาเม็ด 3) เภสัชกรโชคชัย บัณฑุชัย (ผู้อำนวยการกองเภสัชกรรม 4) เภสัชกรนพดล สัมมา (รองผู้อำนวยการฝ่ายผลิตยา) เภสัชกรหญิง อัญชลี ตรีรัตนกุลวงศ์ (ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตยา) เภสัชกรหญิง ดร.มุกดาวรรณ ประกอบไวยกิจ (รองผู้อำนวยการองค์การเภสัชกรรม) และคณะผู้บริหารองค์การเภสัชกรรมทุกท่าน ที่ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าในการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ของครอบครัวยาเม็ด 3 (Mass Production) ทุกท่านที่สนับสนุนข้าพเจ้า ทั้งในด้านของข้อมูล เวลา และกำลังใจในการศึกษา การดำเนินการวิจัย และการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กล่าวถึงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นประโยชน์แก่สังคมต่อไปได้เป็นอย่างดี

ทศพร ประเสริฐพร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 กระบวนการผลิตยาเม็ดรับประทาน.....	3
1.2.1 การผสมยาชนิดแห้ง (Dry Mixing)	3
1.2.2 การตอกอัดยาเม็ด (Tableting).....	5
1.2.3 การเคลือบยาเม็ด (Coating) (กรณียาเม็ดเคลือบ)	7
1.2.4 การบรรจุยาเม็ด (Packaging).....	7
1.3 กระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	8
1.3.1 รูปแบบการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	8
1.3.2 พื้นที่บรรจุยาเม็ดและเครื่องบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	9
1.3.3 ขั้นตอนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	12
1.4 ปัญหาที่พบและข้อจำกัดในกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา	14
1.5 วิธีการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาในปัจจุบัน	16
1.6 วัตถุประสงค์	16
1.7 ขอบเขตงานวิจัย	17

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	18
1.9 แนวทางการหาคำตอบ.....	18
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	19
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 แนวทางการดำเนินการวิจัยและการแก้ปัญหา.....	26
3.1 ลักษณะของปัญหา.....	26
3.2 ข้อมูลที่จำเป็นในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด.....	27
3.3 ข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา.....	29
3.4 แนวทางการดำเนินการวิจัย.....	30
3.4.1 หลักการ.....	30
3.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	31
บทที่ 4 วิธีการทางฮิวริสติกส์สำหรับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด.....	37
4.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด.....	37
4.1.1 ข้อมูลกำหนดการผลิตจากแผนกแผนงานการผลิต.....	38
4.1.2 ข้อมูลรายการยาเม็ดบรรจุ.....	38
4.1.3 ข้อมูลรายการเครื่องบรรจุยาเม็ด.....	39
4.1.4 ข้อมูลเวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยาเม็ด.....	39
4.1.5 ข้อมูลรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ด.....	43
4.1.6 ข้อมูลอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงานในการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา.....	45
4.2 การตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์.....	46
4.2.1 การสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics).....	47

4.2.2 การพัฒนาผลเฉลยในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วย ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm).....	48
4.3 การจัดการตารางการบรรจุยาเม็ด และการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา.....	51
บทที่ 5 ผลการดำเนินการวิจัย.....	53
5.1 การเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan)	54
5.2 การเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นของต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดการ การทำงาน (Overtime Cost).....	65
5.3 กรณีเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด	72
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินการวิจัย.....	86
6.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย.....	86
6.2 ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม.....	90
ประวัติผู้เขียน.....	94

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 จำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้ากว่าแผนงานบรรจุในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563.....	15
ตารางที่ 4-1 ความต้องการผลผลิตการบรรจุยาเม็ดภายใต้กรอบเวลากำหนดส่งมอบ คือ 30 วัน (255 ชั่วโมง)	38
ตารางที่ 4-2 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing.....	40
ตารางที่ 4-3 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time)	40
ตารางที่ 4-4 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing.....	41
ตารางที่ 4-5 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1) ของพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอก	41
ตารางที่ 4-6 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing.....	42
ตารางที่ 4-7 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2) ของพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอก	43
ตารางที่ 4-8 ข้อมูลอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงานและต้นทุนค่าล่วงเวลาต่อชั่วโมงในแต่ละรูปแบบการปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา.....	46

ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของผู้ปฏิบัติงานในปัจจุบันของเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2 และ ALU 3 ประจำเดือนมิถุนายน 2563.....	52
ตารางที่ 5-1 เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ของผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน.....	54
ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan).....	56
ตารางที่ 5-3 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลย	61
ตารางที่ 5-4 ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) ของผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน	66
ตารางที่ 5-5 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)	67
ตารางที่ 5-6 ตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister จากผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution).....	70
ตารางที่ 5-7 ตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister จากผลเฉลยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution)	71
ตารางที่ 5-8 ความต้องการผลผลิตของแผนกแผนงานการผลิต โดยแสดงความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่น้อยที่สุด (Minimum Demand) และความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand).....	73
ตารางที่ 5-9 ความเป็นไปได้ของชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging.....	74
ตารางที่ 5-10 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible).....	75
ตารางที่ 5-11 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) โดยข้อมูลที่ใช้พื้นหลังสีแดงแสดงถึงการมีเวลาปิดงานเกินกรอบเวลาที่กำหนด คือ 255 ชั่วโมงทำงาน	76

ตารางที่ 5-12 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible)..... 78

ตารางที่ 5-13 ความเป็นไปได้ของชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging..... 80

ตารางที่ 5-14 เปรียบเทียบเวลาปฏิบัติงานของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีศึกษา 5.3.2 81

ตารางที่ 5-15 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลยของกรณีศึกษา 5.3.2 83



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1-1 ตัวอย่าง Vibro sifter ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา	4
รูปที่ 1-2 การผสมด้วยวิธี Bin Blender โดยใช้ Intermediate Bulk Container (IBC) ของ โรงงานผลิตยากรณีศึกษา	4
รูปที่ 1-3 การถ่ายแกรนูล (Granule) ลงใส่ถังเก็บแกรนูล จาก Intermediate Bulk Container (IBC) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา	5
รูปที่ 1-4 ตัวอย่างสากและเบ้า (Punch and Die) ที่ใช้ในการผลิตยาเม็ดรับประทาน.....	6
รูปที่ 1-5 ตัวอย่างเครื่องตอกยาเม็ด (Tabletting Machine) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	6
รูปที่ 1-6 ตัวอย่างเครื่องเคลือบยาเม็ด (Coating Machine) ขนาด 350 kg ที่ใช้ในการเคลือบยาเม็ด ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา.....	7
รูปที่ 1-7 ตัวอย่างการบรรจุยาเม็ด Blister Pack แบบ PVC-Aluminium Blister Pack (ซ้าย), Aluminium-Aluminium Blister Pack (กลาง) และ Strip Pack (ขวา) ของโรงงานผลิตยา กรณีศึกษา.....	9
รูปที่ 1-8 ตัวอย่างเครื่องบรรจุยาเม็ด (Blister Packing Machine) ที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดชนิด PVC-Aluminium Blister Pack และ Aluminium-Aluminium Blister Pack ของโรงงานผลิตยา กรณีศึกษา.....	10
รูปที่ 1-9 ตัวอย่างเครื่องบรรจุยาเม็ด (Strip Packing Machine) ที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดชนิด Strip Pack ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา	10
รูปที่ 1-10 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีศึกษาที่พื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่ในบริเวณเดียวกัน	11
รูปที่ 1-11 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีศึกษาที่พื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่แยกจากกัน.....	11
รูปที่ 1-12 ตัวอย่างกล่องพิมพ์ของรายการยาที่บรรจุที่โรงงานผลิตยากรณีศึกษา	13
รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการแปลงปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดให้อยู่ในรูปของปัญหาเส้นทางการ เดินรถ (VRP).....	20

รูปที่ 2-2 รายละเอียดของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	23
รูปที่ 3-1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics)	34
รูปที่ 3-2 การแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) ของผลเฉลยรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack.....	36
รูปที่ 3-3 การกลายพันธุ์ของผลเฉลยรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack บนเครื่องจักร ALU 1	36
รูปที่ 4-1 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีในพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่ในบริเวณเดียวกัน	44
รูปที่ 4-2 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีในพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่แยกจากกัน	44
รูปที่ 4-3 การพัฒนาผลเฉลย ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm).....	49
รูปที่ 4-4 Pseudo Code ในกระบวนการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์.....	50
รูปที่ 5-1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Initial Solution).....	57
รูปที่ 5-2 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution).....	58
รูปที่ 5-3 ผลการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลย.....	62
รูปที่ 5-4 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution) หลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น ให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระ	63
รูปที่ 5-5 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution) หลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น ให้การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกของรายการยา P1 สามารถแบ่งบรรจุเป็นหลายๆ ช่วงเวลา.....	64

รูปที่ 5-6 แผนภาพแสดงร้อยละต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยเบื้องต้นและผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เปรียบเทียบกับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน	67
รูปที่ 5-7 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible) (หน่วย : ชั่วโมง)	77
รูปที่ 5-8 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible) (หน่วย : บาท)	79
รูปที่ 5-9 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีศึกษา 5.3.2 (หน่วย : ชั่วโมง)	82
รูปที่ 5-10 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลยของกรณีศึกษา 5.3.2 (หน่วย : ชั่วโมง)	84

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยารักษาโรค และเวชภัณฑ์ต่างๆ ในปัจจุบัน มีความหลากหลายทั้งในเรื่องของรูปลักษณะ ขั้วป่องใช้ รูปแบบการนำส่งยา และแหล่งที่มาของตัวยาสสำคัญ ซึ่งนับวันจะมีความซับซ้อนในเชิงการผลิตมากยิ่งขึ้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงสาธารณสุข จึงมีหน้าที่ที่สำคัญในการควบคุม กำกับ และดูแลการผลิตยาทั้งแผนปัจจุบันและแผนโบราณตามมาตรฐานของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนปัจจุบันและแก้ไขเพิ่มเติมหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนโบราณ ตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ. 2559 ตลอดจนมาตรฐานหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยา (Good Manufacturing Practice) ของ Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme (PIC/S)

ทั้งนี้หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยา (Good Manufacturing Practice) มีจุดประสงค์และเป้าหมายสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคต่อยาและเวชภัณฑ์ที่ถูกต้องผลิตออกมาจากโรงงานผลิตยาและเวชภัณฑ์ต่างๆ ว่าจะได้รับยาและเวชภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยในการใช้งาน จากการปนเปื้อนข้าม (Cross contamination) ระหว่างกระบวนการผลิตยา และลดโอกาสเกิดอาการไม่พึงประสงค์ (Adverse Drug Reaction หรือ ADR) หรือผลข้างเคียง (Side Effect) การจัดการการผลิตยาและเวชภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในธุรกิจ ลดต้นทุน เพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด ซึ่งจะส่งผลต่อผลประโยชน์ของโรงงาน หรือบริษัทที่สูงขึ้นตามไปด้วย

สำหรับโรงงานผลิตยากรณีศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเป็นโรงงานผลิตยาขนาดใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยโรงงานดังกล่าวทำหน้าที่ผลิตยามากกว่า 500 รายการ บนจำนวนสายการผลิตกว่า 30 สายการผลิต ภายใต้พันธกิจหลักในการผลิต ส่งเสริมให้มีการศึกษา การวิจัย การวิเคราะห์ การซื้อ

การขาย การแลกเปลี่ยน และการให้ซึ่งยาและเวชภัณฑ์ต่างๆ เพื่อให้กับประชาชนคนไทย นอกจากนั้นโรงงานผลิตยาดังกล่าวยังมีภารกิจหลักในการปรับปรุง พัฒนา ต่อยอดธุรกิจให้ทันสมัย มีศักยภาพในการแข่งขัน สำรองไว้มากพอ และรักษาระดับราคาและเวชภัณฑ์ที่จำเป็นต่อสังคมไทย เพื่อให้คนไทยสามารถเข้าถึงยาและเวชภัณฑ์ที่จำเป็นและเพื่อความมั่นคงของประเทศ

ในการผลิตยาและเวชภัณฑ์ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษานั้นรูปแบบเภสัชภัณฑ์ (Pharmaceutical Dosage Forms) หลักที่สำคัญ คือ เภสัชภัณฑ์ในรูปแบบยาเม็ดรับประทาน (Tablets) ซึ่งมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าเภสัชภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ เช่น รับประทานได้ง่าย พกพาได้สะดวก ตลอดจนสามารถกำหนดขนาดยา (Dose) ได้ค่อนข้างแน่นอน สามารถกำหนดวิธีการนำส่งและการออกฤทธิ์ของยา กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ บนเภสัชภัณฑ์ได้ และที่สำคัญที่สุด คือ สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมากๆ เนื่องจากกลไกการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตยาได้โดยที่คุณภาพของการผลิตยาไม่ได้ลดลง

การผลิตยาเม็ดรับประทานนั้นมีกระบวนการที่ซับซ้อนต่างๆ โดยสามารถแบ่งได้เป็นกระบวนการหลักๆ พอสังเขปดังนี้

- การผสมยา (Mixing)
- การตอกอัดยาเม็ด (Tableting)
- การเคลือบยาเม็ด (Coating) (กรณียาเม็ดเคลือบ)
- การบรรจุยาเม็ด (Packaging)

ทั้งนี้กระบวนการแต่ละกระบวนการก็ล้วนแล้วแต่มีข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ข้อจำกัดเรื่องการปรับตั้งและล้างเครื่องจักรในกระบวนการเคลือบยาเม็ด หรือข้อจำกัดด้านกำลังคนในกระบวนการบรรจุยาเม็ด ส่งผลทำให้ความสามารถในการผลิตยาแตกต่างกันออกไปตามรายการยา และประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตยาดังกล่าว ข้อจำกัดดังกล่าวยังส่งผลโดยตรงต่อการจัดตารางการผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Packaging) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาต่อรุ่นการผลิต (Lot หรือ Batch) สูงที่สุด ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการมุ่งเน้นใช้แรงงานมนุษย์ในการบรรจุ ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้เลือกที่จะศึกษากระบวนการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยาดังกล่าว

เพื่อปรับปรุง และพัฒนาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยวิธีการและเทคนิคต่างๆ ต่อไป

1.2 กระบวนการผลิตยาเม็ดรับประทาน

กระบวนการผลิตยาเม็ดรับประทานที่จะกล่าวถึงในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นกระบวนการผลิตยาเม็ดด้วยวิธีการตอกอัดโดยตรง (Direct Compression) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา ซึ่งมีกระบวนการผลิตหลัก 4 กระบวนการ ดังนี้

1. การผสมยาชนิดแห้ง (Dry Mixing)
2. การตอกอัดยาเม็ด (Tableting)
3. การเคลือบยาเม็ด (Coating) (กรณียาเม็ดเคลือบ)
4. การบรรจุยาเม็ด (Packaging)

1.2.1 การผสมยาชนิดแห้ง (Dry Mixing)

กระบวนการผสมยาชนิดแห้งจะเริ่มตั้งแต่การรับ และจัดเตรียมวัตถุดิบ ทั้งตัวยาสำคัญ (Active Pharmaceutical Ingredients) และสารช่วยต่างๆ ในตำรับยา (Excipients) โดยจะมีการจัดเตรียมตามแต่ละรุ่นการผลิตก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของวัตถุดิบ น้ำหนักของวัตถุดิบ และเอกสารการซึ่งวัตถุดิบของรายการยาที่จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการร่งแห้งและการผสมแห้งตามเอกสารบันทึกการผลิตยา (Batch Manufacturing Record)

การร่งแห้งและการผสมแห้งนั้น เป็นขั้นตอนสำคัญที่มีการนำวัตถุดิบทั้งตัวยาสำคัญ และสารช่วยต่างๆ ในตำรับยามาผ่าน Vibro sifter ด้วยแผ่นร่งขนาดต่างๆ แล้วนำมาผสมกันตามขั้นตอนที่ระบุในสูตรตำรับที่ได้ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยไม่มีการใช้น้ำบริสุทธิ์ (Purified Water) ในการผสม ด้วยวิธีการ Bin Blender ผ่าน Intermediate Bulk Container (IBC) เพื่อให้ได้แกรนูล (Granule) ของยาที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ก่อนที่จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการถ่ายแกรนูล



รูปที่ 1-1 ตัวอย่าง Vibro sifter ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา
 (ที่มา: <https://lh3.googleusercontent.com/proxy/9KEOWa-T1bmElywBww0UZa0wIxjqUXvQloodcWpTpYZsAPIGCnpJrTtqjm9zH1wkw5pA-haeZj5Hxy7eWozh5G86hqc3Hg>)



รูปที่ 1-2 การผสมด้วยวิธี Bin Blender โดยใช้ Intermediate Bulk Container (IBC)
 ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา
 (ที่มา: <https://www.chinacanaan.com/2017/0327/20170327030259940.jpg>)

การถ่ายแกรนูล (Granule) ลงใส่ถังเก็บแกรนูล เป็นขั้นตอนที่นำแกรนูลที่ผสมใน Intermediate Bulk Container (IBC) ถ่ายเก็บไว้ในถังแกรนูลเพื่อร่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการตอกอัดยาเม็ด (Tableting)



รูปที่ 1-3 การถ่ายแกรนูล (Granule) ลงใส่ถังเก็บแกรนูล

จาก Intermediate Bulk Container (IBC) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

(ที่มา: <https://www.chinacanaan.com/uploadfile>

/2017/0327/20170327031037128.jpg)

1.2.2 การตอกอัดยาเม็ด (Tableting)

กระบวนการตอกอัดยาเม็ดจะเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบสากและเบ้า (Punch and Die) ซึ่งเป็นขั้นตอนตรวจสอบชนิด ลักษณะเฉพาะ รวมทั้งความสมบูรณ์ของสากและเบ้าของรายการยาที่จะตอกอัดให้ตรงตามเอกสารบันทึกการผลิตยา



รูปที่ 1-4 ตัวอย่างสากและเบ้า (Punch and Die) ที่ใช้ในการผลิตยาเม็ดรับประทาน
(ที่มา: <https://www.acg-world.com/sites/default/files/s3/public/cache/images//60-resize-579x380-da5d5967a6-873d5f643e5db671.jpeg>)

ในการตอกอัดเม็ด แกรนูลในถึงแกรนูลที่ได้จากกระบวนการผสมยาชนิดแห้งเพื่อตอกอัดออกมาเป็นยาเม็ดรับประทาน โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ต่างๆเพื่อให้ได้คุณสมบัติตาม Specifications and Testing Standards for Finished Product จากนั้นจึงทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักเม็ดยาสำเร็จรูปที่ได้ ควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการตอกอัดยาเม็ด (In-Process Control) โดยการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพ (Sampling)



รูปที่ 1-5 ตัวอย่างเครื่องตอกยาเม็ด (Tableting Machine) ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา
(ที่มา: https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/60378-5119793.jpg)

1.2.3 การเคลือบยาเม็ด (Coating) (กรณียาเม็ดเคลือบ)

กระบวนการเคลือบยาเม็ด (กรณียาเม็ดเคลือบ) เริ่มจากการเตรียมน้ำยาเคลือบฟิล์ม (Film Coating Suspension) ซึ่งเป็นขั้นตอนเตรียมสารผสมระหว่างสารละลายเม็ดสี (Pigment Solution) และสารช่วยสร้างฟิล์ม (Film Former) โดยจะใช้เครื่อง Homogenizer ในการปั่นผสม ก่อนนำน้ำยาเคลือบฟิล์มไปเคลือบฟิล์มเม็ดยา โดยเราจะเคลือบสารต่างๆ ลงบนเม็ดยาด้วยการสเปรย์น้ำยาเคลือบฟิล์มลงบนผิวของเม็ดยาในหม้อเคลือบจนได้ค่า %Weight gain ที่กำหนด ควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการเคลือบยาเม็ด (In-Process Control) โดยการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพ (Sampling)



รูปที่ 1-6 ตัวอย่างเครื่องเคลือบยาเม็ด (Coating Machine) ขนาด 350 kg

ที่ใช้ในการเคลือบยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

(ที่มา: <http://www.xlunited.com/product/production-coater/>)

1.2.4 การบรรจุยาเม็ด (Packaging)

กระบวนการบรรจุยาเม็ด เริ่มจากการนำเม็ดยาจากกระบวนการผลิตยาก่อนหน้า มาบรรจุลงแผงยาตามทะเบียนตำรับยาที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการบรรจุยาเม็ด (In-Process Control) โดยการตรวจสอบการรั่วซึมของแผงยา (Leak Test) และการตรวจสอบลักษณะของเม็ดยาในแผง (Appearance) จากนั้นนำแผงยาที่ได้มาบรรจุลงในกล่องพิมพ์ และกล่องลูกฟูกตามลำดับ ควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพ

ด้วยการตรวจสอบจำนวนแผงยาตาม Specification for Packaging ของแต่ละรายการยา โดยการเก็บตัวอย่าง Finish product ในแต่ละรุ่นการผลิต

1.3 กระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการบรรจุยาเม็ดในโรงงานยาต่างๆ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การบรรจุยาเม็ดลงแผงยา และการบรรจุยาเม็ดลงขวดยา ซึ่งกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการบรรจุยาเม็ดลงแผงยา โดยมีข้อมูลที่สำคัญและขั้นตอนต่างๆ ดังที่จะกล่าวต่อไป

1.3.1 รูปแบบการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

โรงงานผลิตยากรณีศึกษามีรูปแบบการบรรจุยาเม็ดลงแผงยาที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ Blister Pack แบบ PVC-Aluminium Blister Pack, Blister Pack แบบ Aluminium-Aluminium Blister Pack และ Strip Pack แสดงในรูปที่ 1-7 โดยแต่ละรูปแบบการบรรจุก็มีความแตกต่างกัน ทั้งในมุมมองของข้อจำกัดด้านเครื่องบรรจุยาเม็ด กระบวนการบรรจุยาเม็ดในพื้นที่บรรจุยาเม็ดแต่ละพื้นที่ และจุดประสงค์ของการบรรจุยาเม็ดแต่ละแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้ รวมทั้งคุณสมบัติของตัวยาที่บรรจุอยู่ภายในด้วย เช่น ความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการป้องกันความชื้น ป้องกันแสง ป้องกันปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อยาที่บรรจุอยู่ภายใน นอกจากนี้การที่โรงงานผลิตยากรณีศึกษาเป็นโรงงานที่เน้นการผลิตยาสามัญ (Generic Drugs) คือ ยาที่ผลิตให้มีคุณสมบัติด้านเภสัชวิทยาเหมือนกับยาต้นแบบ (Original Drugs) เป็นหลัก ดังนั้นโรงงานผลิตยากรณีศึกษาจึงต้องมีรูปแบบการบรรจุยาที่คล้ายคลึงกับยาต้นแบบด้วย เพื่อให้การศึกษาความคงตัวของยา (Stability Study) เป็นไปแนวทางเดียวกันกับยาต้นแบบ



รูปที่ 1-7 ตัวอย่างการบรรจุยาเม็ด Blister Pack แบบ PVC-Aluminium Blister Pack (ซ้าย), Aluminium-Aluminium Blister Pack (กลาง) และ Strip Pack (ขวา) ของโรงงานผลิตยา ګรณีสึทกษำ

(ที่มา: <http://pharmbma.com/drug-list/l/117-losartan-tablet-50-mg>,
<http://pharmbma.com/drug-list/c/79-clarithromycin-500-mg> และ
<http://pharmbma.com/drug-list/s/71-simvastatin-10mg>)

1.3.2 พื้นที่บรรจุยาเม็ดและเครื่องบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยา ګรณีสึทกษำ

พื้นที่บรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยา ګรณีสึทกษำ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ พื้นที่ Primary Packaging สำหรับการบรรจุยาเม็ดลงแผงยา ซึ่งมีการควบคุมความสะอาด อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของห้องบรรจุยาเม็ดอย่างเคร่งครัด ตามมาตรฐานห้องสะอาด (Cleanroom) ในหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยาที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S และพื้นที่ Secondary Packaging สำหรับการบรรจุแผงยาลงกล่องพิมพ์ และกล่องลูกฟูก ซึ่งมีการควบคุมความสะอาด อุณหภูมิ และความชื้นตามวิธีการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S

เครื่องบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ มี 3 ประเภทตามรูปแบบการบรรจุยาเม็ดลงแผงยาที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ โดยเป็นเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing ประเภท PVC-Aluminium Blister Packing และประเภท Strip Packing แสดงในรูปที่ 1-8 และรูปที่ 1-9

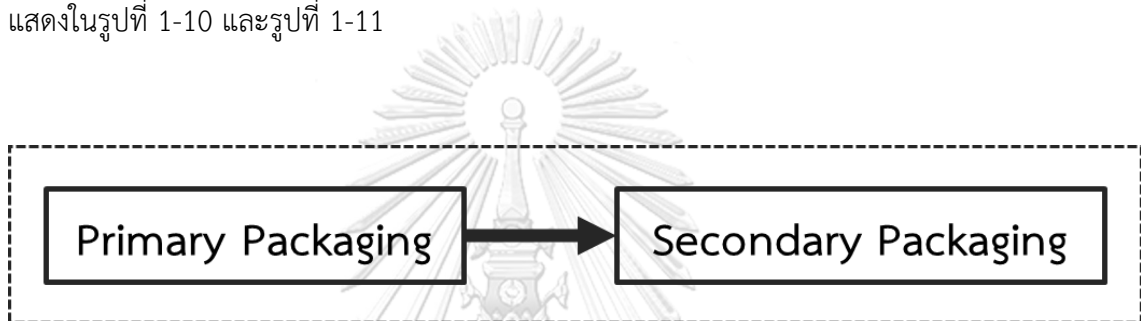


รูปที่ 1-8 ตัวอย่างเครื่องบรรจุยาเม็ด (Blister Packing Machine) ที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดชนิด PVC-Aluminium Blister Pack และ Aluminium-Aluminium Blister Pack ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

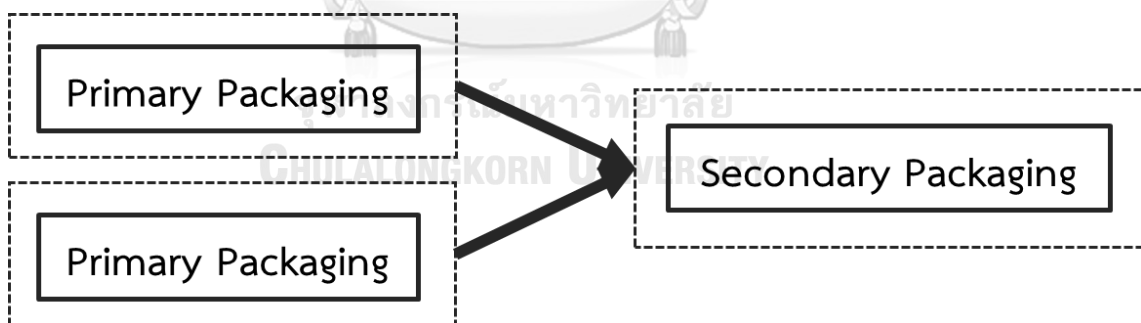


รูปที่ 1-9 ตัวอย่างเครื่องบรรจุยาเม็ด (Strip Packing Machine) ที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดชนิด Strip Pack ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

เครื่องบรรจุยาเม็ดทุกเครื่องในแต่ละรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดนั้นจะทำงานอยู่ในพื้นที่ Primary Packaging โดยแผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกส่งออกมาตามสายพานลำเลียงเพื่อนำไปบรรจุลงกล่องพิมพ์ และกล่องลูกฟูกในพื้นที่ Secondary Packaging ต่อไป ทั้งนี้ พื้นที่ Secondary Packaging อาจอยู่ในบริเวณเดียวกันกับพื้นที่ Primary Packaging หรือไม่ก็ได้ ในกรณีที่พื้นที่ทั้ง 2 อยู่ในบริเวณเดียวกัน การบรรจุยาเม็ดลงแผงยาและการบรรจุแผงยาลงกล่องจะสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กันได้ แต่ในกรณีที่ทั้งสองพื้นที่อยู่แยกจากกัน แผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกนำไปยังพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอกเพื่อดำเนินการบรรจุลงกล่องเดี่ยว และกล่องลูกฟูกต่อไป แสดงในรูปที่ 1-10 และรูปที่ 1-11



รูปที่ 1-10 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีที่พื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่ในบริเวณเดียวกัน



รูปที่ 1-11 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีที่พื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่แยกจากกัน

1.3.3 ขั้นตอนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

การบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา มีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การบรรจุยาเม็ดลงแผงยา เริ่มจากการตรวจสอบความพร้อมและความสะอาดในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ตรวจสอบชื่อยา ความแรง Lot no. วันผลิต วันสิ้นอายุ ลักษณะของเม็ดยา และสีของเม็ดยา (Appearance) และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องตามเอกสารบันทึกการบรรจุ (Batch Packaging Record) จากนั้นปรับตั้ง Lot no. วันผลิต วันสิ้นอายุ และตรวจสอบความถูกต้องของลักษณะแผงยาตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในแต่ละรายการยาที่บรรจุ

กรณีการบรรจุยาเม็ดรูปแบบ Blister Pack ทั้งแบบ PVC-Aluminium Blister Pack และ Aluminium-Aluminium Blister Pack จะมีการตรวจสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ตรวจสอบจำนวนเม็ดยาในแผงซึ่งอาจเป็นกล่องตรวจสอบเม็ดยาหรือชุดเข็มสปริงเช็คจำนวนเม็ดยาเพื่อตรวจสอบจำนวนเม็ดยาและความผิดปกติของเม็ดยา เช่น ในแผงยามีจำนวนเม็ดยาไม่ครบ เม็ดยาแตกหัก เป็นต้น และตรวจสอบลักษณะแผงยาที่ได้หลังจากขั้นตอนการตัดแผงยา (Cutting) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดตามรูปแบบที่กำหนดของแต่ละรายการยาที่บรรจุและข้อกำหนดในเอกสารบันทึกการบรรจุ

กรณีการบรรจุยาเม็ดรูปแบบ Strip Pack จะมีการตรวจสอบการทำงานของชุดพิมพ์ Lot.no., วันผลิต และวันสิ้นอายุ และตรวจสอบลักษณะแผงยาที่ได้หลังจากขั้นตอนการตัดแผงยา (Cutting) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดตามรูปแบบที่กำหนดของแต่ละรายการยาที่บรรจุและข้อกำหนดในเอกสารบันทึกการบรรจุ

หลังจากการตรวจสอบสิ่งต่างๆ แล้วก็จะนำเม็ดยาที่ได้จากกระบวนการผลิตยาก่อนหน้า คือ การตอกอัดยาเม็ด (กรณียาเม็ดชนิดไม่เคลือบฟิล์ม) หรือการเคลือบยาเม็ด (กรณียาเม็ดเคลือบฟิล์ม) มาบรรจุลงแผงยาชนิด Blister Pack หรือ Strip Pack ตามทะเบียนตำรับยาที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

นอกจากนี้การบรรจุยาเม็ดชนิด Blister Pack และการบรรจุยาเม็ดชนิด Strip Pack จะต้องตรวจสอบการรั่วซึมของแผงยา (Leak Test) ทุก 1-2 ชั่วโมง และตรวจสอบลักษณะของเม็ดยาในแผง (Appearance) ทุก 30 นาทีตลอดเวลาที่มีการบรรจุยาเม็ดลงแผงยาแล้วบันทึกลงในเอกสารบันทึกการบรรจุ

ขั้นตอนที่ 2 การบรรจุแผงยาลงกล่องพิมพ์ เป็นขั้นตอนบรรจุแผงยาลงกล่องพิมพ์ และตรวจสอบจำนวนแผงยาด้วยเครื่องชั่งละเอียด โดยตรวจสอบกับ Specification for Packaging ของแต่ละรายการยาที่บรรจุให้ถูกต้องตรงกัน ซึ่งจะมีการเก็บตัวอย่าง Finish product ในแต่ละรุ่นการผลิตตามวิธีปฏิบัติงานในการเก็บตัวอย่างยา Finish product check และ Stability test



รูปที่ 1-12 ตัวอย่างกล่องพิมพ์ของรายการยาที่บรรจุที่โรงงานผลิตยากรณีศึกษา
(ที่มา: https://www.atlantamedicare.co.th/wp-content/uploads/2016/07/Losartan_8144-1-300x300.jpg)

ขั้นตอนที่ 3 การบรรจุกล่องพิมพ์ลงกล่องลูกฟูก เป็นขั้นตอนบรรจุกล่องพิมพ์ลงในกล่องลูกฟูกที่ได้เตรียมไว้ ตรวจสอบจำนวนกล่องพิมพ์ในกล่องลูกฟูก ระบุ Lot No. ของรายการยาที่บรรจุ พร้อมลงชื่อผู้ปฏิบัติในบัตรควบคุมการบรรจุ ปิดฝากล่องลูกฟูกด้วย OPP tape และปิดฉลาก Sticker ที่ระบุข้อมูลรายการยา, ความแรง, Lot No., วันผลิต และวันสิ้นอายุยาที่ข้างกล่องลูกฟูกทั้ง 2 ด้านให้ถูกต้องและครบถ้วนตามวิธีการบรรจุใน Specification for Packaging ของแต่ละรายการยาที่บรรจุ

ขั้นตอนที่ 4 การนำกล่องลูกฟูกลงบนฐานยา เป็นขั้นตอนนำกล่องลูกฟูกที่บรรจุยาและปิดฉลาก Sticker ข้างกล่องเรียบร้อยแล้วไปชั่งน้ำหนักกล่องลูกฟูกพร้อมพิมพ์ฉลาก Sticker ที่ระบุข้อมูลรายการยา ความแรง Lot No. วันผลิต วันสิ้นอายุยา ลำดับกล่องลูกฟูก และน้ำหนักของกล่องลูกฟูกติดไว้บนฝากล่อง หากค่าน้ำหนักที่ได้ไม่ตรงตามช่วงเกณฑ์น้ำหนักที่กำหนด ให้ทำการตรวจนับจำนวนกล่องพิมพ์ในกล่องลูกฟูกอีกครั้งและ/หรือตรวจนับจำนวนแผงยาในทุกๆกล่องพิมพ์ในกล่องลูกฟูกนั้นๆ แก้ไขให้เรียบร้อย และนำไปชั่งน้ำหนักใหม่ จากนั้นให้จัดวางบนฐานยา (Pallet) ที่สะอาด โดยการวางสับหว่างกันในแต่ละชั้นตามรูปแบบที่กำหนด และวางกล่องเศษ (กล่องลูกฟูกที่ไม่สามารถ

บรรจุกล่องพิมพ์ได้ครบถ้วนตามจำนวนที่ระบุใน Specification for Packaging เนื่องจากบรรจุยาครบตามจำนวนที่บรรจุได้จริงใน Batch นั้นๆแล้ว) ไว้ชั้นบนสุด โดยสำหรับกล่องเศษ ให้แก้ไขจำนวนที่บรรจุได้จริงบนฉลาก Sticker ข้างกล่องลูกฟูก พับฝากล่องลูกฟูกลง ติดฉลาก Sticker ที่ระบุข้อมูลรายการยา ลำดับกล่องลูกฟูกและน้ำหนักของกล่องลูกฟูกติดไว้บนฝากล่องลูกฟูก และระบุจำนวนกล่องพิมพ์ในกล่องเศษไว้บนฝากล่องลูกฟูกด้วย จากนั้นตรวจนับจำนวนกล่องลูกฟูกที่บรรจุได้และบันทึกลงในเอกสารบันทึกการบรรจุ ใช้เทปยึด (Shrink Wrap) พันรอบฐานยา และติดใบแสดงสถานะรอวิเคราะห์-ห้ามจำหน่าย (Quarantined)

1.4 ปัญหาที่พบและข้อจำกัดในกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา

จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นในกระบวนการผลิตยาเม็ดรับประทานของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาพบว่า ในกระบวนการบรรจุยาเม็ด แม้ว่าจะมีเพียง 4 ขั้นตอน แต่ก็ถือเป็นหนึ่งในกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาต่อรุ่นการผลิต และมีเวลาปิดงาน (Makespan) สูงที่สุด ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการมุ่งเน้นใช้แรงงานมนุษย์ในการบรรจุยาเม็ดตั้งที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีรายละเอียดวิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการบรรจุยาเม็ดเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ กระบวนการดังกล่าวยังมีต้นทุนค่าล่วงเวลา (Overtime Cost) ต่อเดือนที่ค่อนข้างสูง (ประมาณ 500,000-600,000 บาทต่อเดือน) ประกอบกับมีจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้ากว่าแผนงานบรรจุยาเม็ด (Number of Tardy Jobs) ค่อนข้างมาก ส่งผลโดยตรงให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยาเม็ดนั้นยาวนานกว่ากระบวนการอื่นๆ แสดงในตารางที่ 1-1

รายการยา	ความต้องการ ต่อเดือน (Batch)	จำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า (Batch)					
		ปีงบประมาณ 2563 : ไตรมาสที่ 3 และ 4					
		เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
A1	10	-	2	-	1	1	1
A2	3	1	-	-	-	1	1
A3	6	2	-	6	-	-	-
P1	1	-	-	-	-	0.5	-
P2	5	1	1	1	-	-	2
P3	3	3	-	6	4	-	3
P4	2	-	-	2	-	-	-
P5	1	-	-	-	-	-	-
P6	1	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 1-1 จำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้ากว่าแผนงานบรรจุในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563

จากตารางที่ 1-1 เป็นการแสดงจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้ากว่าแผนงานบรรจุในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563 ในรายการยาจำนวน 9 รายการของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา คือ A1, A2, A3 สำหรับรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack และ P1, P2, P3, P4, P5, P6 สำหรับรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Pack ภายใต้สมมติฐานในการบรรจุยาเม็ดตามแผนงานที่ว่าวัตถุดิบยาบรรจุพร้อมสำหรับการบรรจุ ปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลังมีเพียงพอต่อการบรรจุ เครื่องบรรจุยาเม็ดรวมทั้งพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกพร้อมใช้งานตลอดเวลา และกำหนดส่งมอบซึ่งมักจะเป็นวันทำการสุดท้ายของเดือนนั้นๆ เท่านั้น โดยไม่รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน (Human Error) ในพื้นที่บรรจุยาเม็ด

1.5 วิธีการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาในปัจจุบัน

เนื่องจากกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาทั้ง 3 รูปแบบนั้นมีเวลามาตรฐานในการบรรจุยาเม็ดต่อรุ่นการผลิตและเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะดวกต่าง ๆ ที่ค่อนข้างยาวนาน และแตกต่างกันในแต่ละรายการยา ประกอบกับการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบันยังไม่มีแบบแผนที่ชัดเจนตายตัว โดยอาศัยประสบการณ์ของเภสัชกรประจำแผนกแต่ละคน ซึ่งมีแนวความคิด ทักษะ และรูปแบบการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดที่แตกต่างกันร่วมกับการพิจารณาความต้องการของแผนกแผนงานการผลิตผ่านทาง การออกคำสั่งผลิต (Process Order) วัตถุประสงค์การบรรจุ ปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลัง ความพร้อมของเครื่องบรรจุยาเม็ด กำหนดส่งมอบซึ่งมักจะเป็นวันทำการสุดท้ายของเดือนนั้นๆ และจำนวนผู้ปฏิบัติงานที่มาปฏิบัติงานในแต่ละวันทำการด้วย จึงส่งผลให้การจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยจากข้อมูลการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษามักพบปัญหาที่เกิดจากการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดที่ไม่มีประสิทธิภาพในหลายๆ ด้าน เช่น ไม่สามารถบรรจุยาได้เสร็จสิ้นทันวันกำหนดส่งมอบทำให้เกิดการตัดยาค้างจ่ายซึ่งส่งผลถึงความเชื่อมั่นของลูกค้าต่อองค์กรและทำให้เวลาปิดงานของเครื่องบรรจุยาเม็ดยาวนานขึ้น การใช้งานเครื่องบรรจุยาเม็ดบางเครื่องยังไม่เต็มประสิทธิภาพ เกิดสถานะว่างของเครื่องบรรจุยาเม็ดในขณะที่อีกเครื่องบรรจุยาเม็ดหนึ่งกลับทำงานไม่ทันตามแผนการบรรจุยาเม็ด ซึ่งหากสามารถพัฒนาวิธีการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานที่เภสัชกรประจำแผนกสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนงานได้ก็จะช่วยให้การบรรจุยาเม็ดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดเวลาปิดงาน และเพิ่มความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อองค์กรได้อีกทางหนึ่ง

1.6 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และปรับปรุงการจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยมุ่งหวังให้เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ลดต่ำลง อันจะส่งผลให้กระบวนการบรรจุยาเม็ดเป็นไปตามแผนการโดยมีจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า (Number of Tardy Jobs) ช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลา และต้นทุนค่าล่วงเวลา (Overtime Cost) น้อยลง

1.7 ขอบเขตงานวิจัย

1. การจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยนี้เป็นการวางแผนภายใต้กรอบเวลาที่มากที่สุด คือ 1 เดือน ซึ่งได้จากผลรวมของเวลาปฏิบัติงานในวันทำการปกติ วันล่วงเวลาในวันทำการปกติ วันล่วงเวลาในวันหยุดราชการ และวันล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ เป็นจำนวนรวมทั้งสิ้น 30 วันต่อเดือนหรือเท่ากับ 255 ชั่วโมง

2. พัฒนาและปรับปรุงการจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด 2 รูปแบบบนเครื่องบรรจุยาเม็ดที่แตกต่างกันจำนวน 6 เครื่อง และพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอก โดยเป็นการบรรจุยาเม็ดรูปแบบ Aluminium-Aluminium Blister Pack จำนวน 3 เครื่อง รูปแบบ PVC-Aluminium Blister Pack จำนวน 3 เครื่อง และพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอกเนื่องจากรูปแบบ Strip Pack ซึ่งโรงงานผลิตยากรณีศึกษาใช้เครื่องบรรจุยาเม็ดประเภทนี้จำนวน 2 เครื่องนั้น ผู้วิจัยพบว่า เครื่องบรรจุยาเม็ดสำหรับรายการยาประเภท Strip Pack จำนวน 2 เครื่องนี้ถูกใช้ในการบรรจุยาเม็ดรายการเฉพาะเพียงหนึ่งรายการตลอดเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำตารางการบรรจุยาเม็ดบนเครื่องบรรจุดังกล่าวออกจากงานวิจัยฉบับนี้

3. การจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้ ตั้งอยู่บนสมมติฐานความต้องการของแผนกแผนงานการผลิตผ่านทางกรอกคำสั่งผลิต วัตถุประสงค์ยารอบบรรจุพร้อมสำหรับการบรรจุปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลังมีเพียงพอต่อการบรรจุ เครื่องบรรจุยาเม็ดรวมทั้งพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอกพร้อมใช้งานตลอดเวลา และกำหนดส่งมอบซึ่งมักจะเป็นวันทำการสุดท้ายของเดือนนั้นๆ เท่านั้น โดยไม่รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมกรรมการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานและความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน (Human Error) ในพื้นที่บรรจุยาเม็ด

4. การคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานในกรอบเวลา 30 วัน (255 ชั่วโมง) จะทำควบคู่ไปกับการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถหาแนวทางในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่ทำให้เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ดลดต่ำลง จำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้าลดน้อยลง ลดช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลา และลดต้นทุนค่าล่วงเวลาให้ได้มากที่สุด

1.9 แนวทางการหาคำตอบ

สำหรับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้จะอ้างอิงอยู่บนรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing Problem หรือ VRP) ซึ่งเป็นส่วนผสมของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems หรือ TSP) และปัญหาการบรรจุถัง (Bin Packing Problems หรือ BPP) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (ตารางการบรรจุยาเม็ดเบื้องต้น) จากกฎการจ่ายงานอย่างง่าย 2 แบบ คือ กฎการจ่ายงานตามกำหนดเวลาส่งมอบยาเม็ดบรรจุที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) และกฎการจ่ายงานตามเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) จากนั้นทำการพัฒนาสร้างฮิวริสติกส์ (Heuristics) โดยมุ่งหวังให้เกิดการหลีกเลี่ยงจากผลเฉลยเฉพาะถิ่น (Local Solution) ไปยังผลเฉลยที่ดีที่สุด (Global Solution)

บทที่ 2

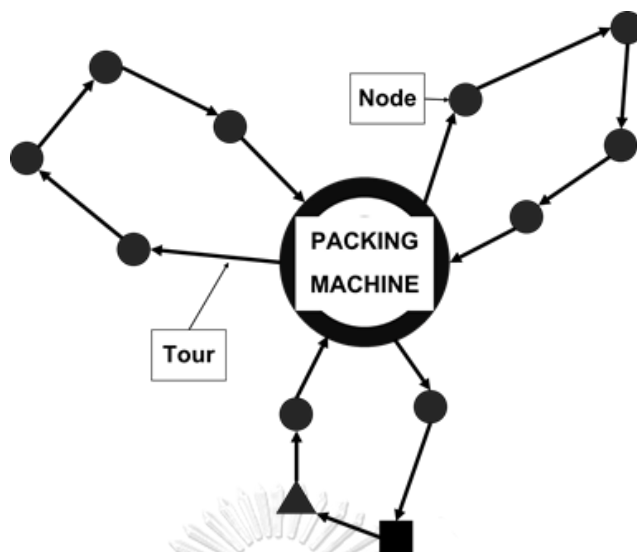
การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางการผลิต เป็นกระบวนการจัดสรรทรัพยากรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น อาคารสถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ ระบบสนับสนุน ผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการผลิตต่างๆที่กำหนดขึ้น เช่น การลดจำนวนงานล่าช้าในการส่งมอบ หรือการลดต้นทุนเพิ่มเติมต่างๆที่อาจเกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เช่น ต้นทุนค่าล่วงเวลาของผู้ปฏิบัติงานในการเร่งรีบผลิตให้ทันเวลาส่งมอบ [1-2]

สำหรับการจัดตารางการผลิตโดยทั่วไป เราสามารถดำเนินการได้โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่สะท้อนคุณลักษณะของกระบวนการผลิตที่สนใจ จากนั้นจึงประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Techniques) เพื่อหาตารางการผลิตที่ตอบสนองต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งในมุมของการลดต้นทุน หรือการเพิ่มอรรถประโยชน์ของเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในกระบวนการที่พิจารณา

ทั้งนี้ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดตารางการผลิตส่วนใหญ่ (รวมถึงปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้) มักสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของปัญหาเส้นทางการเดินทาง (Vehicle Routing Problems หรือ VRP) ซึ่งเป็นส่วนผสมของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems หรือ TSP) และปัญหาการบรรจุถัง (Bin Packing Problems หรือ BPP) ได้ โดยรายการผลิต (รายการยาเม็ดบรรจุ) ต่างๆ เปรียบได้กับตำแหน่งที่อยู่ของลูกค้า (Node) ในขณะที่ลำดับของการผลิต (ลำดับการบรรจุยาเม็ด) เปรียบได้กับเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย (Tour หรือ Cycle) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2-1 [3]



รูปที่ 0-1 ตัวอย่างการแปลงปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดให้อยู่ในรูปของปัญหาเส้นทางการเดินทาง (VRP)

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems หรือ TSP) มีหลักการในการแก้ไขปัญหาคือ การหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุดของพนักงานขายในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า (Node) โดยเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นไปในเมืองต่างๆ และเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้นอีกครั้งเพื่อเป็นการสิ้นสุดเส้นทางการเดินทาง (Tour หรือ Cycle) ซึ่งระยะทางของพนักงานขายอาจอยู่ในรูปแบบของระยะทางจริงๆ หรือรูปแบบอื่นๆ ได้ เช่น เวลา ต้นทุน หรือราคาขาย [4-5] ส่วนปัญหาการบรรจุถัง (Bin Packing Problems หรือ BPP) มีหลักการในการแก้ไขปัญหาคือ การหาจำนวนรวม ขนาดรวมหรือต้นทุนรวมของถังบรรจุที่น้อยที่สุดที่จะสามารถบรรจุสิ่งของได้ทั้งหมด ซึ่งจำนวนถังบรรจุ ขนาดรวมหรือต้นทุนรวมอาจหมายถึง เวลาที่ใช้ในการผลิต หรือต้นทุนค่าล่วงเวลาในกระบวนการผลิต [6-7]

เนื่องจากปัญหาเส้นทางการเดินทางเป็นหนึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน อันเกิดขึ้นจากความเป็นไปได้ของการจัดเส้นทางและข้อจำกัดที่หลากหลาย ส่งผลทำให้ปัญหาดังกล่าวถูกจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard) กล่าวคือ เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น จะส่งผลทำให้เวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาคือ (Computational Time) มีค่าสูงขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Growth) [1] การหาผลเฉลย (Solution) ด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจึง

เป็นไปอย่างจำกัด ยิ่งไปกว่านั้นหากเป็นปัญหาเส้นทางการเดินรถภายใต้กรอบเวลา (Vehicle Routing Problems with Time Windows หรือ VRPTW) การแก้ปัญหาดังกล่าวจึงอาจต้องใช้วิธีการอื่น เช่น วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics Method) ร่วมกับการประยุกต์ใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) [8-9]

วิธีการหาผลเฉลยอย่างเป็นระบบ หรือวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics Method) จึงมักถูกนำมาใช้เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลเฉลยที่ดี ภายใต้ข้อจำกัดของเวลา ถึงแม้ว่าคำตอบที่ได้จากวิธีการทางฮิวริสติกส์จะไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมที่สุดก็ตาม [10]

วิธีการทางฮิวริสติกส์แบบ 2 ขั้น (2-Phase Heuristics) ถือเป็นหนึ่งในวิธีการทางฮิวริสติกส์ที่เป็นที่นิยมในการแก้ไขปัญหการจัดตารางการผลิตรูปแบบต่างๆ ในวรรณกรรม [3,11] เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายต่อความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย โดยวิธีการทางฮิวริสติกส์แบบ 2 ขั้น จะแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ [12-13] ดังนี้

1. การสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) คือ การหาผลเฉลยหรือคำตอบที่เป็นไปได้เบื้องต้น
2. การปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลย (Improvement Solution) คือ การปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลยเบื้องต้นเพื่อให้ได้ผลเฉลยที่ดีที่สุดด้วยวิธีการต่างๆ

ในการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) นั้น ผลเฉลยเบื้องต้นจะถูกสร้างขึ้นจากกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) อย่างง่ายแบบต่างๆ ซึ่งมีหลากหลายกฎ [14] เช่น กฎการจ่ายงานมาถึงก่อนทำก่อน (First Come First Serve หรือ FCFS) โดยเป็นกฎที่กำหนดให้ทำงานที่เข้ามาสู่ระบบก่อน งานที่เข้ามาทีหลังก็ทำทีหลัง เรียงตามลำดับ กฎการจ่ายงานกำหนดเวลาส่งมอบที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) ซึ่งจะเป็นกฎที่กำหนดให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบก่อน ในขณะที่งานที่มีกำหนดส่งมอบช้ากว่าก็ทำทีหลัง หรือกฎการจ่ายงานเวลาการผลิตที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) ที่กำหนดให้ทำงานที่มีระยะเวลาของกระบวนการผลิตที่สั้นที่สุดก่อน หากกระบวนการผลิตใดมีระยะเวลายาวนานกว่า ให้ทำทีหลัง [15] ซึ่งกฎการจ่ายงานอย่างง่ายแบบต่างๆ อาจทำให้การจัดตารางการผลิตได้ผลเฉลยที่เป็นที่น่าพอใจได้พอสมควร โดยอาจจะช่วยลด

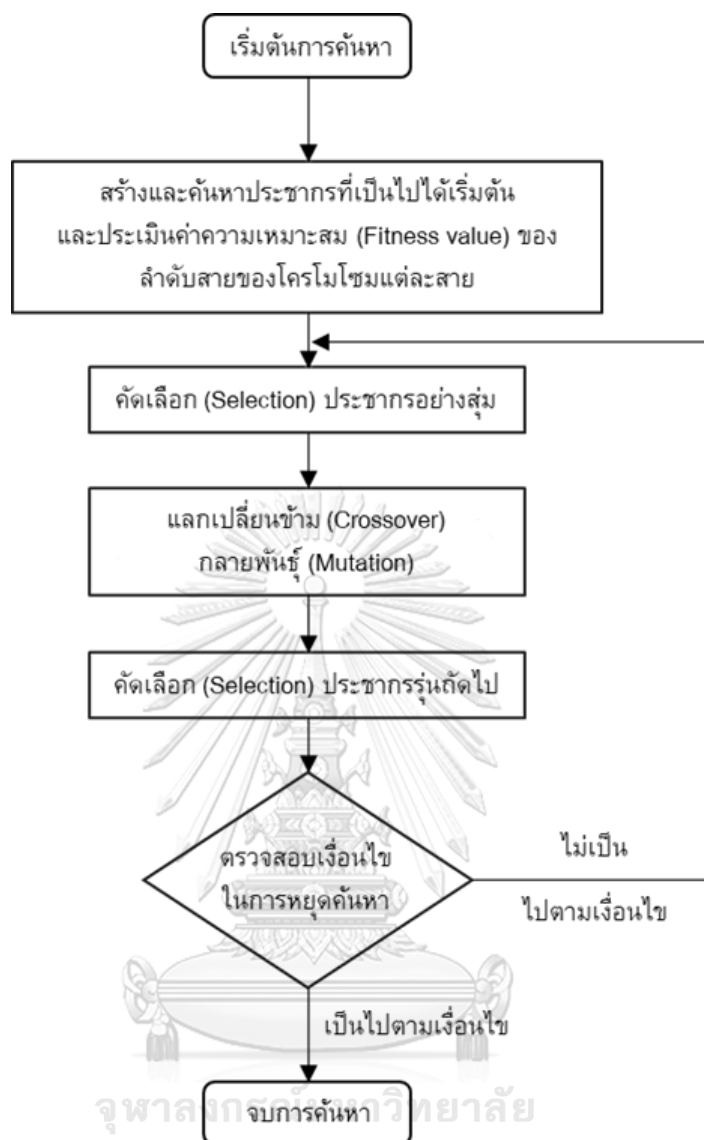
จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) หรือลดเวลาปิดงาน (Makespan) ลงได้บ้าง แต่กระนั้น ก็ยังไม่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์เท่าที่ควรจะเป็นได้ [16]

จากนั้นผลเฉลยดังกล่าวจะถูกนำไปปรับปรุงในขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลย (Improvement Solution) ด้วยการค้นหาเฉพาะถิ่น (Local Search) รูปแบบต่างๆ เช่น การค้นหาในย่านใกล้เคียง (Variable Neighbourhood Search) [17] ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะค้นหาคำตอบอื่นๆ ในพื้นที่ใกล้เคียงกับผลเฉลยเบื้องต้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ผลเฉลยที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของวิธีการดังกล่าว ซึ่งถึงแม้ว่าผลเฉลยหลังการปรับปรุงจะถูกพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ระหว่างการปรับปรุงก็ตามแต่ว่าผลเฉลยดังกล่าวอาจเป็นเพียงผลเฉลยเฉพาะถิ่น (Local Solution) หรือเป็นผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ชอบเขตแคบๆ เพียงเท่านั้น [18]

วิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) [19] จึงถูกพัฒนาขึ้น โดยมุ่งหวังให้เกิดการหลีกเลี่ยงจากผลเฉลยเฉพาะถิ่นไปยังผลเฉลยที่ดีที่สุด (Global Solution) ผ่านกลไกการหลีกเลี่ยง (Escape Mechanism) รูปแบบต่างๆ เช่น การเปลี่ยนผลเฉลยเบื้องต้นให้มีความหลากหลาย (Multi-Start Heuristics)

วิธีเมตาฮิวริสติกส์นั้น มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การอบอ่อน (Simulated Annealing) การค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) [20] หรือจากการพัฒนาแนวคิดจากธรรมชาติ ทั้งขั้นตอนวิธีที่มาจากแนวคิดจากทฤษฎีวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithms) เช่น ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิวัฒนาการความแตกต่าง (Differential Evolution) หรือขั้นตอนวิธีที่มาจาก การสังเกตพฤติกรรมรวมกันเป็นฝูงของสัตว์ (Swarm-Intelligence-Based Algorithms) เช่น ขั้นตอนวิธีการอยู่กันเป็นฝูงของมด (Ant Colony Algorithm) ขั้นตอนวิธีการอยู่กันเป็นฝูงของผึ้ง (Bee Colony Algorithm) [21-22]

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ถือเป็นวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมในการนำไปใช้แก้ไขปัญหาการผลิตต่างๆ เช่น การลดเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) [23-24] หรือการลดจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) [25] โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการคัดเลือกสรรตามธรรมชาติของ Charles Darwin (Theory of Natural Selection) โดยมีขั้นตอนต่างๆ [26-27] ดังแสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 2-2



รูปที่ 0-2 รายละเอียดของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

จากรูปที่ 2-2 จะพบว่าผลเฉลยเบื้องต้นหรือโครโมโซมของประชากรเบื้องต้น จะถูกนำไปปรับปรุงผ่านการแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) หรือการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น โดยเมื่อผลเฉลยผ่านการกลายพันธุ์แล้วนั้น ขอบเขตของการค้นหาและการปรับปรุงคำตอบจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างมาก ส่งผลทำให้เกิดการหลบหลีกจากผลเฉลยเฉพาะถิ่นได้ในที่สุด [28]

การปรับปรุงผลเฉลยผ่านการแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) อาจทำร่วมกับการค้นหาเฉพาะถิ่นแบบต่างๆ เช่น 2-Exchange Neighbourhood (2OPT), 3-Exchange Neighbourhood (3OPT) หรือ Random swap หลังจากนั้นทำการคัดเลือก

(Selection) ผลเฉลยประชากรด้วยการสุ่มอย่างทั่วถึง และตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดค้นหา เช่น เมื่อได้ดำเนินการวนซ้ำตามขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมจนครบตามจำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) ที่กำหนดไว้ หรือเมื่อผลเฉลยในหลายๆ ขั้นตอนการวนซ้ำที่ผ่านมาไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากประชากรรุ่นก่อนหน้า [29]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การหาผลเฉลยด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์เป็นที่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่ซับซ้อนในงานวิจัยต่างๆ มากมาย ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา จึงสามารถนำมาใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อใช้หาแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้ได้

จุฑามาศ ผลตระกูล และพิศิษฐ์ จารุมนโรจน์ (2561) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์สำหรับการจัดลำดับการผลิตยาเม็ดเคลือบฟิล์มซึ่งหาผลเฉลยด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์ในการลำดับการผลิตยาเม็ดเคลือบฟิล์มโดยมุ่งเน้นการลดเวลาปิดงานของระบบและจำนวนงานล่าช้าลงภายใต้กรอบเวลากำหนดส่งมอบงาน โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์แบบ 2 ชั้น คือ วิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighbourhood Search หรือ VNS) ร่วมกับการปรับปรุงคำตอบด้วย 2OPT, Relocation และ SWAP ซึ่งผลปรากฏว่าวิธีการทางฮิวริสติกส์สามารถลดเวลาปิดงานของระบบและจำนวนงานล่าช้าลงได้ในระยะเวลาการประมวลผลอันสั้น [3] ในขณะที่ Kundakc และ Kulak (2016) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ในการจัดการปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยคำนึงถึงเครื่องจักรชำรุดเสียหาย (Machine Breakdown) หรือการเปลี่ยนแปลงเวลาระหว่างการผลิต (Change in Processing Time) พบว่าปัญหาประเภทเอ็นพีแบบยากในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) ซึ่งเป็นวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ในการค้นหาผลเฉลย ผลปรากฏว่าสามารถลดเวลาปิดงาน (Makespan) ของตารางการผลิตที่มีการผนวกปัญหาเกี่ยวกับเครื่องจักรชำรุดเสียหายหรือการเปลี่ยนแปลงเวลาระหว่างการผลิตด้วยได้เป็นอย่างดี [30]

นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยอีกหลายเรื่องที่ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ร่วมกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตเพื่อลดเวลาปิดงาน (Makespan) เช่น

Chan (1997) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ในการจัดการปัญหาการจัดตารางการผลิต Assembly Line Balancing ในอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้า ซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยสามารถใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีเมตาฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตดังกล่าวได้ [31] Köksalan และ Keha (2003) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดตารางเกณฑ์ 2 ประเด็นของเครื่องจักรเดียว พบว่าวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดเวลาปิดงานของระบบ และจำนวนงานล่าช้า ในปัญหาที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ได้ [25] เช่นเดียวกับ Behnamiana, Ghomia, F. Jolai และ Amirtaheri (2012) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม พบว่าสามารถลดเวลาปิดงานของระบบในปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ดีกว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) แม้ว่าจะต้องใช้เวลาในการคำนวณประมวลผลนานขึ้นก็ตาม [23] ในขณะที่ Damodaran, Manjeshwar และ Srihari (2006) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม พบว่าสามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้ดีกว่าวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยวิธีการอบอ่อน (Simulated Annealing) ทั้งในแง่ของผลลัพธ์ที่ได้ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณประมวลผล [24]

จากงานวิจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้นจะพบว่าวิธีการทางฮิวริสติกส์ร่วมกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่ซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการลดเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งในการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้จะเลือกวิธีการทางฮิวริสติกส์ร่วมกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลยภายใต้ปัจจัยต่างๆ ทั้งในเรื่องของรายการยาเม็ดบรรจุที่มีหลายรายการ เครื่องบรรจุยาเม็ดที่มีความหลากหลาย เวลามาตรฐานของกิจกรรมต่างๆ และความต้องการผลผลิตตามคำสั่งผลิตในกรอบเวลาที่กำหนด เป็นต้น ดังที่จะกล่าวต่อไป

บทที่ 3

แนวทางการดำเนินการวิจัยและการแก้ปัญหา

3.1 ลักษณะของปัญหา

สำหรับกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา จะมีรูปแบบการบรรจุยาเม็ดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ 2 รูปแบบ คือ Blister Pack แบบ PVC-Aluminium Blister Pack และ Blister Pack แบบ Aluminium-Aluminium Blister Pack โดยแต่ละรูปแบบการบรรจุยาเม็ดก็มีความแตกต่างกัน ทั้งในมุมของข้อจำกัดด้านเครื่องจักร และกระบวนการวิธีการบรรจุ ส่งผลทำให้การวางแผนการบรรจุยาเม็ดเป็นไปด้วยความยากลำบาก

สำหรับข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุยาเม็ด สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

- เครื่องบรรจุยาเม็ดหนึ่งๆ สามารถบรรจุยาเม็ดได้เพียงรูปแบบเดียว (ไม่สามารถสลับรูปแบบได้) เนื่องจากกลไก และหลักการการทำงานของการบรรจุยาเม็ดแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน
- เครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องมีความสามารถในการบรรจุยาเม็ดแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องบรรจุ และอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ส่งผลทำให้บางรายการสามารถถูกบรรจุได้บนเครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง หากแต่จะมีความเร็วในการบรรจุแตกต่างกันออกไป ในขณะที่ยาบางรายการกลับสามารถถูกบรรจุได้บนเครื่องบรรจุเพียงบางเครื่องเท่านั้น
- เครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องมีเวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1 หรือ C1) ตลอดจนเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยา (Standard Cleaning and Setup Time Type 2 หรือ C2) ที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้เวลาปฏิบัติงานรวม (Total Processing Time) เวลากำหนดเสร็จงาน (Completion Time) และเวลาปิดงานของ

การบรรจุยาเม็ด (Makespan) บนเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องแตกต่างกันไปตาม ตารางการบรรจุยาเม็ดที่จัดทำขึ้น

นอกจากข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ส่วนหนึ่งของปัญหาที่เกิดขึ้นใน กระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา เป็นผลมาจากการมุ่งเน้นใช้แรงงานมนุษย์ใน การบรรจุยาเม็ดดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีรายละเอียดวิธีปฏิบัติงานเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดใน การบรรจุยาเม็ดเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้กระบวนการบรรจุยาเม็ดดังกล่าวยังมีเวลาปิดงานของการ บรรจุยาเม็ด (Makespan) นาน มีจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า (Number of Tardy Jobs) มาก จึงส่งผลต่อเนื่องให้ช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลาและต้นทุนค่าล่วงเวลา (Overtime Cost) สูงขึ้นตาม ไปด้วย อันจะส่งผลให้การบรรจุยาเม็ดไม่เป็นไปตามตารางการบรรจุยาเม็ดที่ได้จัดไว้

ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้เลือกที่จะศึกษากระบวนการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิต ยาดังกล่าวเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการวางแผนการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยมี จุดมุ่งหมายที่จะลดเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ด ลดจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า ลดช่วงเวลา ปฏิบัติงานล่วงเวลา และลดต้นทุนค่าล่วงเวลาให้เหมาะสมที่สุด

3.2 ข้อมูลที่จำเป็นในการจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด

การจัดการตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษานั้น จะอ้างอิงอยู่บน พื้นฐานความต้องการของแผนกแผนงานการผลิต ความพร้อมของวัตถุดิบยาบรรจุ ปริมาณบรรจุ ภัณฑ์คงคลัง ความพร้อมของเครื่องบรรจุยาเม็ด และกำหนดส่งมอบซึ่งมักจะเป็นวันทำการสุดท้าย ของเดือนนั้นๆ โดยข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการจัดการตารางการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้ ประกอบไป ด้วย

- รายการยาเม็ดบรรจุของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาซึ่งจะมีการระบุชนิดของยาและความ แรงในหน่วยมิลลิกรัม (mg) ที่มีความแตกต่างกันออกไปจำนวน 9 รายการยา ได้แก่ A1, A2, A3 สำหรับรายการยารูปแบบ Aluminium-Aluminium Blister Pack และ P1, P2, P3, P4, P5, P6 สำหรับรายการยารูปแบบ PVC-Aluminium Blister Pack

- รายการเครื่องบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาจำนวน 6 เครื่อง โดยจะสามารถแบ่งออกได้เป็น ALU 1, ALU 2, ALU 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC 1, PVC 2, PVC 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister Packing และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก อย่างไรก็ตามอย่างไรก็ดี ดังที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยพบว่า เครื่องบรรจุยาเม็ดสำหรับรายการยาประเภท Strip Pack จำนวน 2 เครื่องนั้น ถูกใช้ในการบรรจุยาเม็ดรายการเฉพาะเพียงหนึ่งรายการตลอดเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตัดตารางการบรรจุยาเม็ดบนเครื่องบรรจุดังกล่าวออกจากงานวิจัยฉบับนี้
- เวลามาตรฐาน (Standard Time) ที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยเวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1 หรือ C1) และเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2 หรือ C2)

ในเชิงของกระบวนการวิธีการบรรจุยาเม็ด เครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing ทุกเครื่องนั้นจะทำงานอยู่ในพื้นที่ Primary Packaging ซึ่งมีการควบคุมความสะอาด อุณหภูมิ ความชื้น และความดันตามมาตรฐานหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยาที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S โดยแผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกส่งออกมาตามสายพานลำเลียงเพื่อนำไปบรรจุลงกล่องเดี่ยว และกล่องลูกฟูกในพื้นที่ Secondary Packaging ต่อไป ทั้งนี้ พื้นที่ Secondary Packaging อาจอยู่ในบริเวณเดียวกันกับพื้นที่ Primary Packaging หรือไม่ก็ได้ ซึ่งในกรณีที่พื้นที่ทั้ง 2 อยู่ในบริเวณเดียวกัน (สำหรับรายการยาที่บรรจุด้วยเครื่องจักร ALU 1, ALU 2, ALU 3 และ PVC 2) การบรรจุยาเม็ดลงแผงและการบรรจุแผงยาลงกล่องจะสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กันได้ แต่ในกรณีที่ทั้งสองพื้นที่อยู่แยกจากกัน (สำหรับรายการยาที่ถูกบรรจุด้วยเครื่องจักร PVC 1 และ PVC 3) แผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกนำไปยังพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกเพื่อดำเนินการบรรจุลงกล่องเดี่ยว และกล่องลูกฟูกต่อไป

เนื่องจากพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกนี้มีขนาดค่อนข้างจำกัด และเราสามารถใช้อพื้นที่ดังกล่าวในการบรรจุรายการยาได้เพียง 1 รายการในเวลาหนึ่งๆ (เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการบรรจุยาเม็ดต่างรายการ) นอกจากนี้ ทุกๆ ครั้งที่มีการเปลี่ยนรายการยาเม็ดบรรจุจำเป็นต้องทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดซึ่งเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับรายการยาเม็ดที่บรรจุต่อเนื่องกัน ดังนั้นการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดที่ขาดประสิทธิภาพจึงอาจส่งผลต่อเวลาปฏิบัติงานโดยรวม หากแต่การจัดตารางการบรรจุยาเม็ดที่มีประสิทธิภาพก็เป็นไปได้ยากเนื่องจากความซับซ้อนขององค์ประกอบทั้งหลายประกอบกัน

3.3 ข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา

การคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตยากรณีศึกษานั้น ต้องอาศัยข้อมูล รูปแบบการปฏิบัติงานในเวลาทำการ และรูปแบบการปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา รวมทั้งการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาจากอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงาน ดังนี้

- 1) วันทำการปกติ คือ เวลาปฏิบัติงานวันจันทร์ถึงวันศุกร์ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 5.50 ชั่วโมงต่อวัน
- 2) วันล่วงเวลาในวันทำการปกติ คือ เวลาปฏิบัติงานส่วนเพิ่มเติมในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 3.00 ชั่วโมงต่อวัน
- 3) วันล่วงเวลาในวันหยุดราชการ คือ เวลาปฏิบัติงานวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการอื่นๆ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 5.50 ชั่วโมงต่อวัน
- 4) วันล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ คือ เวลาปฏิบัติงานส่วนเพิ่มเติมในวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการอื่นๆ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 3.00 ชั่วโมงต่อวัน

นอกจากนั้นแล้ว การคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาต้องอาศัยฐานเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงาน บนพื้นฐานของข้อกำหนดต่างๆ ด้วย ดังนี้

1. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันทำการปกติ คำนวณจากอัตรา 1.5 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

2. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 1.0 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

3. ต้นทุนค่าล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 3.0 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

3.4 แนวทางการดำเนินการวิจัย

3.4.1 หลักการ

ในการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดจะเป็นการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) รวมทั้งเทคนิคที่เหมาะสมมาใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการบรรจุยาเม็ด โดยส่วนมากนั้นปัญหาจากการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดมักจะอยู่ในรูปแบบของปัญหาที่มีความซับซ้อนด้านเวลาเชิงเลขยกกำลังและการหาคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งปัญหาแบบนี้ยังไม่สามารถทำได้ในเวลาเชิงพหุนามอีกด้วย ดังนั้นเราสามารถจัดประเภทปัญหาจากการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดในลักษณะนี้ว่าเป็นปัญหาประเภทเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard) โดยเมื่อขนาดของปัญหาขยายใหญ่ขึ้นจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหา (Computational Time) มีค่าสูงขึ้นแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Function) ทำให้วิธีการหาผลเฉลย (Solution) ของปัญหาประเภทเอ็นพีแบบยากจึงไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาและหาผลเฉลยจากแบบจำลองนั้นด้วยการใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) ได้ ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics Method) แบบ 2 ชั้น (2-Phase Heuristics) ในการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Construction Heuristics) ซึ่งจะเป็นการสร้างคำตอบเบื้องต้นของปัญหาขึ้นมาจากกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) ที่เกี่ยวข้อง เช่น กำหนดเวลาส่งมอบยาเม็ดบรรจุที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) และเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) เป็นต้น จึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหการบรรจุยาเม็ดดังกล่าว โดยวิธีฮิวริสติกส์จะมีการกำหนดขั้นตอนในการหาผลเฉลยของปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยการพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษของปัญหาและพัฒนาวิธีการเพื่อให้ได้ผลเฉลยที่ดีของปัญหาแม้ว่าอาจไม่ใช่ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดก็ตาม

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดตารางการผลิตส่วนใหญ่ (รวมถึงปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้) มักสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของปัญหาเส้นทางการเดินทาง (Vehicle Routing Problems หรือ VRP) ซึ่งเป็นส่วนผสมของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems หรือ TSP) และปัญหาการบรรจุถัง (Bin Packing Problems หรือ BPP) ได้ โดยรายการผลิต (รายการยาเม็ดบรรจุ) ต่างๆ เปรียบได้กับตำแหน่งที่อยู่ของลูกค้า (Node) ในขณะที่ลำดับของการผลิต (ลำดับการบรรจุยาเม็ด) เปรียบได้กับเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย (Tour หรือ Cycle)

3.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เริ่มจากการนำเข้าข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุยาเม็ด ประกอบไปด้วย

- รายการยาเม็ดบรรจุซึ่งจะมีการระบุชนิดของยา และความแรงในหน่วยมิลลิกรัม (mg) ที่มีความแตกต่างกันออกไปจำนวน 9 รายการยา คือ A1, A2, A3 สำหรับรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack และ P1, P2, P3, P4, P5, P6 สำหรับรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Pack
- รายการเครื่องบรรจุยาเม็ดจำนวน 6 เครื่อง คือ ALU 1, ALU 2, ALU 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing PVC 1, PVC 2, PVC 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister Packing และ Secondary Packaging สำหรับพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอก
- เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing และพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอก
- ความต้องการผลผลิตการบรรจุยาเม็ดของแผนกแผนงานการผลิตในรูปแบบของจำนวนคำสั่งผลิต ภายใต้กรอบเวลาดำเนินการกำหนดส่งมอบ คือ 30 วัน (255 ชั่วโมง)

- ข้อจำกัดต่างๆของกระบวนการบรรจุยาเม็ด เช่น ความสามารถของเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่อง การปฏิบัติตามมาตรฐานหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีของการบรรจุยาเม็ดที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S ลักษณะเฉพาะของเครื่องบรรจุยาเม็ดในพื้นที่บรรจุยาเม็ดทั้ง Primary Packaging และ Secondary Packaging ซึ่งเครื่องบรรจุยาเม็ดบางเครื่องเป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous Line) ระหว่างพื้นที่บรรจุยาเม็ดทั้ง Primary Packaging และ Secondary Packaging ในขณะที่เครื่องบรรจุบางเครื่องเป็นการทำงานแบบแยกส่วน (Discrete Line) ระหว่างพื้นที่บรรจุยาเม็ดทั้ง 2 ส่วน หรือลักษณะพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกที่มีขนาดค่อนข้างจำกัด เป็นต้น

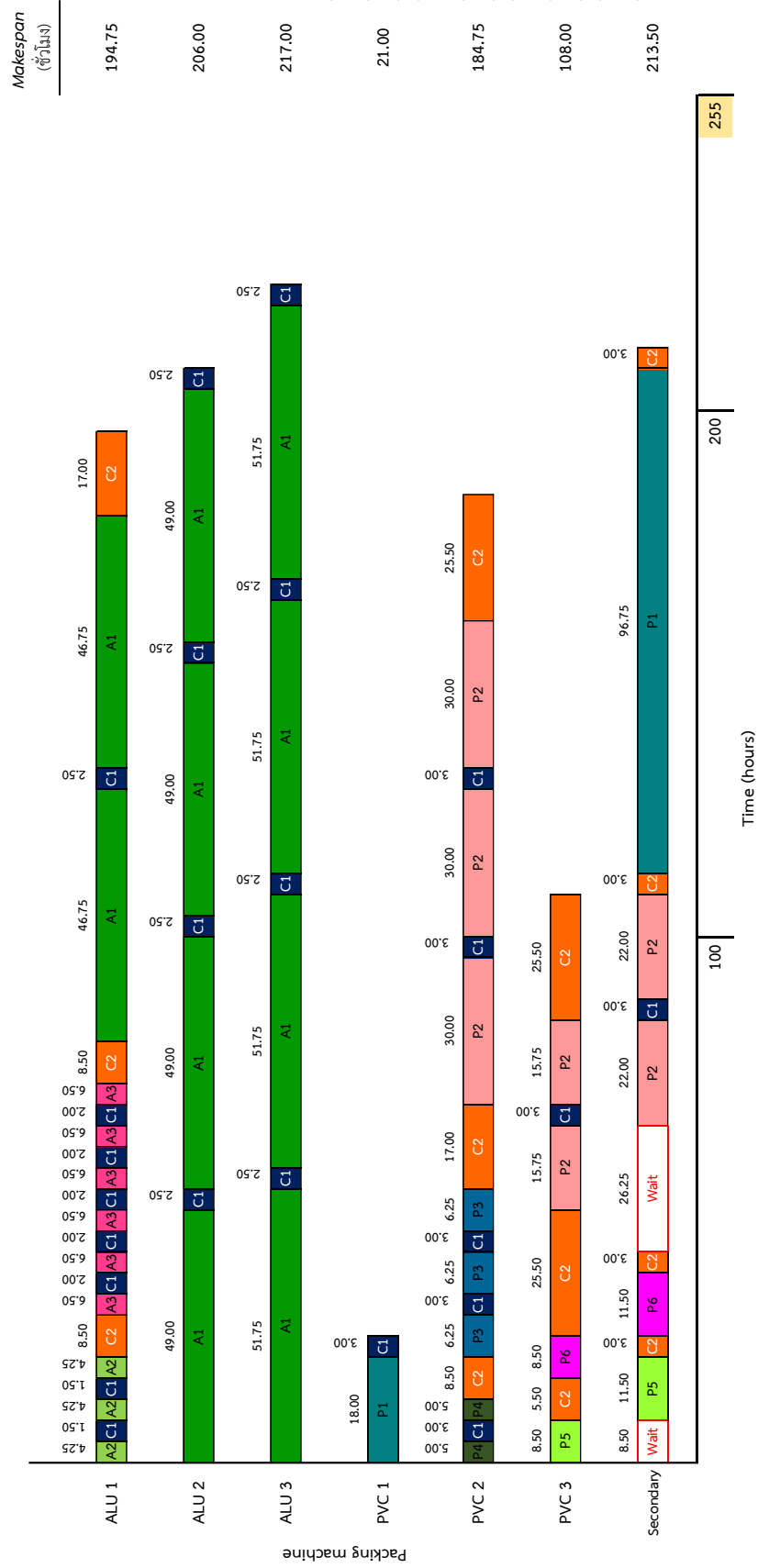
สำหรับแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์ในงานวิจัยฉบับนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆได้ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics)

- เริ่มด้วยการตรวจสอบคำสั่งผลิต (Process Order) จากความต้องการผลผลิตการบรรจุยาเม็ดของแผนกแผนงานการผลิตในแต่ละเดือนเพื่อเตรียมจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องและพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก
- จัดตารางการบรรจุยาเม็ดของเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่อง โดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นด้วยกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) อย่างง่ายที่เกี่ยวข้องคือ กำหนดเวลาส่งมอบยาเม็ดบรรจุที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) และเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) โดยอยู่บนสมมติฐานที่ว่าวัตถุดิบบรรจุพร้อมสำหรับการบรรจุ ปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลังมีเพียงพอต่อการบรรจุ และเครื่องบรรจุยาเม็ดรวมทั้งพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกพร้อมใช้งานตลอดเวลา
- ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดด้วยกฎการจ่ายงานอย่างง่ายประกอบไปด้วยรายการยาเม็ดบรรจุ A1, A2, A3, P1, P2, P3, P4, P5 และ P6

รายการเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2, ALU 3, PVC 1, PVC 2, PVC 3 และ พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก และเวลามาตรฐาน (Standard Time) ที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยเวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1 หรือ C1) และเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2 หรือ C2)

- คำนวณเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ที่ได้จากแต่ละเครื่องบรรจุยาเม็ดและพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกดังแสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) ในรูปที่ 3-1

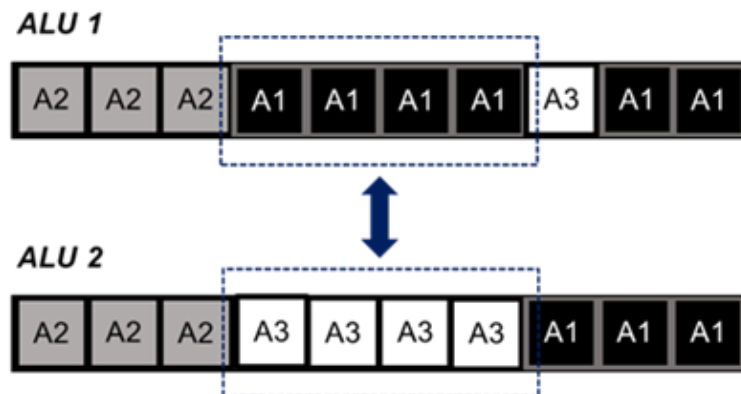


รูปที่ 0-1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนวิธีวิธิตกสีเชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics)

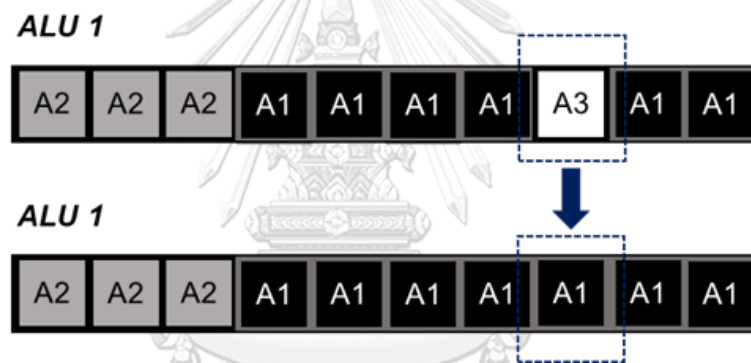
จากผลเฉลยเบื้องต้นของเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ดที่ได้จากแต่ละเครื่องบรรจุยาเม็ด และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกดังแสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ในรูปที่ 3-1 พบว่าเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ดของเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU1, ALU 2 และ ALU 3 มีความแตกต่างกันไม่มากและยังอยู่ในกรอบเวลา 255 ชั่วโมง ในขณะที่เวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ดของเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 1, PVC 2, PVC 3 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกกลับมีความแตกต่างกันอย่างมาก อย่างเช่นเวลาปิดงานของเครื่อง PVC 1 ใช้เวลาเพียง 21 ชั่วโมง ในขณะที่เวลาปิดงานของเครื่อง PVC 2 และ PVC 3 ใช้เวลา 184.75 ชั่วโมง และ 108 ชั่วโมงตามลำดับ โดยอาจเกิดงานล่าช้าหรือความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลาซึ่งจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าล่วงเวลาโดยตรง ดังนั้นจึงนำมาสู่การปรับปรุงผลเฉลยในขั้นตอนที่ 2 คือ การพัฒนาผลเฉลย ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาผลเฉลย ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

- เริ่มด้วยการคัดเลือกผลเฉลยเบื้องต้นบนเครื่องบรรจุยาเม็ดขึ้นมา แล้วทำการปรับปรุงผลเฉลยดังกล่าวผ่านการแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ร่วมด้วยกับการค้นหาเฉพาะถิ่นแบบ 2-Exchange Neighbourhood (2OPT), 3-Exchange Neighbourhood (3OPT) และ Random swap ทุกๆ 10 รอบการวนซ้ำ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-2 และ 3-3
- ทำการคัดเลือก (Selection) ผลเฉลยประชากรด้วยการสุ่มอย่างทั่วถึง และตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดค้นหา โดยผู้วิจัยจะหยุดค้นหาเมื่อได้ดำเนินการวนซ้ำตามขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมจนครบตามจำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) ที่กำหนดไว้ (100 รอบ) หรือเมื่อผลเฉลยในหลายๆ ขั้นตอนการวนซ้ำที่ผ่านมาไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากประชากรรุ่นก่อนหน้า



รูปที่ 0-2 การแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) ของผลเฉลยรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack



รูปที่ 0-3 การกลายพันธุ์ของผลเฉลยรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Pack บนเครื่องจักร ALU 1

บทที่ 4

วิธีการทางฮิวริสติกส์สำหรับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด

ในการประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ร่วมกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อการแก้ปัญหาการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่ซับซ้อนของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการลดเวลาปิดงานของระบบนั้น จะเป็นการปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลยภายใต้ปัจจัยต่างๆ ทั้งในเรื่องของรายการยาเม็ดบรรจุที่มีหลายรายการ เครื่องบรรจุยาเม็ดที่มีความหลากหลาย เวลามาตรฐานของกิจกรรมต่างๆ และความต้องการผลผลิตตามคำสั่งผลิตในกรอบเวลาที่กำหนด ภายใต้สมมติฐานความต้องการของแผนกแผนงานการผลิตผ่านทาง การออกคำสั่งผลิต วัตถุดิบยาบรรจุพร้อมสำหรับการบรรจุ ปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลังมีเพียงพอต่อการบรรจุ เครื่องบรรจุยาเม็ดรวมทั้งพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอกพร้อมใช้งานตลอดเวลา และกำหนดส่งมอบซึ่งมักจะเป็นวันทำการสุดท้ายของเดือนนั้นๆ เท่านั้น โดยไม่รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรม การปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานและความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน (Human Error) ในพื้นที่บรรจุยาเม็ด

ในบทที่ 4 นี้จะอธิบายถึงรายละเอียดการนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ตลอดจนกระบวนการดำเนินงานและการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

4.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด

ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา จะต้องใช้ข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการดำเนินงานและการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลความต้องการ (Demand) ของแผนกแผนงานการผลิต กำหนดเวลาส่งมอบ รายการยาเม็ดบรรจุ รายการเครื่องบรรจุยาเม็ด รูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ด และข้อมูลเวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยาเม็ด

4.1.1 ข้อมูลกำหนดการผลิตจากแผนกแผนงานการผลิต

ความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Demand) ของแผนกแผนงานการผลิตในรูปแบบของคำสั่งผลิต (Process Order) ภายใต้กรอบเวลาดำหนดส่งมอบ คือ 30 วัน (255 ชั่วโมง) ดังตารางที่ 4-1

รายการยา	แผนผลิตที่ต้องการต่อเดือน (หน่วย: Batch)		ปริมาณขั้นต่ำที่ต้องการให้บรรจุ เสร็จภายในสิ้นเดือน (หน่วย: Batch)	
A1	10 - 12	Batch	10	Batch
A2	3 - 6	Batch	3	Batch
A3	6 - 8	Batch	6	Batch
P1	1	Batch	1	Batch
P2	5 - 7	Batch	5	Batch
P3	3 - 4	Batch	3	Batch
P4	2 - 3	Batch	2	Batch
P5	1	Batch	1	Batch
P6	1	Batch	1	Batch

ตารางที่ 0-1 ความต้องการผลผลิตการบรรจุยาเม็ดภายใต้กรอบเวลาดำหนดส่งมอบ คือ 30 วัน (255 ชั่วโมง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.2 ข้อมูลรายการยาเม็ดบรรจุ

รายการยาเม็ดบรรจุของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาซึ่งจะมีการระบุชนิดของยาและความแรงในหน่วยมิลลิกรัม (mg) ที่มีความแตกต่างกันออกไปจำนวน 9 รายการยา ได้แก่

- A1, A2, A3 สำหรับรายการยารูปแบบ Aluminium-Aluminium Blister Pack
- P1, P2, P3, P4, P5, P6 สำหรับรายการยารูปแบบ PVC-Aluminium Blister Pack

4.1.3 ข้อมูลรายการเครื่องบรรจุยาเม็ด

รายการเครื่องบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาจำนวน 6 เครื่อง และ 1 พื้นที่บรรจุยาเม็ด โดยสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

- ALU 1, ALU 2, ALU 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing
- PVC 1, PVC 2, PVC 3 สำหรับเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister Packing
- พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก สำหรับการบรรจุยาเม็ดที่เป็นงานต่อเนื่องจากเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 1 และ PVC 3

4.1.4 ข้อมูลเวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยาเม็ด

เวลามาตรฐาน (Standard Time) ที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา จะประกอบไปด้วยเวลามาตรฐานต่างๆ ดังนี้

- เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing ดังตารางที่ 4-2 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกดังตารางที่ 4-3

พื้นที่ Primary packing	เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)								
เครื่องจักร	Alu-Alu Blister pack			PVC-Alu Blister pack					
	A1	A2	A3	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ALU 1	46.75	4.25	6.5						
ALU 2	49	6							
ALU 3	51.75								
PVC 1				18					
PVC 2					30	6.25	5		
PVC 3					15.75			8.5	8.5

ตารางที่ 0-2 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing

พื้นที่ Secondary packing	เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)			
เครื่องจักร	PVC-Alu Blister pack			
	P1	P2	P5	P6
PVC 1	96.75			
PVC 3		22	11.5	11.5

ตารางที่ 0-3 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) ของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก

- เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1 หรือ C1) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing

และ PVC-Aluminium Blister Packing ดังตารางที่ 4-4 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกดังตารางที่ 4-5

พื้นที่ Primary packing	เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)								
เครื่องจักร	Alu-Alu Blister pack			PVC-Alu Blister pack					
	A1	A2	A3	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ALU 1	2.5	1.5	2						
ALU 2	2.5	1.5							
ALU 3	2.5								
PVC 1				3					
PVC 2					3	3	3		
PVC 3					3			3	3

ตารางที่ 0-4 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing

พื้นที่ Secondary packing	เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)			
เครื่องจักร	PVC-Alu Blister pack			
	P1	P2	P5	P6
PVC 1	41			
PVC 3		3	2	2

ตารางที่ 0-5 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1) ของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก

- เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2 หรือ C2) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing ดังตารางที่ 4-6 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกดังตารางที่ 4-7

พื้นที่ Primary packing		เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)								
ถัดไป		Alu-Alu Blister pack			PVC-Alu Blister pack					
		A1	A2	A3	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Alu-Alu	A1		17	8.5						
	A2	8.5		8.5						
	A3	8.5	17							
PVC-Alu Blister	P1									
	P2						25.5	25.5	25.5	25.5
	P3					17		8.5		
	P4					17	8.5			
	P5					25.5				5.5
	P6					25.5			5.5	

ตารางที่ 0-6 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2) ของเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packing และ PVC-Aluminium Blister Packing

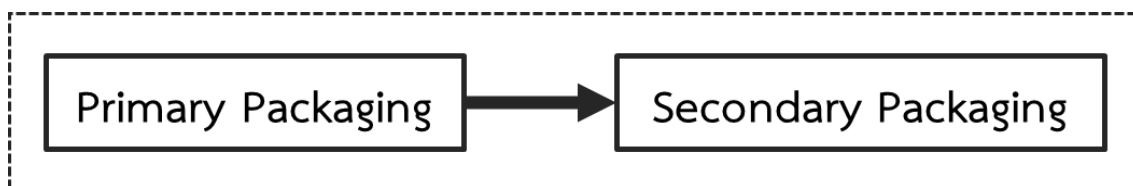
พื้นที่ Secondary packing		เวลามาตรฐาน (Standard time) (หน่วย : ชั่วโมง)			
ก๊าดไป		PVC-Alu Blister pack			
		P1	P2	P5	P6
PVC-Alu	P1		3	3	3
	P2	3		3	3
	P5	3	3		3
	P6	3	3	3	

ตารางที่ 0-7 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2) ของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก

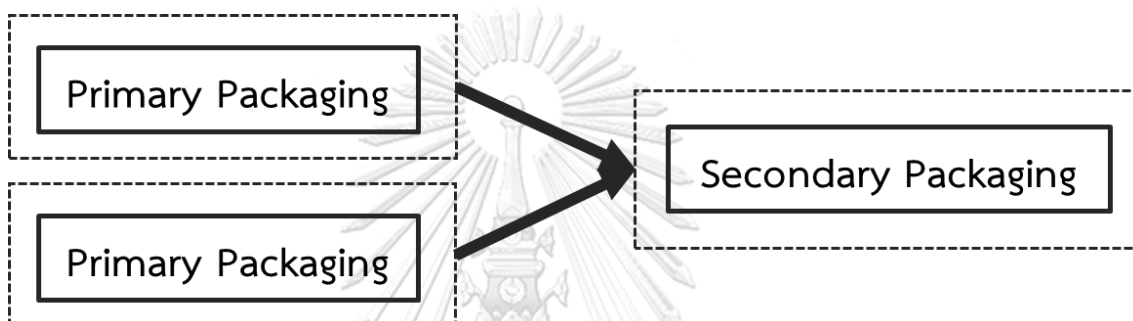
4.1.5 ข้อมูลรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ด

พื้นที่บรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ พื้นที่ Primary Packaging สำหรับการบรรจุยาเม็ดลงแผงยา ซึ่งมีการควบคุมความสะอาด อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของห้องบรรจุยาเม็ดอย่างเคร่งครัด ตามมาตรฐานห้องสะอาด (Cleanroom) ในหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยาที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S และพื้นที่ Secondary Packaging สำหรับการบรรจุแผงยาลงกล่องพิมพ์ และกล่องลูกฟูก ซึ่งมีการควบคุมความสะอาด อุณหภูมิ และความชื้นตามวิธีการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับมาตรฐาน PIC/S

เครื่องบรรจุยาเม็ดทุกเครื่องในแต่ละรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดนั้นจะทำงานอยู่ในพื้นที่ Primary Packaging โดยแผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกส่งออกมาตามสายพานลำเลียงเพื่อนำไปบรรจุลงกล่องพิมพ์ และกล่องลูกฟูกในพื้นที่ Secondary Packaging ต่อไป ทั้งนี้ พื้นที่ Secondary Packaging อาจอยู่ในบริเวณเดียวกันกับพื้นที่ Primary Packaging หรือไม่ก็ได้ ในกรณีที่พื้นที่ทั้ง 2 อยู่ในบริเวณเดียวกัน การบรรจุยาเม็ดลงแผงยาและการบรรจุแผงยาลงกล่องจะสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กันได้ แต่ในกรณีที่ทั้งสองพื้นที่อยู่แยกจากกัน แผงยาที่บรรจุแล้วเสร็จจะถูกนำไปยังพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกเพื่อดำเนินการบรรจุลงกล่องเดี่ยว และกล่องลูกฟูกต่อไป แสดงในรูปที่ 4-1 และรูปที่ 4-2



รูปที่ 0-1 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่ในบริเวณเดียวกัน



รูปที่ 0-2 แผนภาพที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดกรณีพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่แยกจากกัน

โดยเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2, ALU 3 และ PVC 2 จะมีรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดแบบพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่ในบริเวณเดียวกันนั้น ในขณะที่เครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 1 และ PVC 3 มีรูปแบบของกระบวนการบรรจุยาเม็ดแบบพื้นที่ Primary Packaging และ Secondary Packaging อยู่แยกจากกัน

4.1.6 ข้อมูลอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงานในการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา

การคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตยากรณีศึกษานั้น ต้องอาศัยข้อมูล รูปแบบการปฏิบัติงานในเวลาทำการ และรูปแบบการปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา รวมทั้งการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาจากอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงาน ดังนี้

1. วันทำการปกติ คือ เวลาปฏิบัติงานวันจันทร์ถึงวันศุกร์ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 5.50 ชั่วโมงต่อวัน

2. วันล่วงเวลาในวันทำการปกติ คือ เวลาปฏิบัติงานส่วนเพิ่มเติมในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 3.00 ชั่วโมงต่อวัน

3. วันล่วงเวลาในวันหยุดราชการ คือ เวลาปฏิบัติงานวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการอื่นๆ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 5.50 ชั่วโมงต่อวัน

4. วันล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ คือ เวลาปฏิบัติงานส่วนเพิ่มเติมในวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการอื่นๆ โดยเป็นเวลามาตรฐานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด รวมทั้งสิ้น 3.00 ชั่วโมงต่อวัน

นอกจากนั้นแล้ว การคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาต้องอาศัยฐานเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงาน บนพื้นฐานของข้อกำหนดต่างๆ ด้วย ดังนี้

1. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันทำการปกติ คำนวณจากอัตรา 1.5 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

2. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 1.0 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

3. ต้นทุนค่าล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 3.0 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

สำหรับในงานวิจัยฉบับนี้ ข้อมูลอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงานและต้นทุนค่าล่วงเวลาต่อชั่วโมงในแต่ละรูปแบบการปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา ดังตารางที่ 4-8

เครื่องบรรจุยาเม็ด	จำนวนผู้ปฏิบัติงาน (คน)		เงินเดือน/คน (บาท)		เงินเดือนรวม (บาท)			ต้นทุนค่าล่วงเวลา/ชั่วโมง (บาท)		
	Primary packing	Secondary packing	Primary	Secondary	Primary	Secondary	รวม	1 เท่า	1.5 เท่า	3 เท่า
ALU 1	2	5	11,515	14,070	23,030	70,350	93,380	444.67	667.00	1,334.00
ALU 2	2	5	11,515	14,070	23,030	70,350	93,380	444.67	667.00	1,334.00
ALU 3	2	5	11,515	14,070	23,030	70,350	93,380	444.67	667.00	1,334.00
PVC 1	2		11,515		23,030		23,030	109.67	164.50	329.00
PVC 2	3	7	11,515	14,070	34,545	98,490	133,035	633.50	950.25	1,900.50
PVC 3	3		11,515		34,545		34,545	164.50	246.75	493.50
Secondary packing		10		30,000		300,000	300,000	1,428.57	2,142.86	4,285.71

ตารางที่ 0-8 ข้อมูลอัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงานและต้นทุนค่าล่วงเวลาต่อชั่วโมงในแต่ละรูปแบบ
การปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา

4.2 การตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์

งานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบ 2 ชั้น มาใช้ในการแก้ปัญหาของกระบวนการบรรจุยาเม็ด โดยเริ่มจากการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Construction Heuristics) ซึ่งจะเป็นการสร้างคำตอบเบื้องต้นของปัญหาขึ้นมาจากกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) ที่เกี่ยวข้อง เช่น กำหนดเวลาส่งมอบยาเม็ดบรรจุที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) และเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) หลังจากนั้นในขั้นตอนถัดไปจะเป็นการพัฒนาผลเฉลยในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลยภายใต้ปัจจัยต่างๆ ทั้งในเรื่องของรายการยาเม็ดบรรจุที่มีหลายรายการ เครื่องบรรจุยาเม็ดที่มีความหลากหลาย เวลามาตรฐานของกิจกรรมต่างๆ และความต้องการผลิตตามคำสั่งผลิตในกรอบเวลาที่กำหนด โดยมุ่งหวังให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ลดเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ลดจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า (Number of Tardy Jobs) ลดช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลา และลดต้นทุนค่าล่วงเวลา (Overtime Cost) น้อยลง ซึ่งวิธีการทางฮิวริสติกส์จะมีการกำหนดขั้นตอนในการหาผลเฉลยของปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยการพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษของปัญหาและพัฒนาวิธีการเพื่อให้ได้ผลเฉลยที่ดีที่สุดของปัญหาแม้ว่าอาจไม่ใช่ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดก็ตาม

โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

4.2.1 การสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics)

ในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการตรวจสอบคำสั่งผลิต (Process Order) จากความต้องการผลผลิต การบรรจุยาเม็ดของแผนกแผนงานการผลิตในแต่ละเดือน จากนั้นจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องและพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก โดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นด้วยกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) อย่างง่ายที่เกี่ยวข้องคือ กำหนดเวลาส่งมอบยาเม็ดบรรจุที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date หรือ EDD) และเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) โดยจะเน้นไปที่กฎการจ่ายงานเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) เป็นหลักเนื่องจากยาทุกรายการมีกำหนดเวลาส่งมอบที่เท่ากันคือภายใน 30 วันนับจากวันแรกของเดือน

ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดด้วยกฎการจ่ายงานอย่างง่าย จะนำข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด ประกอบไปด้วยรายการยาเม็ดบรรจุ A1, A2, A3, P1, P2, P3, P4, P5 และ P6 รายการเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2, ALU 3, PVC 1, PVC 2, PVC 3 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก และเวลามาตรฐาน (Standard Time) ที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยเวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาเม็ดต่อ 1 รุ่นการผลิต (Standard Processing Time) เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดและจัดเตรียมงานกรณีเปลี่ยนรุ่นการผลิตของรายการยาเดียวกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 1 หรือ C1) และเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นที่บรรจุยาเม็ดกรณีเปลี่ยนรายการยาที่แตกต่างกัน (Standard Cleaning and Setup Time Type 2 หรือ C2) มาใช้ในการวางแผนการบรรจุยาเม็ด โดยการจัดเรียงรายการยาที่มีเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุดก่อนเป็นอันดับแรก แล้วจึงจัดเรียงรายการยาลำดับถัดมา โดยการจัดเรียงรายการยาเม็ดเข้าเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่องนั้น จะอยู่บนสมมติฐานที่ว่าวัตถุดิบยารอบบรรจุพร้อมสำหรับการบรรจุ ปริมาณบรรจุภัณฑ์คงคลังมีเพียงพอต่อการบรรจุ และเครื่องบรรจุยาเม็ดรวมทั้งพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกพร้อมใช้งานตลอดเวลา จากนั้นคำนวณเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ที่ได้จากแต่ละเครื่องบรรจุยาเม็ดและพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ซึ่งจะได้เป็นผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics)

4.2.2 การพัฒนาผลเฉลยในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ในขั้นตอนนี้ เริ่มด้วยการนำผลเฉลยเบื้องต้นในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics) มาทำการปรับปรุงผลเฉลยดังกล่าวด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ผ่านการแลกเปลี่ยนข้าม (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ร่วมด้วยกับการค้นหาเฉพาะถิ่นแบบ 2-Exchange Neighbourhood (2OPT), 3-Exchange Neighbourhood (3OPT) และ Random swap ทุกๆ 10 รอบการวนซ้ำ

หลังจากนั้น ทำการคัดเลือก (Selection) ผลเฉลยประชากรด้วยการสุ่มอย่างทั่วถึง และตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดค้นหา โดยผู้วิจัยจะหยุดค้นหาเมื่อได้ดำเนินการวนซ้ำตามขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมจนครบตามจำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) ที่กำหนดไว้ (100 รอบ) หรือเมื่อผลเฉลยในหลายๆ ขั้นตอนการวนซ้ำที่ผ่านมาไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากประชากรรุ่นก่อนหน้า แล้วทำการคำนวณเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ที่ได้จากแต่ละเครื่องบรรจุยาเม็ดและพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 0-3 การพัฒนาผลเฉลย ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยในการพัฒนาผลเฉลยนี้จะนำไปใช้ในการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของผู้ปฏิบัติงานและการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาต่อไป

ในกระบวนการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์ ทั้งการทำงานของขั้นตอนการสร้างผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution) ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงโครงสร้าง (Construction Heuristics) และขั้นตอนการพัฒนาผลเฉลย ในขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) นั้น สามารถแสดงผลได้ด้วย Pseudo Code ดังรูปที่ 4-4 โดยที่ t คือ ประชากรรุ่นปัจจุบัน ส่วน N คือ จำนวนรุ่นของประชากรที่กำหนดไว้ และ α คือ ค่าขอบเขต 0 ถึง 1

Pseudo Code of the Proposed Heuristic for the Scheduling of Tablets Packaging Process

- 1: **Input** : Demand and Process Order, Due Date, Tablet Packaging List, Packaging Machine List, Standard Time and other parameters
- 2: **Initialization** : Initialize all input parameters
- 3: **Create and Repair** : Create an initial solution using EDD or SPT dispatching rule and repair those infeasible solutions
- 4: **while** current generation $t < gen$ **do**
- 5: **Initialization** : Initialize offspring solution
- 6: **while** the number of offspring solution $< N$ **do**
- 7: **Generate** : Generate an offspring based on the value of random variable p , whose value is bound between 0 and 1
- 8: **if** $p < \alpha$ **then**
- 9: **Crossover** : Call the uniform crossover operator for generating an offspring solution
- 10: **else**
- 11: **Mutation** : Call the uniform mutation operator for generating an offspring solution
- 12: **end if**
- 13: **Repair** : Repair offspring solution if it is found to be infeasible by *Repair*
- 14: **end while**
- 15: **Local Search** : Apply local search operators to help guide the algorithm every a fixed number of generations
- 16: **Selection** : Select an appropriate solution
- 17: **Update** : Update generation by $t=t+1$
- 18: **end while**
- 19: **Return** best-found minimizing makespan solution

รูปที่ 0-4 Pseudo Code ในกระบวนการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์

4.3 การจัดตารางการบรรจุยาเม็ด และการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลา

หลังจากการพัฒนาผลเฉลยแล้ว จะนำผลเฉลยที่ได้ไปใช้ในการจัดตารางการทำงานของ ผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งการคำนวณต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงานดังกล่าว โดย การจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานนั้น จะต้องสอดคล้องกับลำดับการบรรจุยาเม็ด และกิจกรรม ต่างๆที่เกี่ยวข้องในการบรรจุยาเม็ด ที่ได้จากผลเฉลยที่พัฒนาขึ้นแล้วจากขั้นตอนฮิวริสติกส์เชิงพัฒนา (Improvement Heuristics) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ดังแสดงตัวอย่าง การจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของผู้ปฏิบัติงานในปัจจุบันของเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2 และ ALU 3 ประจำเดือนมิถุนายน 2563 โดยตัวเลขในตารางแสดงถึงจำนวนชั่วโมงการทำงาน ซึ่งในวันทำ การปกติ จำนวน 8.5 หมายถึงผลรวมของจำนวนชั่วโมงทำงานในเวลาทำการปกติและจำนวนชั่วโมง ล่วงเวลาในวันทำการปกติ ในขณะที่วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการนั้น จำนวน 5.5 หมายถึง จำนวนชั่วโมงล่วงเวลาในวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการ ดังตารางที่ 4-9

จากนั้นนำตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานที่ได้ มาคำนวณต้นทุนค่า ล่วงเวลาด้วยข้อมูล อัตราเงินเดือนของผู้ปฏิบัติงาน และรูปแบบการปฏิบัติงานในเวลาทำการ และ รูปแบบการปฏิบัติงานล่วงเวลาของโรงงานกรณีศึกษา คือ

1. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันทำการปกติ คำนวณจากอัตรา 1.5 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมง ปฏิบัติงาน
2. ต้นทุนค่าล่วงเวลาในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 1.0 เท่าของเงินเดือนต่อชั่วโมง ปฏิบัติงาน
3. ต้นทุนค่าล่วงเวลาส่วนเพิ่มเติมในวันหยุดราชการ คำนวณจากอัตรา 3.0 เท่าของเงินเดือน ต่อชั่วโมงปฏิบัติงาน

		ALU 1	ALU 2	ALU 3
วันที่	วัน	Standard time (hr.)	Standard time (hr.)	Standard time (hr.)
1	จันทร์	8.50	8.50	8.50
2		8.50	8.50	8.50
3	วันหยุด	5.50	5.50	5.50
4		8.50	8.50	8.50
5		8.50	8.50	8.50
6	เสาร์	5.50	5.50	5.50
7	อาทิตย์		5.50	5.50
8	จันทร์	8.50	8.50	8.50
9		8.50	8.50	8.50
10		8.50	8.50	8.50
11		8.50	8.50	8.50
12		8.50	8.50	8.50
13	เสาร์	5.50	5.50	5.50
14	อาทิตย์		5.50	5.50
15	จันทร์	8.50	8.50	8.50
16		8.50	8.50	8.50
17		8.50	8.50	8.50
18		8.50	8.50	8.50
19		8.50	8.50	8.50
20	เสาร์	5.50	5.50	5.50
21	อาทิตย์		5.50	5.50
22	จันทร์	8.50	8.50	8.50
23		8.50	8.50	8.50
24		8.50	8.50	8.50
25		8.50	8.50	8.50
26		8.50	8.50	8.50
27	เสาร์	5.50	5.50	5.50
28	อาทิตย์			
29	จันทร์	8.50	8.50	8.50
30		8.50	8.50	8.50
รวม (hr.)		206.00	222.50	222.50

ตารางที่ 0-9 ตัวอย่างการจัดตารางการบรรจุยาเม็ดของผู้ปฏิบัติงานในปัจจุบันของเครื่องบรรจุยาเม็ด
ALU 1, ALU 2 และ ALU 3 ประจำเดือนมิถุนายน 2563

บทที่ 5

ผลการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการพัฒนา และปรับปรุงการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทำการวัดผลและเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากการสร้างผลเฉลยในขั้นตอนต่างๆ ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน (Current Solution) (ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563 ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา)
2. ผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Initial Solution)
3. ผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution)

โดยเป็นการวัดผลและเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan)
2. ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)

การประมวลผลเฉลยนั้น จะถูกประมวลด้วยโปรแกรม Python บนคอมพิวเตอร์ Intel® Core™ i5-8265U CPU 1.60 GHz 1.80 GHz RAM 8.00 GB

5.1 การเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan)

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ระหว่างผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เปรียบเทียบกับผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ได้จากข้อมูลการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563 ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา ดังตารางที่ 5-1 โดยการแสดงผลด้วยสมการร้อยละของความแตกต่าง (%Difference) ดังนี้

$$\%Difference = \left(\frac{\text{Solution of Current Plan} - \text{Solution of Heuristics Method}}{\text{Solution of Current Plan}} \right) \times 100$$

โดยที่ Solution of Current Plan คือผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน และ Solution of Heuristics Method คือผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ หรือการพัฒนาผลเฉลยด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)							
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ปีงบประมาณ 2563 : ไตรมาสที่ 3 และ 4						
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ค่าเฉลี่ย
ALU 1	216.75	195.50	204.00	204.00	229.50	195.50	207.54
ALU 2	221.00	242.25	221.00	229.50	238.00	212.50	227.38
ALU 3	246.50	238.00	221.00	242.25	221.00	233.75	233.75
PVC 1	21.00	21.00	21.00	26.50	21.00	26.50	22.83
PVC 2	195.50	187.00	191.25	212.50	187.00	182.75	192.67
PVC 3	127.50	110.50	119.00	114.75	127.50	119.00	119.71
Secondary pack	239.25	221.00	233.75	233.75	229.50	216.75	229.00

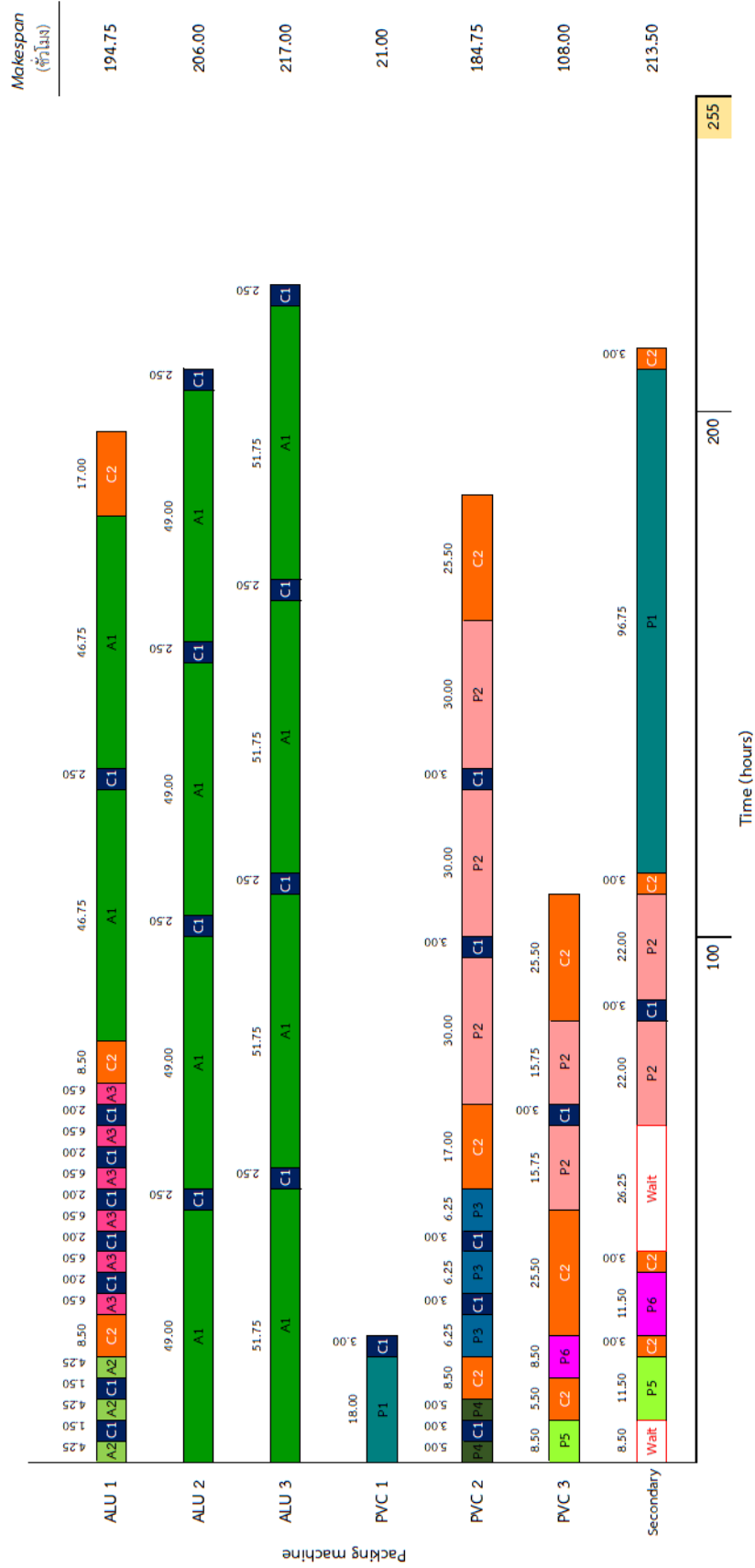
ตารางที่ 0-1 เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ของผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน

ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) พบว่าผลเฉลี่ยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และผลเฉลี่ยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีเวลาปิดงานที่น้อยกว่าผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน ในทุกๆ เครื่องบรรจุยาเม็ด และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ดังตารางที่ 5-2 ซึ่งตารางดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าเวลาปิดงานของทุกๆ เครื่องบรรจุยาเม็ดที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีค่าไม่แตกต่างไปจากผลเฉลี่ยเบื้องต้น หากแต่เวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นมีค่าน้อยกว่าเวลาปิดงานที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันกว่า 15.07% ในขณะที่เวลาปิดงานที่ได้จากผลเฉลี่ยเบื้องต้นกลับมีค่าน้อยกว่าเวลาปิดงานที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันเพียง 6.77% ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 8.30% คิดเป็นจำนวนกว่า 19 ชั่วโมง หรือมีค่าเท่ากับ 2.24 วัน (คำนวณจากจำนวนวันตามกรอบเวลา คือ 30 วัน หรือเท่ากับ 255 ชั่วโมงทำงาน) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเรียงลำดับรายการยาบรรจุบนเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าเวลาปิดงานของการบรรจุยาเม็ดบนเครื่องบรรจุยาเม็ดดังกล่าวยังคงเท่าเดิม ดังแสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) รูปที่ 5-1 และ 5-2

ทั้งนี้ เมื่อลำดับรายการยา และกิจกรรมต่างๆ บนเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 เปลี่ยนแปลงไป ลำดับของการบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกจึงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ส่งผลทำให้เวลาปิดงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกลดลงในที่สุด

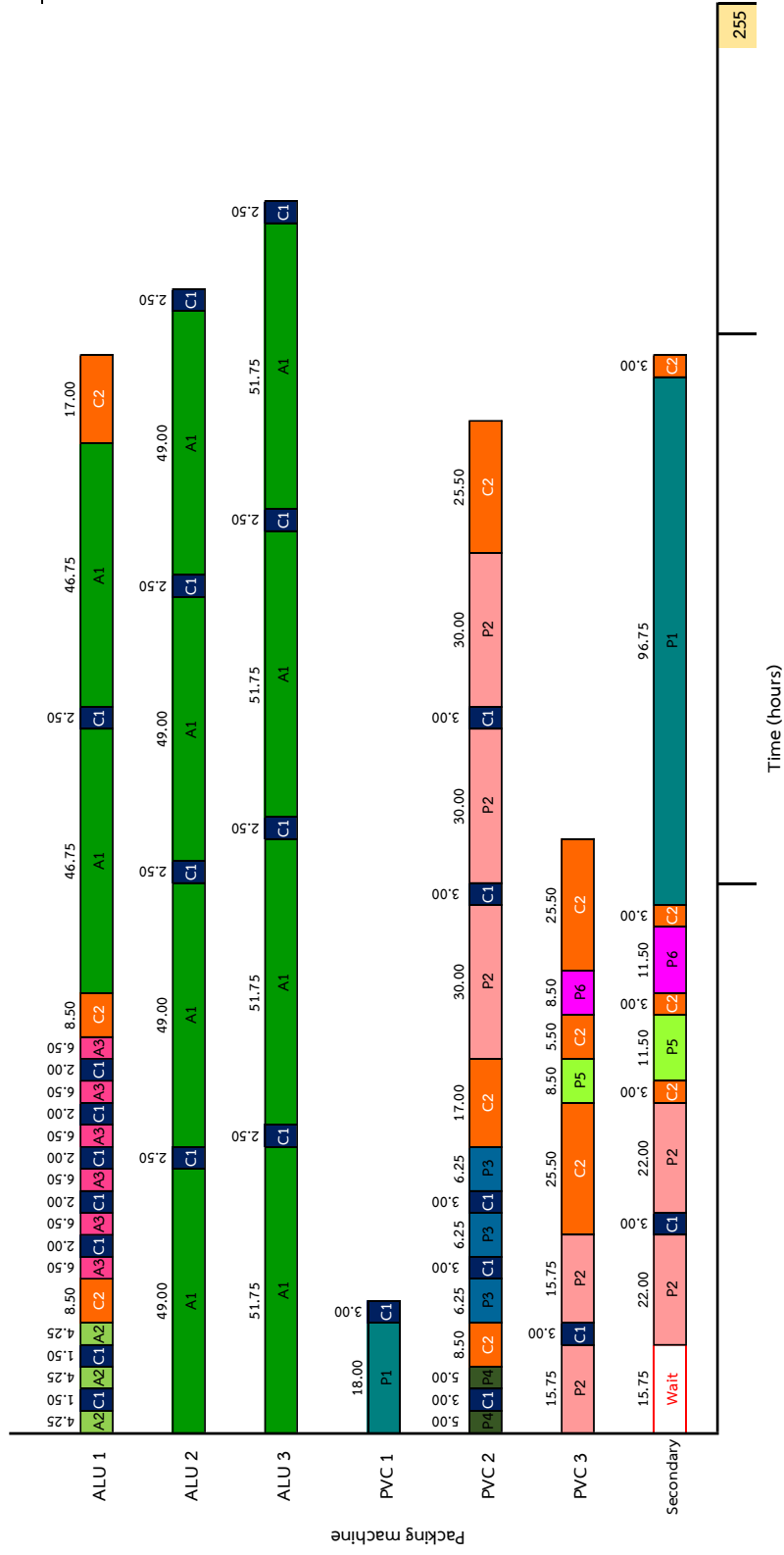
เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)					
เครื่องบรรจุยาเม็ด	Current Solution	Initial Solution		Improvement Solution	
		Makespan	%Difference	Makespan	%Difference
ALU 1	207.54	194.75	6.16%	194.75	6.16%
ALU 2	227.38	206.00	9.40%	206.00	9.40%
ALU 3	233.75	217.00	7.17%	217.00	7.17%
PVC 1	22.83	21.00	8.03%	21.00	8.03%
PVC 2	192.67	184.75	4.11%	184.75	4.11%
PVC 3	119.71	108.00	9.78%	108.00	9.78%
Secondary Packaging	229.00	213.50	6.77%	194.50	15.07%

ตารางที่ 0-2 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan)



รูปที่ 0-1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางอิวิริสติกส์ (Initial Solution)

Makespan
(ชั่วโมง)



รูปที่ 0-2 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางอิวิริสติกด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution)

หลังจากพัฒนาผลเฉลยด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแล้ว ทางผู้วิจัยพบว่า การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก มีเวลารอคอยการบรรจุยาถึง 15.75 ชั่วโมง ซึ่งในกระบวนการตัดสินใจของวิธีการทางฮิวริสติกส์ ทั้งการสร้างผลเฉลยเบื้องต้นและการพัฒนาผลเฉลยการบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกนั้น จะอ้างอิงจากกฎการจ่ายงานอย่างง่ายเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time หรือ SPT) ร่วมกับลำดับการบรรจุยาเม็ดบนเครื่อง PVC 1 และ PVC 3 แล้วจึงทำการจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเพิ่มเติมด้วยการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น โดยให้พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกสามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดได้อย่างอิสระ กล่าวคือ การจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกนั้น ไม่ต้องอ้างอิงกฎการจ่ายงานอย่างง่ายเวลาบรรจุยาเม็ดที่สั้นที่สุด และการจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนเครื่อง PVC 1 และ PVC 3 ซึ่งทำให้การจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก สามารถที่จะลำดับการบรรจุยาเม็ดรายการใดก่อนหลังก็ได้ แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกต้องเป็นการทำงานต่อเนื่องมาจากเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 1 และ PVC 3 เท่านั้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิจัยเพิ่มเติมด้วยการกำหนดให้การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกของรายการยา P1 สามารถแบ่งบรรจุเป็นหลายๆ ช่วงเวลาได้ เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่ารายการยา P1 ใช้เวลาในการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกมากถึง 96.75 ชั่วโมง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสามารถปรับปรุงผลเฉลยได้

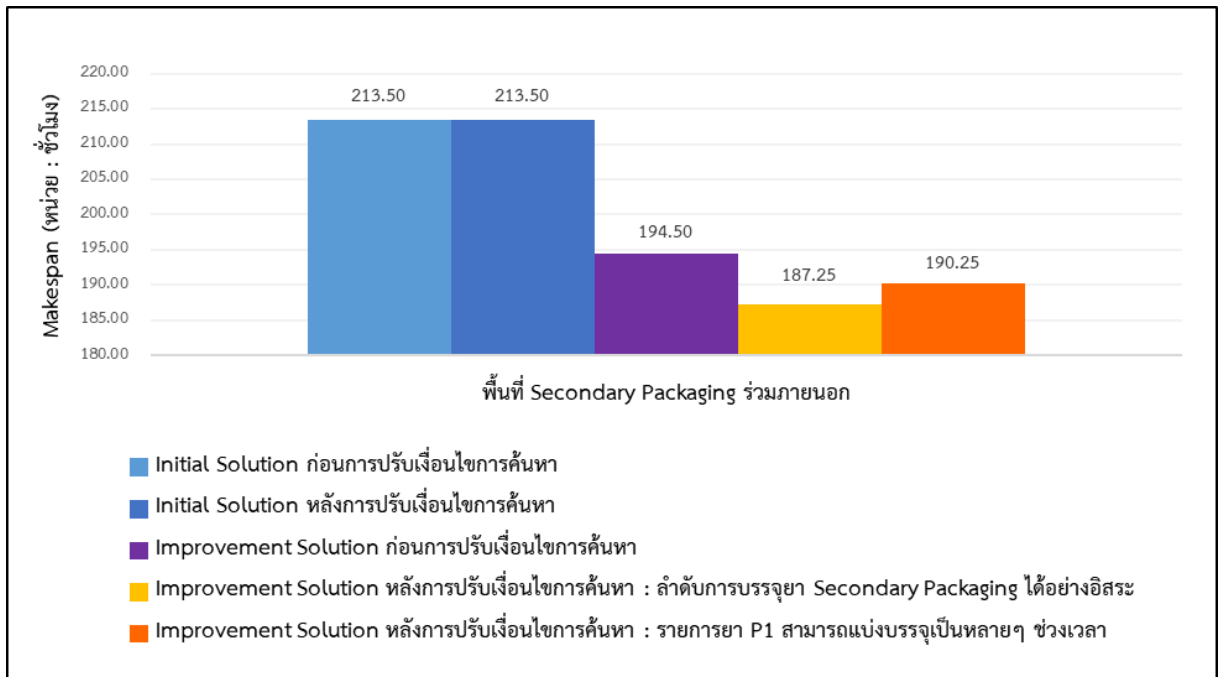
จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระ และกำหนดให้การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกของรายการยา P1 สามารถแบ่งบรรจุเป็นหลายๆ ช่วงเวลาได้นั้น ทำให้ผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดเวลาปิดงานบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกลงได้ถึง 18.23% และ 16.92% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับก่อนการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยที่ลดเวลาปิดงานได้ 15.07% แม้ว่าการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น ยังคงให้เวลาปิดงานที่เท่ากันกับก่อนการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขก็ตาม ดังตารางที่ 5-3 รูปที่ 5-3 และแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) รูปที่ 5-4 และ 5-5

ทั้งนี้ ในการนำไปจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานต่อไป การใช้ผลเฉลยจากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขดังกล่าว อาจต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ทั้งในเรื่องของกฎเกณฑ์ตามมาตรฐานหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตยา (Good Manufacturing Practice) ของ Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme (PIC/S) และการปฏิบัติงานในพื้นที่จริงด้วย

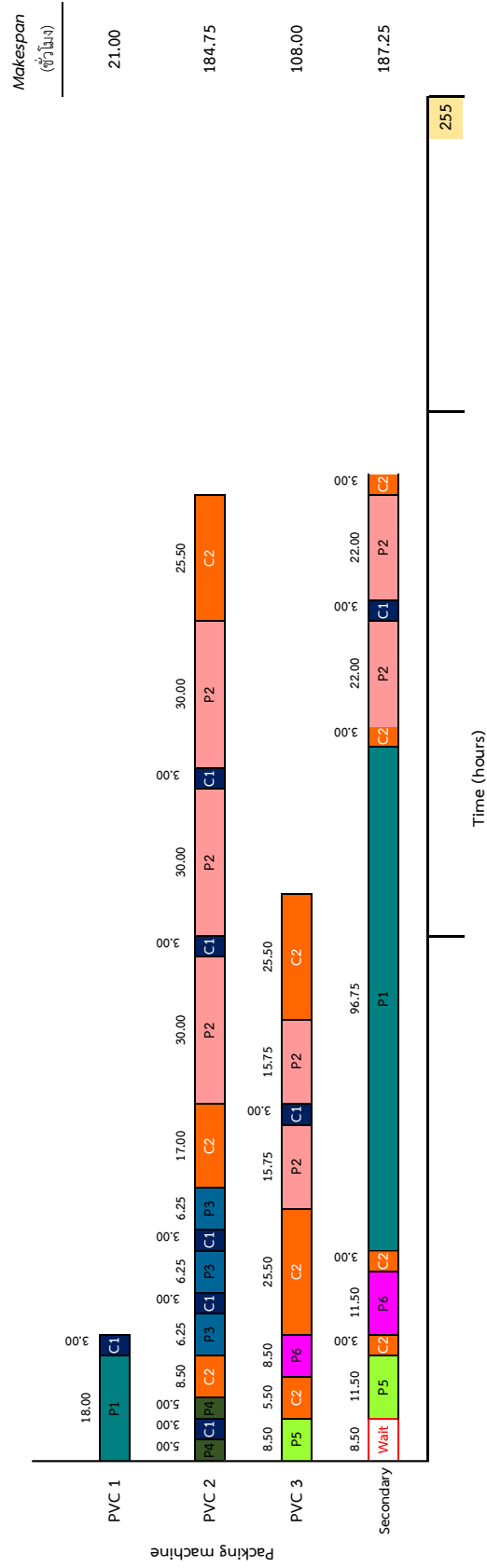


เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)												
เครื่องบรรจุยาเม็ด	Current Solution	Initial Solution ก่อนการปรับเงินไขการคั้นหา		Initial Solution หลังการปรับเงินไขการคั้นหา		Improvement Solution ก่อนการปรับเงินไขการคั้นหา		Improvement Solution หลังการปรับเงินไขการคั้นหา ลำดับการบรรจุยา Secondary Packaging ใต้อย่างอิสระ		Improvement Solution หลังการปรับเงินไขการคั้นหา รายการยา P1 สามารถแบ่งบรรจุเป็นหลายๆ ช่วงเวลา		
		Makespan	%Difference	Makespan	%Difference	Makespan	%Difference	Makespan	%Difference	Makespan	%Difference	
ALU 1	207.54	194.75	6.16%	194.75	6.16%	194.75	6.16%	194.75	6.16%	194.75	6.16%	
ALU 2	227.38	206.00	9.40%	206.00	9.40%	206.00	9.40%	206.00	9.40%	206.00	9.40%	
ALU 3	233.75	217.00	7.17%	217.00	7.17%	217.00	7.17%	217.00	7.17%	217.00	7.17%	
PVC 1	22.83	21.00	8.03%	21.00	8.03%	21.00	8.03%	21.00	8.03%	21.00	8.03%	
PVC 2	192.67	184.75	4.11%	184.75	4.11%	184.75	4.11%	184.75	4.11%	184.75	4.11%	
PVC 3	119.71	108.00	9.78%	108.00	9.78%	108.00	9.78%	108.00	9.78%	108.00	9.78%	
Secondary Packaging	229.00	213.50	6.77%	213.50	6.77%	194.50	15.07%	187.25	18.23%	190.25	16.92%	

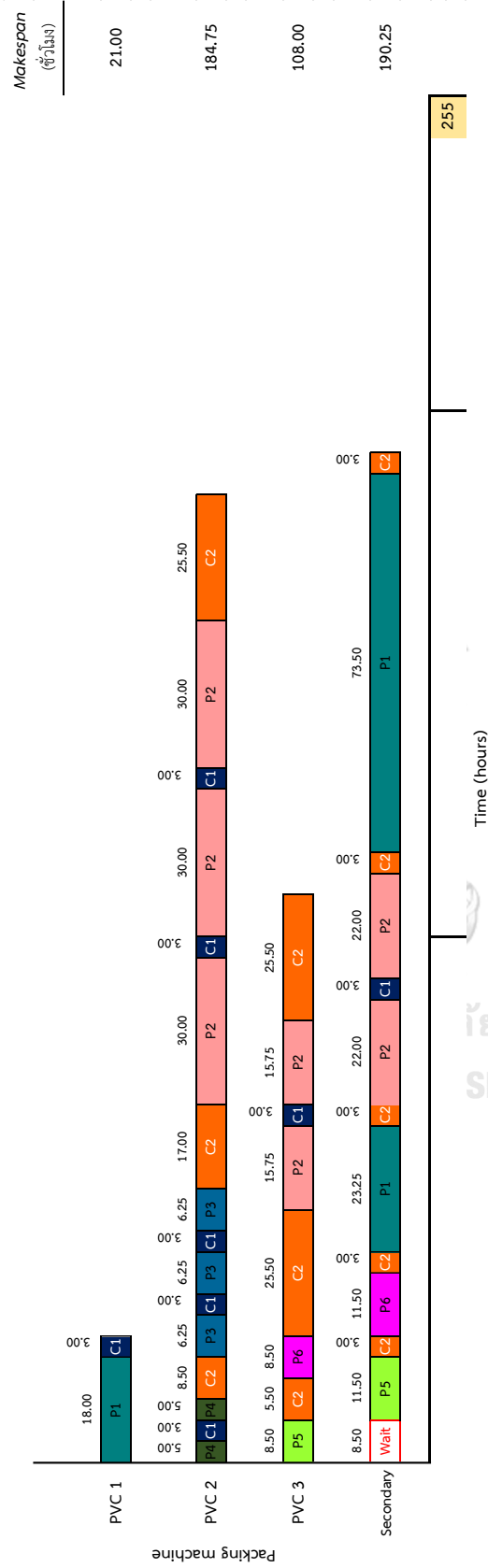
ตารางที่ 0-3 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเงินไขการคั้นหาผลเฉลี่ย



รูปที่ 0-3 ผลการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) ในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลย



รูปที่ 0-4 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution) หลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น ให้สามารถจัดการลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระ



รูปที่ 0-5 แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution) หลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้น ให้การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกของรายการยา P1 สามารถแบ่งบรรจุเป็นหลายๆ ช่วงเวลา

5.2 การเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นของต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) ระหว่างต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นผลเฉลยที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging ร่วมภายนอกได้อย่างอิสระ เนื่องจากเป็นกรณีที่ผลเฉลยมีเวลาปิดงานน้อยที่สุด โดยนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยที่ได้จากข้อมูลการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563 ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาดังตารางที่ 5-4 โดยการแสดงผลด้วยสมการร้อยละของความแตกต่าง (% Difference) เช่นเดียวกับหัวข้อ 5.1 ดังนี้

$$\%Difference = \left(\frac{\text{Solution of Current Plan} - \text{Solution of Heuristics Method}}{\text{Solution of Current Plan}} \right) \times 100$$

โดยที่ Solution of Current Plan คือต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน และ Solution of Heuristics Method คือต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ หรือการพัฒนาผลเฉลยด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

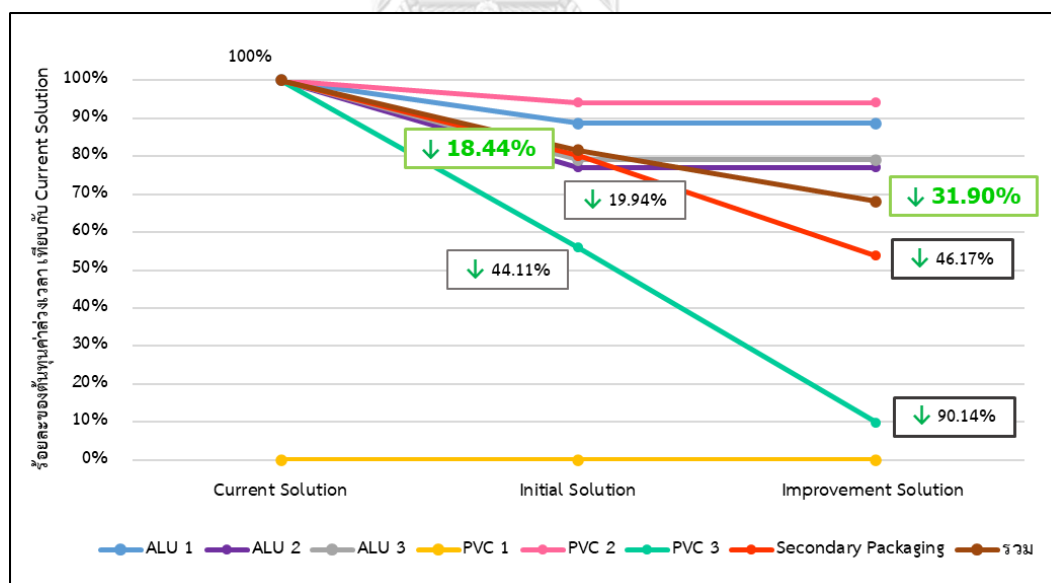
ต้นทุนค่าล่วงเวลา (Overtime Cost) (หน่วย : บาท)							
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ปีงบประมาณ 2563 : ไตรมาสที่ 3 และ 4						
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ค่าเฉลี่ย
ALU 1	77,816.67	62,698.00	68,478.67	68,478.67	80,929.33	62,698.00	70,183.22
ALU 2	80,929.33	104,941.33	80,484.67	83,597.33	99,605.33	84,042.00	88,933.33
ALU 3	115,613.33	99,605.33	80,484.67	104,941.33	77,816.67	88,933.33	94,565.78
PVC 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PVC 2	92,491.00	83,622.00	88,056.50	105,794.50	83,622.00	83,622.00	89,534.67
PVC 3	22,372.00	16,121.00	18,424.00	18,424.00	22,372.00	22,372.00	20,014.17
Secondary packaging	345,714.29	291,428.57	345,714.29	311,428.57	294,285.71	274,285.71	310,476.19

ตารางที่ 0-4 ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) ของผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน

ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มูลค่าและประเด็นของต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) พบว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลี่ยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลี่ยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีต้นทุนค่าล่วงเวลาที่น้อยกว่าผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน ในทุกๆ เครื่องบรรจุยาเม็ด และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ดังรูปที่ 5-6 และตารางที่ 5-5 ซึ่งรูปและตารางดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาของเครื่องบรรจุยาเม็ด ALU 1, ALU 2, ALU 3, PVC 1 และ PVC 2 ที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีค่าไม่แตกต่างไปจากผลเฉลี่ยเบื้องต้น หากแต่ต้นทุนค่าล่วงเวลาของเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 ที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นมีค่าน้อยกว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันกว่า 90.14% ในขณะที่ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยเบื้องต้นกลับมีค่าน้อยกว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันเพียง 44.11% ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 46.03% คิดเป็นจำนวนกว่า 9,212 บาท

เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)					
(หน่วย : บาท)					
เครื่องบรรจุยาเม็ด	Current Solution	Initial Solution		Improvement Solution	
		OT. Cost	%Difference	OT. Cost	%Difference
ALU 1	70,183.22	62,253.33	11.30%	62,253.33	11.30%
ALU 2	88,933.33	68,478.67	23.00%	68,478.67	23.00%
ALU 3	94,565.78	74,704.00	21.00%	74,704.00	21.00%
PVC 1	0.00	0.00	N/A	0.00	N/A
PVC 2	89,534.67	84,255.50	5.90%	84,255.50	5.90%
PVC 3	20,014.17	11,186.00	44.11%	1,974.00	90.14%
Secondary Packaging	310,476.19	248,571.43	19.94%	167,142.86	46.17%
รวม	673,707.36	549,448.93	18.44%	458,808.36	31.90%

ตารางที่ 0-5 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)



รูปที่ 0-6 แผนภาพแสดงร้อยละต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลยเบื้องต้นและผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เปรียบเทียบกับการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน

การที่ต้นทุนค่าล่วงเวลาของเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC3 ที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีความแตกต่างกับต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยเบื้องต้นกว่า 46.03% หรือคิดเป็นจำนวนกว่า 9,212 บาทนั้น เป็นผลมาจากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นผลเฉลี่ยที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลี่ยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระนั้น ทำให้การจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องจักร PVC 3 สามารถลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลงได้เป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับการจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องจักร PVC 3 ด้วยผลเฉลี่ยเบื้องต้น ดังตารางการทำงานตารางที่ 5-6 และ 5-7

ในขณะที่ต้นทุนค่าล่วงเวลาของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ที่ได้จากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นมีค่าน้อยกว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันกว่า 46.17% แต่ว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยเบื้องต้นกลับมีค่าน้อยกว่าต้นทุนค่าล่วงเวลาที่ได้จากผลเฉลี่ยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบันเพียง 19.94% ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 26.23% คิดเป็นจำนวนกว่า 81,428.57 บาท โดยเป็นผลมาจากผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นผลเฉลี่ยที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลี่ยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระนั้น ทำให้การจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก สามารถลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลงได้เป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับการจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกด้วยผลเฉลี่ยเบื้องต้น ดังตารางการทำงานตารางที่ 5-6 และ 5-7

การที่จำนวนชั่วโมงล่วงเวลาในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกของผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดลงได้นั้น เป็นผลมาจากการที่รายการยา P1 ถูกนำมาบรรจุก่อนรายการยา P2 จึงทำให้ไม่เกิดช่วงเวลารอคอยในการจัดตารางการทำงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก ดังแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงผลเฉลี่ยเบื้องต้นรูปที่ 5-1 และแผนภูมิแกนต์ แสดงผลเฉลี่ยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมรูปที่ 5-4 ซึ่งส่งผลให้เครื่องจักร PVC 3 สามารถจัดตารางการบรรจุยาเม็ดได้โดยไม่ต้องมีการเปิดให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานล่วงเวลาเพื่อให้บรรจุยาเม็ดทันกับความต้องการตามตารางการทำงานในพื้นที่ Secondary

Packaging รวมภายนอก เนื่องจากในขณะที่พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกกำลังบรรจุยาเม็ดรายการยา P1 เครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 ก็มีเวลาปฏิบัติงานที่เพียงพอต่อการบรรจุยาเม็ดรายการถัดไปโดยไม่ต้องมีการทำงานล่วงเวลา

นอกจากนั้น การที่ต้นทุนค่าล่วงเวลาของเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 และพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกลดลงดังกล่าว ทำให้ภาพรวมของต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลี่ยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดลงได้ถึง 31.90% และภาพรวมของต้นทุนค่าล่วงเวลาของผลเฉลี่ยเบื้องต้นสามารถลดลงได้ 18.44%



วันที่	วัน	PVC 1	PVC 2	PVC 3	Secondary Pack
		Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)
1	จันทร์	5.50	8.50	8.50	8.50
2		5.50	8.50	8.50	5.50
3		5.50	8.50	8.50	5.50
4		5.50	8.50	8.50	5.50
5			8.50	8.50	5.50
6	เสาร์		5.50	5.50	
7	อาทิตย์			5.50	
8	จันทร์		8.50	8.50	5.50
9			8.50	8.50	8.50
10			8.50	8.50	8.50
11			8.50	8.50	8.50
12			8.50	5.50	8.50
13	เสาร์				8.50
14	อาทิตย์				5.50
15	จันทร์		8.50	5.50	8.50
16			8.50	5.50	8.50
17			8.50	5.50	8.50
18			8.50		8.50
19			8.50		8.50
20	เสาร์				8.50
21	อาทิตย์				5.50
22	จันทร์		8.50		8.50
23			8.50		8.50
24			8.50		8.50
25			8.50		8.50
26			8.50		8.50
27	เสาร์				8.50
28	อาทิตย์				5.50
29	จันทร์		8.50		8.50
30			5.50		8.50
รวม (ชั่วโมง)		22.00	189.50	109.50	214.00

ตารางที่ 0-6 ตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister จากผลเฉลยเบื้องต้น (Initial Solution)

วันที่	วัน	PVC 1	PVC 2	PVC 3	Secondary Pack
		Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)	Standard time (ชม.)
1	จันทร์	5.50	8.50	8.50	8.50
2		5.50	8.50	8.50	8.50
3		5.50	8.50	5.50	8.50
4		5.50	8.50	5.50	8.50
5			8.50	5.50	8.50
6	เสาร์		5.50		5.50
7	อาทิตย์				
8	จันทร์		8.50	5.50	8.50
9			8.50	5.50	8.50
10			8.50	5.50	8.50
11			8.50	5.50	8.50
12			8.50	5.50	8.50
13	เสาร์				5.50
14	อาทิตย์				
15	จันทร์		8.50	5.50	8.50
16			8.50	5.50	8.50
17			8.50	5.50	8.50
18			8.50	5.50	8.50
19			8.50	5.50	8.50
20	เสาร์				5.50
21	อาทิตย์				
22	จันทร์		8.50	5.50	8.50
23			8.50	5.50	8.50
24			8.50	5.50	5.50
25			8.50	5.50	5.50
26			8.50		5.50
27	เสาร์				
28	อาทิตย์				
29	จันทร์		8.50		5.50
30			5.50		5.50
รวม (ชั่วโมง)		22.00	189.50	110.50	188.50

ตารางที่ 0-7 ตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister จากผลเฉลยในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution)

5.3 กรณีเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกระบวนการบรรจุยาเม็ด

ในงานวิจัยฉบับนี้ นอกจากการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) และต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดการการทำงาน (Overtime Cost) ระหว่างผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เปรียบเทียบกับผลเฉลยจากการจัดการกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน ภายใต้เงื่อนไขในปัจจุบัน คือ ความต้องการผลผลิต รูปแบบกระบวนการบรรจุยาเม็ด และข้อจำกัดในกระบวนการบรรจุยาเม็ดแล้วนั้น ผู้วิจัยได้จำลองเงื่อนไขเพิ่มเติมในกระบวนการบรรจุยาเม็ด เพื่อเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) และต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดการการทำงาน (Overtime Cost) ของผลเฉลยในขั้นตอนต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความยืดหยุ่นของการจัดการกระบวนการบรรจุยาเม็ดในอนาคต

กรณีเพิ่มเติมดังกล่าว คือ การเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ตามความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand) โดยเป็นการจำลองการจัดการกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้งประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging และ PVC-Aluminium Blister Packaging ภายใต้เงื่อนไขการเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ตามความต้องการผลผลิตของแผนกแผนงานการผลิต ตั้งแต่ความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่น้อยที่สุด (Minimum Demand) จนถึงความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand) ดังตารางที่ 5-8 โดยจะเป็นการเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) และต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดการการทำงาน (Overtime Cost) ระหว่างกรณีศึกษานี้กับผลเฉลยในหัวข้อ 5.1 และ 5.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสรุปแนวทางในการเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานกรณีศึกษาในอนาคต

รายการยา	แผนผลิตที่ต้องการต่อเดือน (หน่วย: Batch)	
A1	10 - 12	Batch
A2	3 - 6	Batch
A3	6 - 8	Batch
P1	1	Batch
P2	5 - 7	Batch
P3	3 - 4	Batch
P4	2 - 3	Batch
P5	1	Batch
P6	1	Batch

ตารางที่ 0-8 ความต้องการผลิตของแผนกแผนงานการผลิต โดยแสดงความต้องการผลิตใน
กระบวนการบรรจุยาเม็ดที่น้อยที่สุด (Minimum Demand) และความต้องการผลิตใน
กระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand)

ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยา
เม็ด (Makespan) พบว่าผลเฉลี่ยจากการจำลองการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดประเภท
Aluminium-Aluminium Blister Packaging ในกรณีศึกษาครั้งนี้ มีชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิต
ของรายการยา A1, A2 และ A3 จำนวน 36 ชุด แต่ว่ามีชุดที่เป็นไปได้ (Feasible) ทั้งหมด 14 ชุด
โดยอีก 22 ชุดที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) นั้นมาจากสาเหตุ คือ มีเวลาปิดงานเกินกรอบเวลาที่
กำหนด คือ 255 ชั่วโมงทำงาน ดังตารางที่ 5-9

โดยการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้ง 14 ชุดที่เป็นไปได้ (Feasible) นั้น ให้เวลาปิด
งานที่แตกต่างกันออกไปตามเครื่องบรรจุยาเม็ด Aluminium-Aluminium Blister Packaging แต่ละ
เครื่อง ดังตารางที่ 5-10 และรูปที่ 5-7 ส่วนการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของ 22 ชุดที่
เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) ดังตารางที่ 5-11

ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้น
จากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) โดยการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้ง 14 ชุด
นั้น ให้ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่แตกต่างกันออกไปตามเครื่องบรรจุยาเม็ด Aluminium-Aluminium
Blister Packaging แต่ละเครื่อง ดังตารางที่ 5-12 และรูปที่ 5-8

ความเป็นไปได้ของชุดการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging				
ชุดที่	จำนวนรุ่นการผลิต (หน่วย: Batch)			ความเป็นไปได้
	A1	A2	A3	
1	10	3	6	✓ Feasible
2	10	3	7	✓ Feasible
3	10	3	8	✓ Feasible
4	10	4	6	✓ Feasible
5	10	4	7	✓ Feasible
6	10	4	8	✓ Feasible
7	10	5	6	✓ Feasible
8	10	5	7	✓ Feasible
9	10	5	8	✓ Feasible
10	10	6	6	✓ Feasible
11	10	6	7	✓ Feasible
12	10	6	8	✗ Infeasible
13	11	3	6	✓ Feasible
14	11	3	7	✓ Feasible
15	11	3	8	✗ Infeasible
16	11	4	6	✗ Infeasible
17	11	4	7	✗ Infeasible
18	11	4	8	✗ Infeasible
19	11	5	6	✓ Feasible
20	11	5	7	✗ Infeasible
21	11	5	8	✗ Infeasible
22	11	6	6	✗ Infeasible
23	11	6	7	✗ Infeasible
24	11	6	8	✗ Infeasible
25	12	3	6	✗ Infeasible
26	12	3	7	✗ Infeasible
27	12	3	8	✗ Infeasible
28	12	4	6	✗ Infeasible
29	12	4	7	✗ Infeasible
30	12	4	8	✗ Infeasible
31	12	5	6	✗ Infeasible
32	12	5	7	✗ Infeasible
33	12	5	8	✗ Infeasible
34	12	6	6	✗ Infeasible
35	12	6	7	✗ Infeasible
36	12	6	8	✗ Infeasible

ตารางที่ 0-9 ความเป็นไปได้ของชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท
Aluminium-Aluminium Blister Packaging

เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)															
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ผลเฉลี่ยในหัวข้อ 5.1	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7	ชุดที่ 8	ชุดที่ 9	ชุดที่ 10	ชุดที่ 11	ชุดที่ 13	ชุดที่ 14	ชุดที่ 19
ALU 1	194.75	216.75	215.75	211.75	213.00	209.00	217.50	206.25	214.75	223.25	212.00	236.75	238.25	241.00	244.00
ALU 2	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	206.00	235.00	235.00	242.50	242.50
ALU 3	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00

ตารางที่ 0-10 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลี่ยจากขั้นตอนวิธีเชิง
 พันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลี่ยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible)

เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)											
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ชุดที่ 12	ชุดที่ 15	ชุดที่ 16	ชุดที่ 17	ชุดที่ 18	ชุดที่ 20	ชุดที่ 21	ชุดที่ 22	ชุดที่ 23	ชุดที่ 24	ชุดที่ 25
	ALU 1	256.00	255.25	262.25	262.25	221.50	230.00	261.00	256.75	258.25	261.00
ALU 2	206.00	235.00	206.00	206.00	257.50	257.50	242.50	242.50	242.50	242.50	257.50
ALU 3	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	271.25
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ชุดที่ 26	ชุดที่ 27	ชุดที่ 28	ชุดที่ 29	ชุดที่ 30	ชุดที่ 31	ชุดที่ 32	ชุดที่ 33	ชุดที่ 34	ชุดที่ 35	ชุดที่ 36
	ALU 1	252.50	261.00	244.00	252.50	261.00	244.00	252.50	261.00	249.75	258.25
ALU 2	206.00	206.00	286.50	286.50	286.50	263.50	263.50	263.50	263.50	263.50	263.50
ALU 3	271.25	271.25	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00

ตารางที่ 0-11 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) โดยข้อมูลที่ใช้พื้นหลังสีแดงแสดงถึงการมีเวลาปิดงานเกินกรอบเวลาที่กำหนด คือ 255 ชั่วโมงทำงาน

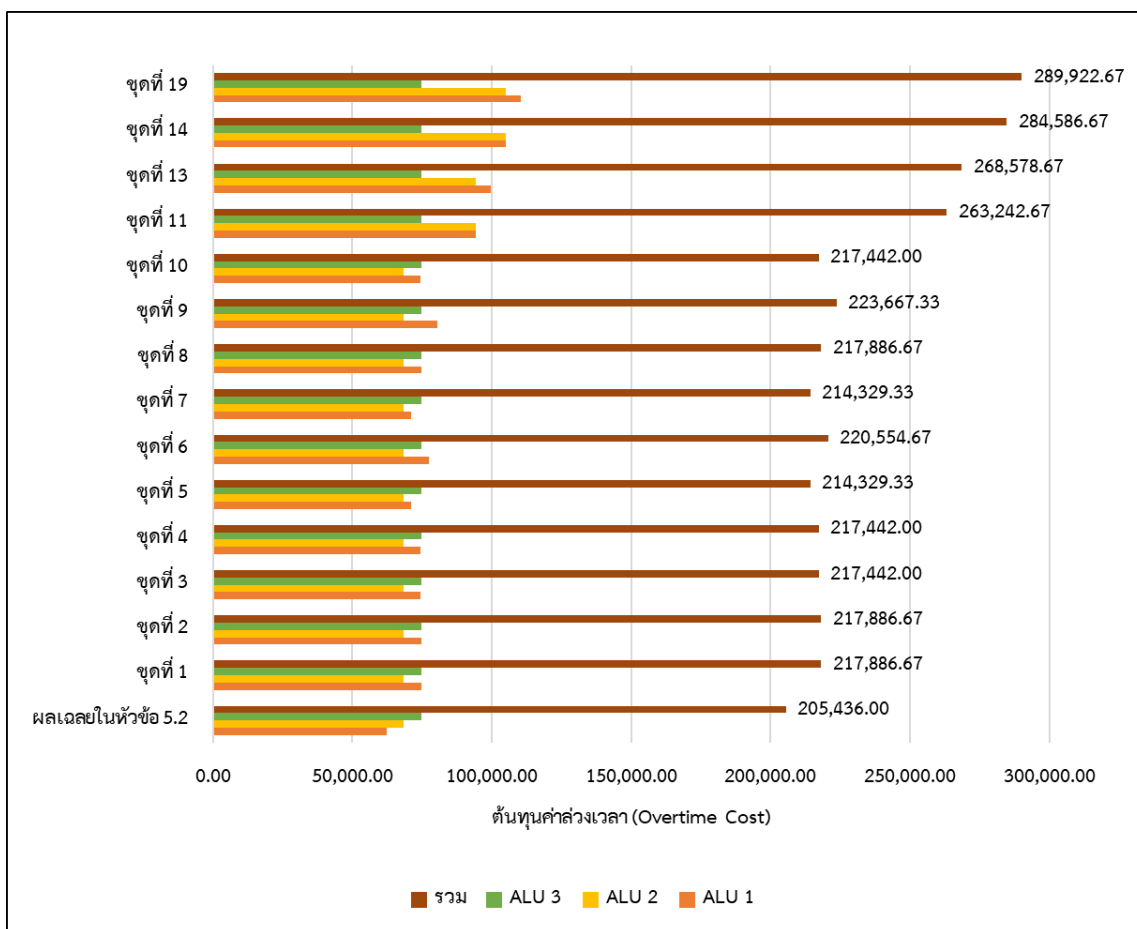


รูปที่ 0-7 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบเวลาปฏิบัติงานของรายการประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลี่ยจากขั้นตอนวิธี

เชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลี่ยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible) (หน่วย : ชั่วโมง)

เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดการทำงาน (Overtime Cost) (หน่วย: บาท)																		
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ผลคงอยู่ในหัวข้อ 5.2	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7	ชุดที่ 8	ชุดที่ 9	ชุดที่ 10	ชุดที่ 11	ชุดที่ 13	ชุดที่ 14	ชุดที่ 19			
ALU 1	62,253.33	74,704.00	74,704.00	74,259.33	74,259.33	71,146.67	77,372.00	71,146.67	74,704.00	80,484.67	74,259.33	94,269.33	99,605.33	104,941.33	110,277.33			
ALU 2	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	68,478.67	94,269.33	94,269.33	104,941.33	104,941.33			
ALU 3	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00	74,704.00			
รวม	205,436.00	217,886.67	217,886.67	217,442.00	217,442.00	214,329.33	220,554.67	214,329.33	217,886.67	223,667.33	217,442.00	263,242.67	268,578.67	284,586.67	289,922.67			

ตารางที่ 0-12 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลผลิตจากขั้นตอนวิธีเชิง
 พันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลผลิตของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible)



รูปที่ 0-8 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลี่ยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลี่ยของกรณีเพิ่มเติมที่เป็นไปได้ (Feasible) (หน่วย : บาท)

สำหรับกระบวนการบรรจุยาเม็ดประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) พบว่าผลเฉลี่ยจากการจำลองการ จัดตารางของกระบวนการบรรจุยาเม็ดในกรณีศึกษานี้ มีชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยา P1, P2, P3, P4, P5 และ P6 จำนวน 12 ชุด ซึ่งทุกชุดเป็นไปได้ (Feasible) ทั้งหมด ดังตารางที่ 5-13

โดยการ จัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้ง 12 ชุดนั้น ให้เวลาปิดงานที่แตกต่างกันออกไปตามเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC-Aluminium Blister Packing แต่ละเครื่อง ดังตารางที่ 5-14 และรูปที่ 5-19

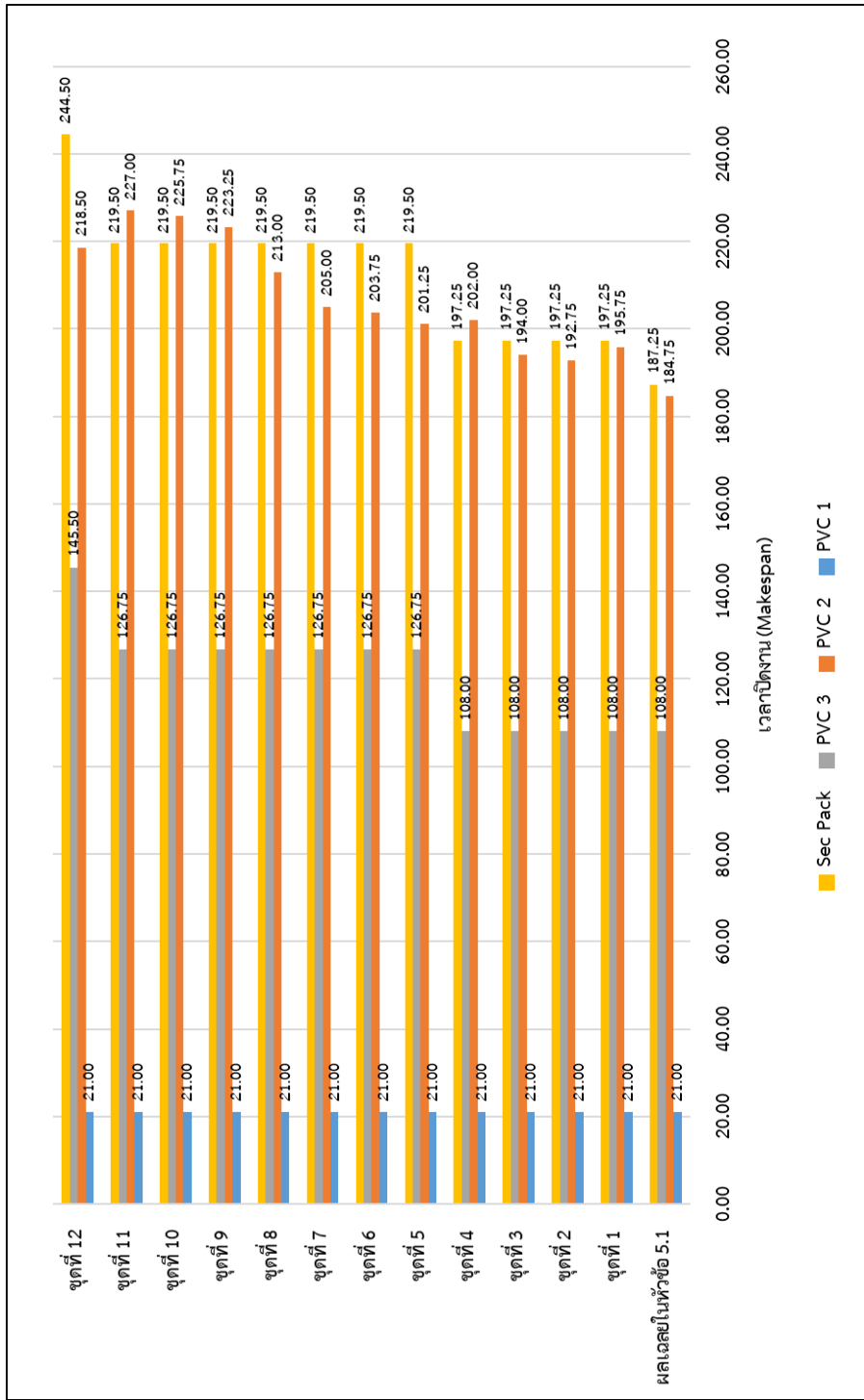
ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) โดยการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้ง 12 ชุดนั้น ให้ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่แตกต่างกันออกไปตามเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC -Aluminium Blister Packing แต่ละเครื่อง ดังตารางที่ 5-15 และรูปที่ 5-10

ความเป็นไปได้ของชุดการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging							
ชุดที่	จำนวนรุ่นการผลิต (หน่วย: Batch)						ความเป็นไปได้
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1	1	5	3	2	1	1	✓ Feasible
2	1	5	3	3	1	1	✓ Feasible
3	1	5	4	2	1	1	✓ Feasible
4	1	5	4	3	1	1	✓ Feasible
5	1	6	3	2	1	1	✓ Feasible
6	1	6	3	3	1	1	✓ Feasible
7	1	6	4	2	1	1	✓ Feasible
8	1	6	4	3	1	1	✓ Feasible
9	1	7	3	2	1	1	✓ Feasible
10	1	7	3	3	1	1	✓ Feasible
11	1	7	4	2	1	1	✓ Feasible
12	1	7	4	3	1	1	✓ Feasible

ตารางที่ 0-13 ความเป็นไปได้ของชุดของการแปรผันจำนวนรุ่นการผลิตของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging

เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)													
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ผลเฉลี่ยในหัวข้อ 5.1	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7	ชุดที่ 8	ชุดที่ 9	ชุดที่ 10	ชุดที่ 11	ชุดที่ 12
PVC 1	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
PVC 2	184.75	195.75	192.75	194.00	202.00	201.25	203.75	205.00	213.00	223.25	225.75	227.00	218.50
PVC 3	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00	126.75	126.75	126.75	126.75	126.75	126.75	126.75	145.50
Sec Pack	187.25	197.25	197.25	197.25	197.25	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	219.50	244.50

ตารางที่ 0-14 เปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลี่ยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลี่ยของกรณีศึกษา 5.3.2

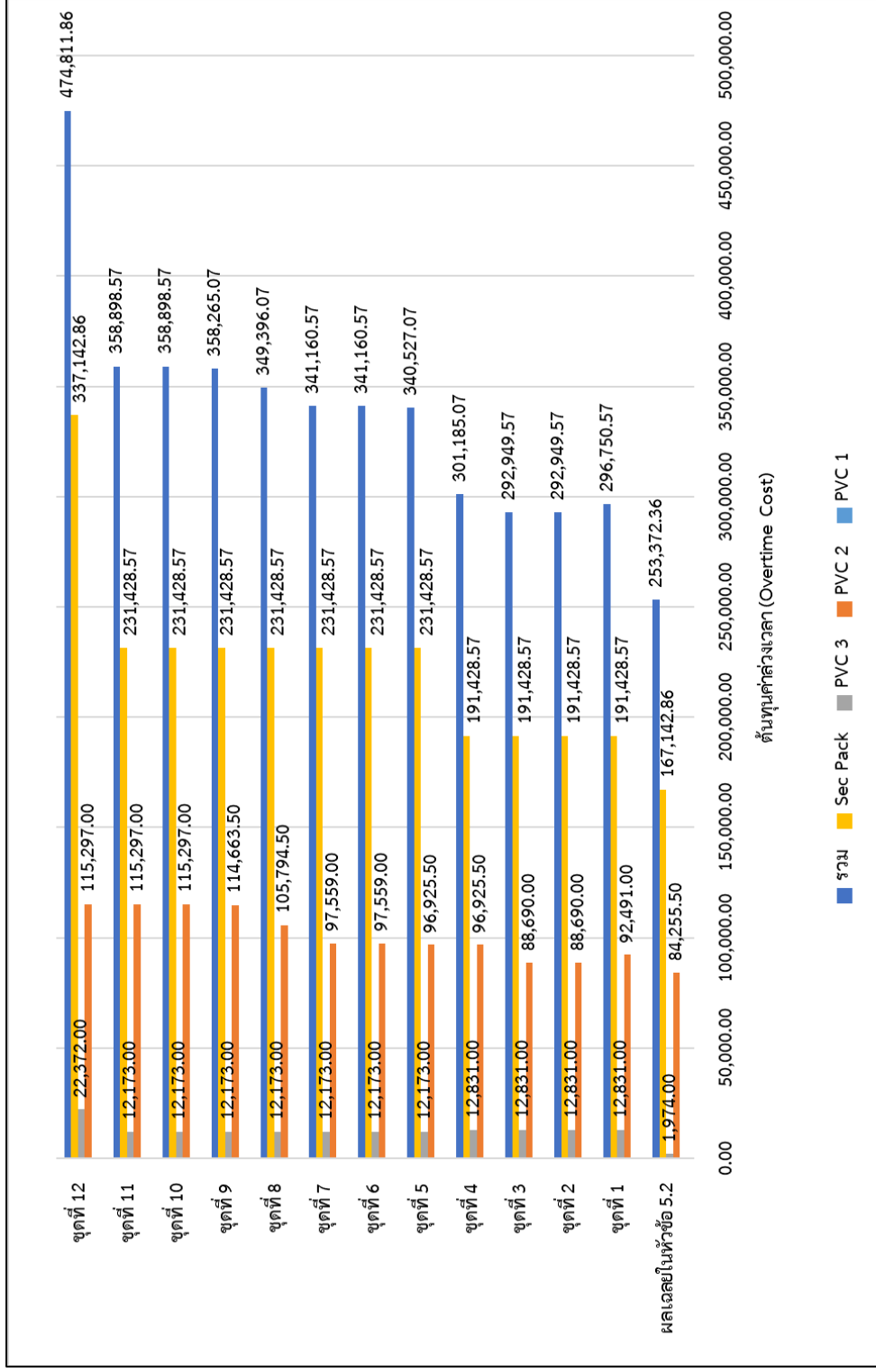


รูปที่ 0-9 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบเวลาปิดงานของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของ
 ผลเฉลี่ยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.1 กับผลเฉลี่ยของกรณีศึกษา 5.3.2 (หน่วย : ชั่วโมง)

เปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) (หน่วย : ชั่วโมง)													
เครื่องบรรจุยาเม็ด	ผลผลิตไม่หัวข้อ 5.2	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7	ชุดที่ 8	ชุดที่ 9	ชุดที่ 10	ชุดที่ 11	ชุดที่ 12
PVC 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PVC 2	84,255.50	92,491.00	88,690.00	88,690.00	96,925.50	96,925.50	97,559.00	97,559.00	105,794.50	114,663.50	115,297.00	115,297.00	115,297.00
PVC 3	1,974.00	12,831.00	12,831.00	12,831.00	12,831.00	12,173.00	12,173.00	12,173.00	12,173.00	12,173.00	12,173.00	12,173.00	22,372.00
Sec Pack	167,142.86	191,428.57	191,428.57	191,428.57	191,428.57	231,428.57	231,428.57	231,428.57	231,428.57	231,428.57	231,428.57	231,428.57	337,142.86
รวม	253,372.36	296,750.57	292,949.57	292,949.57	301,185.07	340,527.07	341,160.57	341,160.57	349,396.07	358,265.07	358,898.57	358,898.57	474,811.86

ตารางที่ 0-15 เปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการยาประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลผลิตจากขั้นตอนนี้เชิง

พันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลผลิตของกรณีศึกษา 5.3.2



รูปที่ 0-10 แผนภูมิแสดงเปรียบเทียบต้นทุนค่าล่วงเวลาของรายการประเภท PVC-Aluminium Blister Packaging ของผลเฉลี่ย

จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในหัวข้อ 5.2 กับผลเฉลี่ยของกรณีศึกษา 5.3.2 (หน่วย : ชั่วโมง)

จากการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางในการเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานกรณีศึกษาในอนาคตจากกรณีศึกษาดังกล่าว อาจสรุปได้ว่าการเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้มากขึ้น จากความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่น้อยที่สุด (Minimum Demand) จนถึงความต้องการผลผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand) นั้น สามารถจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้ตอบสนองต่อจำนวนรุ่นการผลิตของแต่ละรายการยาที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการของแผนกแผนงานการผลิตได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ต้องการเพิ่มผลผลิตรายการยา A1 อีก 1 รุ่นการผลิต หรือต้องการเพิ่มผลผลิตรายการยา P2 อีก 2 รุ่นการผลิตในเดือนใดๆ ก็สามารถทำได้ทันที และสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนค่าล่วงเวลาของผู้ปฏิบัติงานได้ด้วยความเร็ว โดยที่การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดก็จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นกว่าในปัจจุบัน รวมทั้งยังสามารถนำไปคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไปได้อีกด้วย



บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินการวิจัย

6.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการพัฒนา และปรับปรุงการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทำการวัดผลและเปรียบเทียบผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Initial Solution) และผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Improvement Solution) กับผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในปัจจุบัน (Current Solution) ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในไตรมาสที่ 3 และ 4 ปีงบประมาณ 2563 ของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา โดยเป็นการวัดผลและเปรียบเทียบผลเฉลยในแง่มุมและประเด็นต่างๆ คือ เวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) และต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost)

ในแง่มุมและประเด็นเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด (Makespan) พบว่าผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มีเวลาปิดงานที่น้อยกว่าผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน โดยมีความแตกต่างกันในเครื่องบรรจุยาเม็ดแต่ละเครื่อง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเรียงลำดับรายการยาบรรจุบนเครื่องบรรจุยาเม็ดต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลเฉลยที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระนั้น ผลเฉลยของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดเวลาปิดงานได้กว่าร้อยละ 18.23 ในขณะที่ผลเฉลยเบื้องต้นสามารถลดเวลาปิดงานได้เพียงแค่อ้อยละ 6.77 เมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่พื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกรับงานบรรจุยาเม็ดต่อเนื่องมาจากเครื่องบรรจุยาเม็ดต่างๆ นั้น การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในเครื่องบรรจุยาเม็ดต้นทางที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ก็จะส่งเสริมให้การบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากไม่เกิดช่วงเวลารอคอยในการจัดตารางทำงานของพื้นที่ Secondary Packaging รวม

ภายนอก จะต้องมีการทำงานล่วงเวลาเพื่อเร่งรัดการบรรจุยาเม็ดในภายหลังเมื่อใกล้ถึงกำหนดเวลาส่งมอบ

ในแง่มุมมองและประเด็นต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงาน (Overtime Cost) พบว่าผลเฉลยเบื้องต้นจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ และผลเฉลยจากวิธีการทางฮิวริสติกส์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้น มีต้นทุนค่าล่วงเวลาที่น้อยกว่าผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลเฉลยที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการค้นหาผลเฉลยเบื้องต้นที่กำหนดให้สามารถจัดลำดับการบรรจุยาเม็ดบนพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกได้อย่างอิสระนั้น ทำให้การจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบรรจุยาเม็ดสามารถลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลงได้เป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับผลเฉลยเบื้องต้น ซึ่งส่งผลโดยตรงให้การจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอก สามารถลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลงได้เป็นอย่างมาก โดยผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมของเครื่องบรรจุยาเม็ด PVC 3 สามารถลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้กว่าร้อยละ 90.14 ในขณะที่ผลเฉลยเบื้องต้นสามารถลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้เพียงแค่อ้อยละ 44.11 ในขณะที่ผลเฉลยของพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้กว่าร้อยละ 46.17 และผลเฉลยเบื้องต้นสามารถลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้เพียงแค่อ้อยละ 19.94 ซึ่งทำให้ในภาพรวมนั้นผลเฉลยจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้ถึงร้อยละ 31.90 ส่วนผลเฉลยเบื้องต้นลดต้นทุนค่าล่วงเวลาได้เพียงร้อยละ 18.44 เมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดปัจจุบัน

นอกจากการจัดตารางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าล่วงเวลาโดยตรงแล้ว การบรรจุยาเม็ดในพื้นที่ Secondary Packaging รวมภายนอกนั้น มักเลือกใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีอัตราเงินเดือนค่อนข้างสูง ส่งผลทำให้ต้นทุนค่าล่วงเวลาที่คำนวณได้มีค่าค่อนข้างสูงตามไปด้วย

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยต่อยอดโดยการจำลองเงื่อนไขเพิ่มเติมในกระบวนการบรรจุยาเม็ด เพื่อเปรียบเทียบเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ดและต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางการทำงานของผลเฉลยในขั้นตอนต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความยืดหยุ่นของการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในอนาคต

ในการวิจัยเพิ่มเติมนั้นเป็นการจำลองการเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องบรรจุยาเม็ดในการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดทั้งประเภท Aluminium-Aluminium Blister Packaging และ PVC-Aluminium Blister Packaging โดยผลการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยในแง่มุมและประเด็นของเวลาปิดงาน พบว่าการเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้มากขึ้น จากความต้องการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่น้อยที่สุด (Minimum Demand) จนถึงความต้องการผลิตในกระบวนการบรรจุยาเม็ดที่มากที่สุด (Maximum Demand) นั้น สามารถจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดให้ตอบสนองต่อจำนวนรุ่นการผลิตของแต่ละรายการยาที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการของแผนกแผนงานการผลิตได้หลากหลายรูปแบบ และสามารถทำได้ทันที ซึ่งสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนค่าล่วงเวลาของผู้ปฏิบัติงานได้ด้วยความเร็ว โดยที่การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดก็จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นกว่าในปัจจุบัน รวมทั้งยังสามารถนำไปคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไปได้อีกด้วย

การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นหนึ่งในปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มุ่งเน้นการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาที่ใช้ในกระบวนการบรรจุยาเม็ด ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการขององค์กร และลูกค้าได้โดยมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดนั้นกลับมีความซับซ้อน ทั้งจากจำนวนรายการยา และเครื่องบรรจุยาเม็ดที่มีความหลากหลาย ตลอดจนข้อจำกัดในการบรรจุต่างๆ ส่งผลทำให้การค้นหาผลเฉลยด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมเป็นไปได้ยากยิ่ง ด้วยเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาวิธีเมตาฮิวริสติกส์โดยอ้างอิงจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว การจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ดของโรงงานผลิตยากรณีศึกษา โดยมุ่งหวังให้ตัวชี้วัดต่างๆ ที่สำคัญ อันประกอบไปด้วยเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด จำนวนงานล่าช้า และต้นทุนค่าล่วงเวลาจากการจัดตารางการทำงานที่ดีขึ้น

จากการทดลองโดยอาศัยข้อมูลของโรงงานผลิตยากรณีศึกษาเป็นเวลา 30 วัน หรือ 255 ชั่วโมงทำงาน ผู้วิจัยพบว่า ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ปรับปรุงแผนการบรรจุยาเม็ดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยเบื้องต้นจากรูปแบบการจ่ายงานอย่างง่าย โดยการประเมินผลลัพธ์ที่ได้ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยเวลาปิดงานของกระบวนการบรรจุยาเม็ด จำนวนงานล่าช้า และต้นทุนค่าล่วงเวลาจากการจัดตารางการทำงานที่ลดลง

นอกจากการปรับปรุงด้านต้นทุนแล้ว ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นยังส่งผลโดยอ้อมต่อคุณภาพชีวิตของทั้งผู้วางแผนงาน และผู้ปฏิบัติงาน จากเดิมที่ต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงในการวางแผนการบรรจุยาเม็ด และมาปฏิบัติงานในวันหยุด ก็สามารถนำเวลาที่เสียไปใช้ในกิจกรรมการผลิตอื่นๆ หรือนำไปใช้ในชีวิตนอกเหนือจากการทำงาน ซึ่งจะเป็นผลทางอ้อมที่ดีต่อสังคมในภาพรวม

6.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการเลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบ 2 ชั้น มาใช้ในการแก้ปัญหาของกระบวนการบรรจุยาเม็ด ด้วยการสร้างผลเฉลยเบื้องต้นจากกฎการจ่ายงานที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาผลเฉลยด้วยหลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ภายใต้ปัจจัยต่างๆ ทั้งในเรื่องของรายการยาเม็ดบรรจุที่มีหลายรายการ เครื่องบรรจุยาเม็ดที่มีความหลากหลาย เวลามาตรฐานของกิจกรรมต่างๆ และความต้องการผลผลิตตามคำสั่งผลิตในกรอบเวลาที่กำหนด โดยมุ่งหวังให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ลดเวลาปิดงาน ลดจำนวนงานบรรจุยาเม็ดที่ล่าช้า ลดช่วงเวลาปฏิบัติงานล่วงเวลา และลดต้นทุนค่าล่วงเวลาให้น้อยลง ซึ่งวิธีการทางฮิวริสติกส์ดังกล่าวจะมีการกำหนดขั้นตอนในการหาผลเฉลยของปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยการพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษของปัญหาและพัฒนาวิธีการเพื่อให้ได้ผลเฉลยที่ดีของปัญหา ซึ่งมีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนี้เท่านั้น การนำไปใช้เพื่อต่อยอดงานวิจัย อาจต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อการจัดตารางกระบวนการบรรจุยาเม็ด เช่น พฤติกรรมการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานและความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน (Human Error) ในพื้นที่บรรจุยาเม็ด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการบรรจุยาเม็ดไม่ปฏิบัติตามแผนงาน นอกจากนั้นอาจพิจารณาการสร้างเมตาฮิวริสติกส์อื่นๆ มาใช้ร่วมในการพัฒนาสร้างแผนการบรรจุยาเม็ด หรือปรับปรุงตัวชี้วัดที่สำคัญอื่นๆ เช่น การลดเวลาสายสูงสุด หรือการเพิ่มความเท่าเทียมของอัตราประโยชน์ของเครื่องจักร วิธีการที่นำเสนอนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการประเมินผลการปรับปรุงจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบกิจกรรมการบรรจุยาเม็ดเดิม ไปเป็นรูปแบบอื่นได้อีกด้วย เช่น การปรับเปลี่ยนลดขนาดของรุ่นการผลิตลง ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการตอบสนองต่ออุปสงค์ที่เพิ่มขึ้น หากแต่จะเพิ่มความซับซ้อนของการวางแผนมากขึ้นกว่าเดิม

บรรณานุกรม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[1] ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[2] P. Pongcharoen, C. Hicks, P.M. Braiden and D.J. Stewardson. 2002. “Determining Optimum Genetic Algorithm Parameters for Scheduling the Manufacturing and Assembly of Complex Products”. Int. J. Production Economics, Vol. 78: 311-322.

[3] จุฑามาศ ผลตระกูล และพิศิษฐ์ จารุมนีโรจน์. 2561. “ฮิวริสติกสำหรับการจัดลำดับการผลิตยาเม็ดเคลือบฟิล์ม.” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 25, ฉบับที่ 1: 1-14.

[4] K. Helsgaun. 2000. “An Effective Implementation of The Lin-Kernighan Traveling Salesman Heuristic”. Eur. J. Oper. Res., Vol. 126: 106-130.

[5] G. Clarke and J. W. Wright. 1964. “Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points”. Oper. Res., Vol. 12(4): 568-581.

[6] Q. Liu, H. Cheng, T. Tian, Y. Wang, J. Leng, R. Zhao, H. Zhang and L. Wei. 2021. “Algorithms for the Variable-Sized Bin Packing Problem with Time Windows”. Comput Ind Eng., Vol. 155.

[7] M. Witteman, Q. Deng and B. F. Santos. 2021. “A Bin Packing Approach to Solve the Aircraft Maintenance Task Allocation Problem”. Eur. J. Oper. Res., Vol. 294: 365–376.

[8] C. Che, E. Demir and Y. Huang. 2021. “An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Delivery Robots”. Eur. J. Oper. Res.

- [9] G. Srivastava, A. Singh and R. Mallipeddi. 2021. “NSGA-II with Objective-Specific Variation Operators for Multiobjective Vehicle Routing Problem with Time Windows”. *Expert Syst. Appl.*, Vol. 176.
- [10] วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ. หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556.
- [11] S. Promjun and P. Jarumaneeroj. 2019. “Heuristic Based Scheduling for Toothpaste Filling Problem”. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, Vol. 530.
- [12] A. A. Reyes, A. Mendoza and E. Olivares-Benitez. 2021. “A Heuristic Method for the Supplier Selection and Order Quantity Allocation Problem”. *Appl. Math. Model.*, Vol. 90: 1130-1142.
- [13] J. Y. Potvin and J. M. Rousseau. 1995. “An Exchange Heuristic for Routing Problems with Time Windows”. *J Oper Res Soc.*, Vol. 46(12): 1433-1446.
- [14] R. Haupt. 1989. “A Survey of Priority Rule-Based Scheduling”. *OR Spektrum*. Vol. 11: 3-16.
- [15] S. S. Panwalkar and W. Iskander. 1977. “A Survey of Scheduling Rules”. *Oper. Res.* Vol. 25(1): 45-61.
- [16] I. Harjunkoski, C. T. Maravelias, P. Bongers, P. M. Castro, S. Engell, I. E. Grossmann, J. Hooker, C. Méndez, G. Sand and J. Wassick. 2014. “Scope for Industrial Applications of Production Scheduling Models and Solution Methods”. *Comput Chem Eng.* Vol. 62: 161-193.
- [17] P. Hansen and N. Mladenović. 2001. “Variable Neighborhood Search: Principles and Applications”. *Eur. J. Oper. Res.* Vol. 130: 449-467.

- [18] R. Hoogervorst, T. Dollevoet, G. Maroti and D. Huisman. 2021. "A Variable Neighborhood Search Heuristic for Rolling Stock Rescheduling". *EURO J. Transp. Logist.* Vol. 10.
- [19] R. Jans and Z. Degraeve. 2007. "Meta-Heuristics for Dynamic Lot Sizing: A Review and Comparison of Solution Approaches". *Eur. J. Oper. Res.* Vol. 177: 1855-1875.
- [20] L. Venditti, D. Pacciarelli and C. Meloni. 2010. "A Tabu Search Algorithm for Scheduling Pharmaceutical Packaging Operations". *Eur. J. Oper. Res.* Vol. 202: 538-546.
- [21] A. H. Gandomi, X. S. Yang, S. Talatahari and A. H. Alavi. *Metaheuristic Applications in Structures and Infrastructures*, 1st ed., Elsevier, 2013.
- [22] X. S. Yang. *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*, 2nd ed., Luniver Press, 2010.
- [23] J. Behnamiana, S.M.T. Fatemi Ghomia, F. Jolai and O. Amirtaheri. 2012. "Minimizing Makespan on a Three-Machine Flowshop Batch Scheduling Problem with Transportation using Genetic Algorithm". *Appl. Soft Comput.*, Vol. 12: 768-777.
- [24] P. Damodaran, P. K. Manjeshwar and K. Srihari. 2006. "Minimizing Makespan on a Batch-Processing Machine with Non-Identical Job Sizes using Genetic Algorithms". *Int. J. Production Economics.*, Vol. 103: 882-891.
- [25] M. Köksalan, A. B. Keha. 2003. "Using Genetic Algorithms for Single-Machine Bicriteria Scheduling Problems". *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 143: 543-556.

- [26] A. Costa. 2015. "Hybrid Genetic Optimization for Solving the Batch-Scheduling Problem in a Pharmaceutical Industry". *Comput Ind Eng.*, Vol. 79: 130-147.
- [27] P. Guo, X. Wang and Y. Han. 2010. "The Enhanced Genetic Algorithms for the Optimization Design". 3rd IEEE EMBS Int. Conf. Biomed. Eng. Inform.
- [28] P.G. Gasquet, C. Andrés and F. C. Lario. 2012. "An Agent-Based Genetic Algorithm for Hybrid Flowshops with Sequence Dependent Setup Times to Minimise Makespan". *Expert Syst. Appl.*, Vol. 39: 8095-8107.
- [29] K. Jankauskas and S. S. Farid. 2012. "Multi-Objective Biopharma Capacity Planning Under Uncertainty Using a Flexible Genetic Algorithm Approach". *Comput Chem Eng.* Vol. 128: 35-52.
- [30] N. Kundakc and O. Kulak. 2016. "Hybrid Genetic Algorithms for Minimizing Makespan in Dynamic Job Shop Scheduling Problem". *Comput Ind Eng.*, Vol. 96: 31-51.
- [31] K. C. C. Chan. 1997. "Handling the Assembly Line Balancing Problem in the Clothing Industry Using a Genetic Algorithm". *Int J Cloth Sci Tech.*, Vol. 10: 21-37.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ทศพร ประเสริฐพร
วัน เดือน ปี เกิด	5 พฤศจิกายน 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	เกาส์ศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกาส์ศาสตร์ แขนงวิชาเกาส์อุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	พุทธมณฑลสาย 2 แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร
ผลงานตีพิมพ์	การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการบรรจุยาเม็ด (An Application of a Genetic Algorithm for the Scheduling of Tablets Packaging Process)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY