อินันทามาการ

สำนักหอสมุด

การวางแผนการผลิตและการเก็บเกี่ยวผักเพื่อการบริโภค

กรณีศึกษา เกษตรกรรายย่อย

VEGETABLES PRODUCTION AND HARVESTING PLANNING

: A CASE STUDY OF A SMALL FARMER

นางสาวฉัตรฑารินัน คำปัน รหัส 56361020

นายภาณุชิต สายเสมา รหัส 56361440

27 ส.ค. 2561
17238241
ปร
i 723824
ว232ก
2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การวางแผนการผลิตและการเก็บเกี่ยวผักเพื่อการบริโภค
กรณีศึกษา เกษตรกรรายย่อย

ผู้จัดทำโครงงาน นางสาวฉัตรฑาริน์น คำปัน รหัส 56361020
นายภาณุชิต สายเสมา รหัส 56361440

ที่ปรึกษาโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2559

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์)

.....กรรมการ
(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โพธิ์งาม สมกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวางแผนการผลิตและการเก็บเกี่ยวผักเพื่อการบริโภค กรณีศึกษา เกษตรกรรายย่อย
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวฉัตรฑาริน์น คำปัน รหัส 56361020
	นายภาณุชิต สายเสมา รหัส 56361440
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2559

.....

บทคัดย่อ

การจัดหาวัตถุดิบในการประกอบอาหารให้ผู้ป่วยของหน่วยโภชนาการ มีวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหารคือ ผักปลอดสารพิษ ซึ่งหน่วยโภชนาการได้มีการสั่งซื้อผักปลอดสารพิษจากเกษตรกร 3 ราย ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถตอบสนองความต้องการของทางหน่วยโภชนาการได้เพียงพอ หน่วยโภชนาการจำเป็นต้องจัดหาเพิ่มจากห้างค้าส่ง ซึ่งทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายจากการจัดหา และเกษตรกรอาจขาดรายได้ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการ

ในการวางแผนการผลิตและจัดสรรพื้นที่ของเกษตรกร โครงงานนี้ได้ทำการแบ่งกลุ่มผักออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการผลิต รอบการผลิต พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต และรอบการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยการวางแผนนั้น จะต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาในการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวในปริมาณที่เพียงพอและทันต่อความต้องการของหน่วยโภชนาการ ดังนั้นงานโครงงานนี้จึงสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แบบกำหนดการเชิงเส้นบน Microsoft Excel โดยใช้ OpenSolver ในการประมวลผล เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ แผนการผลิตผัก 1 ปี แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง และแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตของเกษตรกร

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ และค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้ถึงร้อยละ 6.40 และ 14.42 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายโดยรวมก่อนการใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

Project title	Vegetables Production and Harvesting Planning : A Case Study of a Small Farmer	
Name	Miss Chattarinan Kumpan	ID. 56361020
	Mr. Panuchit Saisema	ID. 56361440
Project advisor	Associate Professor Apichai Ritvirool, Ph.D.	
Major	Industrial Engineering	
Department	Industrial Engineering	
Academic year	2016	

Abstract

The nutrition department is responsible for preparing patient meals. Most of the time, vegetables are main ingredients. The nutrition department procures vegetables from three farms. If they cannot meet the demand, it is nutrition department's responsibility procure their ingredients from wholesale suppliers. As a result, nutrition department will have to go shopping which takes time and incurs additional expense. If the farms cannot meet the relevant demand, the nutrition department may stop using them.

Production and resource allocation need to be planned. First, vegetables are categorized into four groups. This project defined the problems about processing and the difference between the groups such as planting method, cycle time, planting area and harvesting. This project examined how these differences are managed. Agriculturists must consider the timeline while planning, to ensure products meet the demand with the right quantity at the right time. For this reason, mathematical models are developed as decision making. This project provided procurement planning, production planning, vegetable bed area allocation and harvesting and inventory planning. Calculated on Microsoft Excel by using OpenSolver add-in.

In summary, the legacy procurement plan's expenses and harvesting plan's expenses are very costly. In contrast, using mathematical models can reduce expenses up to 6.40% and 14.42% respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “การวางแผนการผลิตและการเก็บเกี่ยวผักเพื่อการบริโภค กรณีศึกษาเกษตรกรรายย่อย” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงาน และให้คำแนะนำทุกๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการ อันประกอบด้วย ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โพธิ์งาม สมกุล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงงานตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญาพิพนธ์ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ ทำให้ผู้ดำเนินโครงงานสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน จนทำให้ผู้ดำเนินโครงงานประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน
นางสาวฉัตรฑารินัน คำปัน
นายภาณุชิต สายเสมา
เมษายน 2560

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 ผักปลอดสารพิษ.....4
2.2 กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming).....5
2.3 การใช้ Solver.....7

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....11
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล.....12
3.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดหาผักและแผนการผลิตผัก.....13
3.3 ทำการวางแผนโดยสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์.....13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ทดสอบและแก้ไขแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 14
3.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 14
3.6 สรุปผลและประเมินผล 14

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 15
4.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล 15
4.2 กำหนดปัญหา (Define the Problem) 19
4.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) 21
4.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification) 46
4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดหาผัก และแผนการเก็บเกี่ยว และจัดเก็บผลผลิต 57

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 60
5.1 สรุปผล 60
5.1 ข้อเสนอแนะ 60

เอกสารอ้างอิง 61

ภาคผนวก ก การประมวลผลของ OpenSolver 62

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 66

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน....3

2.1 ตารางเปรียบเทียบประเภทของผักและการใช้สารเคมีแต่ละชนิด....4

4.1 การแบ่งกลุ่มของผัก....17

4.2 ตารางแสดงการเจริญเติบโตและพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตของผักแต่ละชนิด....17

4.3 ขนาดของปัญหา....46

4.4 ข้อมูลปริมาณผักสดที่หน่วยโภชนาการต้องการ....46

4.5 ผลลัพธ์การคำนวณ....47

4.6 ผลลัพธ์พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า....48

4.7 ผลลัพธ์พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก....48

4.8 ผลลัพธ์พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว....49

4.9 ผลลัพธ์ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก....50

4.10 ผลลัพธ์ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้า....51

4.11 ผลลัพธ์ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก....51

4.12 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้หลังการปลูก....52

4.13 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม....53

4.14 ผลลัพธ์ผลรวมปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม....54

4.15 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิต....55

4.16 ผลลัพธ์ปริมาณผักสดจากผู้รับจ้างช่วง....56

4.17 ผลลัพธ์ผลผลิตที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้วที่ถูกนำไปขาย....57

4.18 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างแผนจัดหาผัก ณ ปัจจุบัน กับแผนจากแบบจำลอง....58

4.19 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างแผนการเก็บเกี่ยวและการจัดเก็บผลผลิต ณ ปัจจุบัน กับแผนจากแบบจำลอง....59

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ปุ่มคำสั่ง “Data” บนคำสั่งเครื่องมือ....7

2.2 ปุ่มคำสั่งเรียกหน้าบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์บนแถบเครื่องมือ....8

2.3 หน้าต่างบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของ Solver....8

2.4 ปุ่มคำสั่ง “OpenSolver” บนคำสั่งเครื่องมือ....9

2.5 ตัวอย่างการนำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของแผนการผลิตลงใส่ในช่อง Worksheet ของ Microsoft Excel....9

2.6 ข้อมูลที่บันทึกลงใน Solver....10

2.7 ปุ่มคำสั่ง Solve ของ OpenSolver....10

3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินโครงงาน....11

4.1 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานผักเพื่อการบริโภคของผู้ป่วย....15

4.2 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 1....22

4.3 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 2....23

4.4 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 3....24

4.5 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 4....25

ก.1 Solve Log ของแผนการจัดหาผัก ของหน่วยโภชนาการ....63

ก.2 Solve Log ของแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร....63

ก.3 Solve Log ของแผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง ของเกษตรกร....64

ก.4 Solve Log ของแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ของเกษตรกร....64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ผู้ป่วยในปัจจุบันมีทางเลือกในการรักษาที่หลากหลาย การเข้ารับการรักษาจากโรงพยาบาลเป็นหนึ่งในอีกทางเลือกที่ผู้ป่วยจะเข้ามาใช้บริการเพื่อบรรเทาอาการจากโรคภัยไข้เจ็บ ผู้ป่วยบางรายมีอาการหนักหรือไม่สามารถรักษาด้วยตนเองได้ ทางโรงพยาบาลจึงจำเป็นต้องให้ผู้ป่วยนอนพักที่โรงพยาบาลเพื่อดูแลอาการอย่างใกล้ชิด นอกจากบริการการรักษาและห้องพักผู้ป่วยแล้ว อาหารสำหรับผู้ป่วยถือว่าเป็นอีกหนึ่งบริการจากทางโรงพยาบาลที่จัดไว้ เพื่อรองรับจำนวนผู้ป่วยที่นอนพักในโรงพยาบาล และเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนและปลอดภัย ทางหน่วยโภชนาการจึงต้องมีการคัดสรรวัตถุดิบในการประกอบอาหาร ซึ่งหนึ่งในวัตถุดิบหลักของอาหารก็คือผักสดที่ทางโรงพยาบาลสั่งซื้อโดยตรงจากเกษตรกรผู้ผลิตผักปลอดสารพิษหรือห้างค้าส่ง

การเตรียมอาหารในแต่ละวันให้เพียงพอต่อจำนวนผู้ป่วยนั้น หน่วยโภชนาการของทางโรงพยาบาลจะต้องทำการสั่งวัตถุดิบล่วงหน้าจากเกษตรกร ซึ่งในบางครั้งเกษตรกรไม่สามารถจัดหาผักปลอดสารพิษได้ทัน และเพียงพอตามใบสั่งซื้อของหน่วยโภชนาการ อาจเพราะเกษตรกรคาดการณ์ความต้องการโดยอาศัยประสบการณ์ และไม่มีการวางแผนการผลิตเพื่อให้ทันต่อความต้องการ จึงทำให้เกษตรกรขาดรายได้ในส่วนที่ไม่สามารถจัดหาได้ทัน และทำให้หน่วยโภชนาการต้องสั่งซื้อผักเพิ่มเติมจากแหล่งอื่น ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาเพิ่มขึ้น และเป็นการเสียเวลาในการจัดหาจากเดิมที่เกษตรกรจะเป็นผู้จัดหาและจัดส่งให้ ซึ่งทางฝ่ายโภชนาการอาจจะต้องเปลี่ยนรายการอาหารหากไม่สามารถจัดหาผักบางชนิดได้

จากปัญหาดังกล่าว โครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยเกษตรกรในการวางแผนการผลิตผัก และช่วยหน่วยโภชนาการในการจัดหาผัก เพื่อลดความสูญเสียจากการที่เกษตรกรไม่สามารถจัดหาผักได้ทัน และลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัตถุดิบเพิ่มเติมของหน่วยโภชนาการของทางโรงพยาบาล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อวางแผนการจัดหาผักเพื่อการบริโภค

1.2.2 เพื่อวางแผนการผลิตผักให้ทันต่อความต้องการของผู้ป่วย

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน

1.3.1 แผนการจัดหาผัก สำหรับหน่วยโภชนาการ

1.3.2 แผนการผลิตผัก 1 ปี สำหรับเกษตรกร

1.3.3 แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง สำหรับเกษตรกร

1.3.4 แผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต สำหรับเกษตรกร

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1 ค่าใช้จ่ายจากแผนการจัดหาผักลดลง เมื่อเทียบกับการดำเนินงาน ณ ปัจจุบันของหน่วยโภชนาการ

1.4.2 ค่าใช้จ่ายจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตลดลง เมื่อเทียบกับการดำเนินงาน ณ ปัจจุบันของเกษตรกร

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผัก 12 ชนิด คือ ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม คะน้า กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ถั่วลันเตา พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า มะเขือยาว ที่หน่วยโภชนาการจัดหาเพื่อนำมาประกอบอาหารให้กับผู้ป่วยที่นอนพักในโรงพยาบาล ซึ่งมีวิธีการปลูกแบบหว่านหรือหยอดเมล็ด และแบบเพาะกล้า

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 ฟาร์มของเกษตรกรรายย่อย ตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.6.2 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ และการผลิตผักปลอดสารพิษของเกษตรกร	↔	↔							
1.8.2	การศึกษาการใช้ OpenSolver บน Microsoft Excel		↔	↔						
1.8.3	วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดหาผัก และแผนการผลิตผัก			↔	↔					
1.8.4	สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับแผนการจัดหาผัก และแผนการผลิตผัก				↔	↔	↔			
1.8.5	ทดสอบและแก้ไขแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์						↔	↔		
1.8.6	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองเชิงคณิต-ศาสตร์							↔	↔	
1.8.7	การสรุปผลการดำเนินโครงงาน								↔	↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ผักปลอดสารพิษ

ผักปลอดสารพิษ หมายถึง ผักที่มีระบบการผลิตที่ใช้สารเคมีในการป้องกันและปราบศัตรูพืช รวมทั้งปุ๋ยเคมีเพื่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ให้เว้นช่วงการใช้สารเคมีก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งผลผลิตที่ได้ยังมีสารเคมีตกค้างแต่ไม่เกินในปริมาณที่กำหนด เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และตรวจไม่พบสารพิษตกค้างจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรในผัก

สารพิษตกค้าง หมายความว่า วัตถุอันตรายทางการเกษตร รวมทั้งกลุ่มอนุพันธ์ของสารดังกล่าว ได้แก่ สารในกระบวนการเปลี่ยนแปลง (Conversion Products) สารในกระบวนการสร้างและสลาย (Metabolites) สารที่เกิดจากปฏิกิริยา (Reaction Products) หรือสิ่งปลอมปนในวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีความเป็นพิษ ซึ่งปนเปื้อนหรือตกค้างในอาหาร โดยหนังสือสวนอินทรีย์ที่พอเพียงได้นำเสนอตารางเปรียบเทียบประเภทของผักและการใช้สารเคมีแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.1

วัตถุอันตรายทางการเกษตร หมายความว่า สารที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร สินค้าเกษตร หรืออาหารสัตว์ หรือเป็นสารที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (Ectoparasites) และให้หมายความรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ (Feed Additive) และยาสัตว์ (Veterinary Drug) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง ฉบับลงวันที่ 26 พฤษภาคม 2554)

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบประเภทของผักและการใช้สารเคมีแต่ละชนิด

ปัจจัยการผลิต	ผักปลอดภัย	ผักปลอดสารพิษ	ผักไร้สารพิษ	ผักเกษตรอินทรีย์
ปุ๋ยเคมี	✓	✓	✗	✗
ยาฆ่าแมลง	✓	✓	✗	✗
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	✓	✓	✗	✗
ฮอร์โมน	✓	✓	✗	✗
เมล็ดพันธุ์จีเอ็มโอ	✓	✓	✓	✗

ที่มา : อิศรา แพงสี (2557)

2.2 กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming)

กำหนดการเชิงเส้น เป็นเทคนิคหนึ่งของการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจ เป็นการวิเคราะห์เพื่อต้องการหาคำตอบ หาทางเลือก หรือหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นค่าสูงสุด ต่ำสุด หรือค่าเท่ากับที่กำหนดจากปัญหาในลักษณะที่ต้องการได้มากที่สุด หรือเสียน้อยที่สุด หรือพอดีเท่ากับที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไข เช่น ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด จำนวนความต้องการที่ระบุไว้ เป็นต้น (ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ, 2557)

2.2.1 ลักษณะของปัญหากำหนดการเชิงเส้น

ปัญหาที่ต้องการค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคกำหนดการเชิงเส้น มีลักษณะเช่นเดียวกับการค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดทั่วไป ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันจุดประสงค์ และเงื่อนไขบังคับ โดยปัญหากำหนดการเชิงเส้นต้องมีสมมติฐานหรือลักษณะสำคัญสามประการ ดังนี้

2.2.1.1 มีความเป็นสัดส่วนต่อกัน (Proportionality) หมายถึง ตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวส่งผลต่อฟังก์ชันจุดประสงค์ และส่งผลต่อเงื่อนไขบังคับแต่ละข้อในลักษณะเชิงเส้นตรง หรือความชันของฟังก์ชัน (ฟังก์ชันจุดประสงค์ และฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ) มีค่าคงที่

2.2.1.2 สามารถบวก หรือรวมเข้าด้วยกันได้ (Additivity) สมมติฐานนี้บอกว่าเทอมต่างๆ ในฟังก์ชันจุดประสงค์นั้น ต้องสามารถบวกหรือลบกันได้ และในทำนองเดียวกันเทอมต่างๆ ในเงื่อนไขบังคับต้องสามารถบวกหรือลบกันได้

2.2.1.3 สามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ (Divisibility) สมมติฐานนี้ทำให้ตัวแปรตัดสินใจเป็นได้ทั้งจำนวนเต็ม หรือไม่ใช่จำนวนเต็ม เป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง

2.2.2 รูปแบบทั่วไปของปัญหากำหนดการเชิงเส้น

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ผู้ตัดสินใจต้องระบุวัตถุประสงค์ไว้วัตถุประสงค์เดียว อาจเป็นกำไร ต้นทุน ส่วนแบ่งตลาด ฯลฯ อย่างใดอย่างหนึ่ง เนื่องจากต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จุดประสงค์ดังกล่าวจึงต้องเป็นค่าสูงที่สุด หรือต่ำที่สุดอย่างใดอย่างหนึ่ง ปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ที่สูงที่สุด เช่น ปัญหาที่สนใจเรื่องรายได้ กำไร ส่วนแบ่งตลาด ผลตอบแทนการลงทุน หรือปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ค่าต่ำที่สุด เช่น ปัญหาที่สนใจเรื่องต้นทุน เวลา ระยะทาง สังเกตว่าผู้ตัดสินใจไม่สามารถควบคุมค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ได้ เพราะค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์จะได้มาจากทางเลือกต่างๆ ของตัวแปรตัดสินใจ ในขณะที่ตัวแปรตัดสินใจไม่สามารถมีค่าใดๆ ได้อย่างไม่มีขอบเขต แต่ต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัด ข้อจำกัดเหล่านี้มีที่มาต่างกัน อาจเป็นด้านทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น วัตถุดิบ เวลาทำงานของเครื่องจักร หรือแรงงาน พื้นที่ทำงาน พื้นที่คลังเก็บ สินค้า เป็นต้น ด้านกฎหมาย เช่น มาตรฐานสินค้า สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ด้านเทคนิค เช่น ความแข็งแรง น้ำหนัก เป็นต้น หรือเป็นข้อจำกัดที่มาจากความต้องการของลูกค้า นโยบายบริษัท เป็นต้น กำหนดการเชิงเส้นถือข้อจำกัดเหล่านี้เป็นเงื่อนไขบังคับ

ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับทั้งหมดเท่านั้นจึงจะเป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ และผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะเป็นหนึ่งในผลลัพธ์ที่เป็นไปได้นั้น

รูปแบบทั่วไปของปัญหากำหนดการเชิงเส้น

ฟังก์ชันจุดประสงค์ Max (หรือ) Min $c_1X_1+c_2X_2+c_3X_3+...+c_{n-1}X_{n-1}+c_nX_n$

เงื่อนไขบังคับ $a_{11}X_1+a_{12}X_2+...+a_{1n}X_n \le b_1$

$a_{k1}X_1+a_{k2}X_2+...+a_{kn}X_n \ge b_k$

$a_{m1}X_1+a_{m2}X_2+...+a_{mn}X_n = b_m$

เมื่อ $X_1,X_2,...,X_n$ เป็นตัวแปรตัดสินใจ ค่า $c_1,c_2,...c_n$ เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในฟังก์ชันจุดประสงค์

เงื่อนไขบังคับประกอบขึ้นจากสี่ส่วนด้วยกัน (1) ค่าหรือปริมาณด้านขวามือ เป็นค่าคงที่ที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตจำกัดของเงื่อนไขนั้น เช่น $b_1,b_2,...b_{m-1},b_m$ เป็นต้น (2) เครื่องหมายทางพีชคณิต บอกถึงว่าขอบเขตนั้นเป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านสูง ด้านเครื่องหมายเท่ากับหรือน้อยกว่า (≤ หรือ =<) หรือเป็นขอบเขตด้านต่ำ ด้วยเครื่องหมายเท่ากับหรือมากกว่า (≥ หรือ =>) หรือด้วยเครื่องหมายเท่ากับ (=) ที่ต้องทำให้ได้ตามนั้น (3) ตัวแปรตัดสินใจที่ถูกบังคับด้วยเงื่อนไขบังคับ และ (4) ผลกระทบต่อหนึ่งหน่วยของตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวที่มีต่อค่าด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับนั้น เรียกว่าเป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขบังคับ เช่น $a_{11},a_{12},...,a_{kn},a_{m(n-1)},a_{mn}$ เป็นต้น

ปัญหาหลากหลายในทางธุรกิจที่ต้องการการวิเคราะห์เชิงปริมาณประกอบการพิจารณาตัดสินใจ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านโลจิสติกส์ ด้านการเงิน ด้านการผลิต ฯลฯ สามารถอาศัยการสร้างแบบจำลองบนสเปรดชีต แล้วใช้เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นค้นหาคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ, 2557)

2.2.3 ขั้นตอนในการสร้างตัวแบบปัญหาของกำหนดการเชิงเส้น

2.2.3.1 กำหนดตัวแปรตัดสินใจ (Defining Decision Variables) ตัวแปรตัดสินใจหมายถึง กิจกรรมที่ผู้ตัดสินใจสนใจ ค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสม คือ ปริมาณของกิจกรรมที่ควรจะกระทำ ผู้ตัดสินใจจะนำค่าของตัวแปรนี้เพื่อไปใช้ประกอบการตัดสินใจ ตัวแปรตัดสินใจอาจเป็นตัวแปรมิติเดียว หรือหลายมิติก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา เช่น ปัญหาการลงทุน อาจกำหนดให้ x_j เป็นตัวแปรตัดสินใจ แทนจำนวนเงินลงทุนที่จัดสรรให้กับธุรกิจประเภทที่ j สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิต อาจกำหนดให้ x_{ij} เป็นตัวแปรตัดสินใจ แทนปริมาณการผลิตสินค้า i ในช่วงเดือนที่ j เป็นต้น

2.2.3.2 กำหนดฟังก์ชันเป้าหมาย หรือฟังก์ชันจุดประสงค์ (Defining Objective Function) เป็นการกำหนดเป้าหมายของตัวแบบ เพื่อให้สามารถหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่

เหมาะสมที่สุด ซึ่งทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้มากที่สุด โดยทั่วไปเราจะต้องระบุถึงทิศทางของฟังก์ชันนี้ เช่น เป้าหมายการหาค่าสูงสุด หรือเป้าหมายการหาค่าต่ำสุด เป็นต้น

2.2.3.3 กำหนดข้อจำกัดของปัญหา (Identifying Constraints) เป็นการกำหนดข้อจำกัดของปัญหาในเทอมของตัวแปรตัดสินใจ โดยทั่วไป ข้อจำกัดพื้นฐานของปัญหาการหาค่าสูงสุด คือ ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ ปริมาณสูงสุดที่เป็นไปได้ของตัวแปรตัดสินใจ ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Product Specifications) เป็นต้น ข้อจำกัดพื้นฐานสำหรับปัญหาการหาค่าต่ำสุด ได้แก่ ปริมาณต่ำสุดของตัวแปรตัดสินใจ ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ เป็นต้น

2.2.3.4 สร้างตัวแบบการกำหนดการเชิงเส้น (Developing Linear Programming Models) หลังจากได้กำหนดตัวแปรตัดสินใจ และข้อจำกัดต่างๆ แล้ว จะนำเอาฟังก์ชันจุดประสงค์และจำกัดมาพิจารณาร่วมกัน เพื่อให้สามารถหาผลเฉลย (Solution) ที่สอดคล้องกับข้อจำกัดและทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์มีค่าที่ดีที่สุด

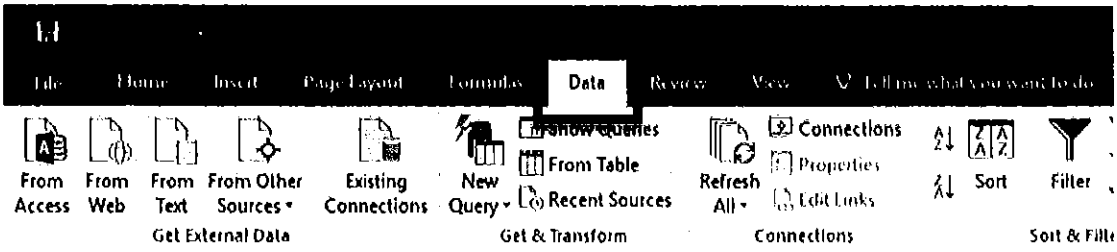
2.2.3.5 ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นนี้มีความถูกต้องหรือไม่ กล่าวคือ ต้องตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรตัดสินใจ ข้อจำกัดต่างๆ และฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ระบุไว้นั้นว่าสอดคล้องกับปัญหาที่กำหนดไว้ และครบถ้วนหรือไม่ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าถูกต้องหรือไม่ หากตัวแบบที่สร้างขึ้นมามีความผิดพลาด ผลเฉลยที่ได้จากตัวแบบนี้ไม่สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจ หรือนำไปใช้วางแผนได้ (พัชราภรณ์ เนียมมณี, 2556)

2.3 การใช้ Solver

Solver เป็นโปรแกรมย่อย (Add-In) หนึ่งของโปรแกรม Excel มีไว้เพื่อใช้วิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด Solver สามารถให้ผลลัพท์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงได้แต่ไม่เสมอไป เพราะบางครั้งอาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายใต้ขอบเขตหนึ่ง หรืออาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้ภายในเวลาที่กำหนด (ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ, 2557)

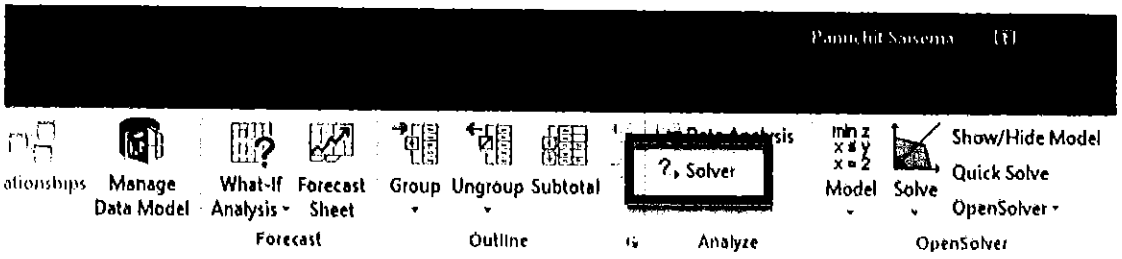
2.3.1 การเรียก Solver ขึ้นมาใช้งานหลังการติดตั้ง

2.3.1.1 คลิก "Data" บนคำสั่งเครื่องมือ ดังรูปที่ 2.1

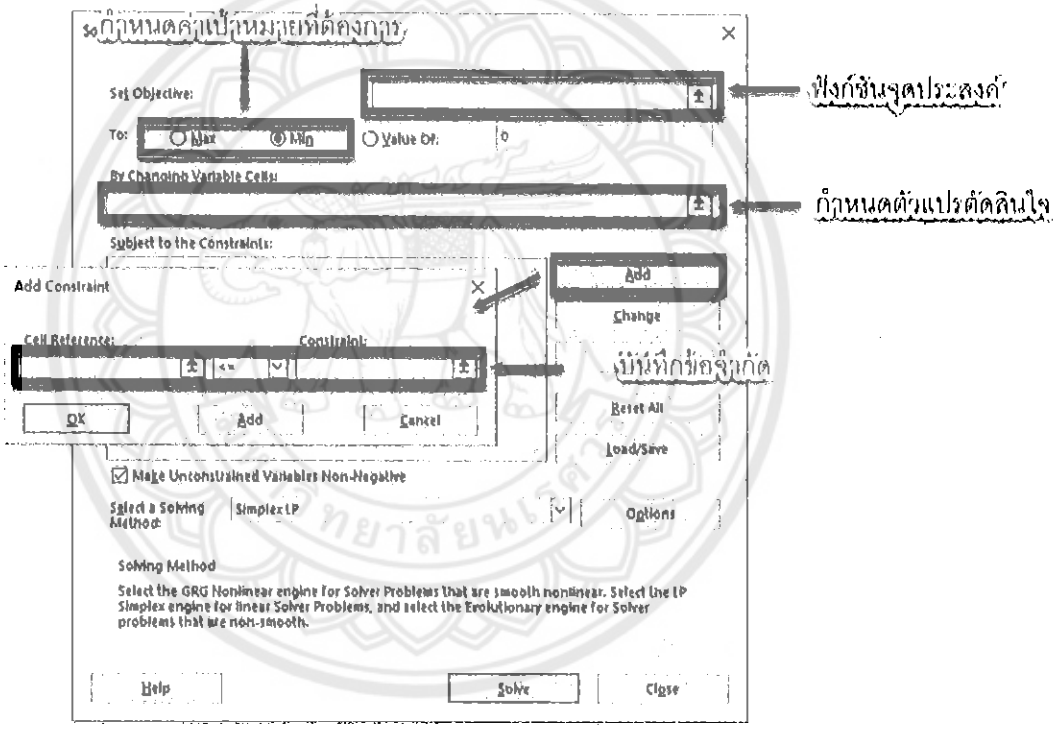


รูปที่ 2.1 ปุ่มคำสั่ง "Data" บนคำสั่งเครื่องมือ

2.3.1.2 คลิก “Solver” ดังรูปที่ 2.2 เพื่อเรียกหน้าบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ขึ้นมา ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปุ่มคำสั่งเรียกหน้าบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์บนแถบเครื่องมือ



รูปที่ 2.3 หน้าต่างบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของ Solver

2.3.2 วิธีการกรอกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ลงหน้าต่างของ Solver

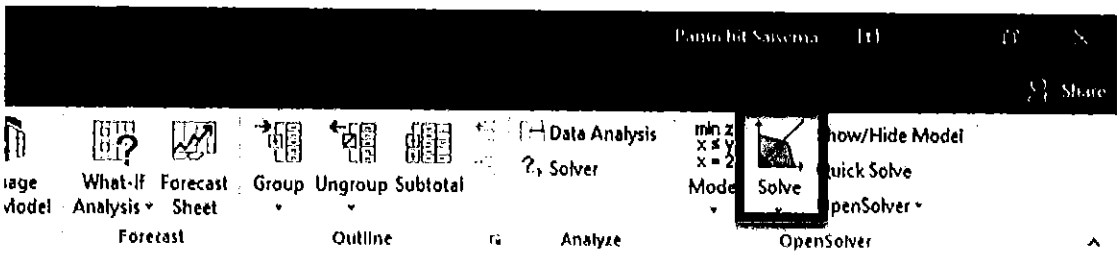
2.3.2.1 คลิก “Set Objective” เพื่อกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์

2.3.2.2 กำหนดค่าเป้าหมายที่ต้องการ โดยเลือกค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด

2.3.2.3 คลิก “By Changing Variable Cells” เพื่อเลือกเซลล์ที่กำหนดไว้เป็นตัวแปรตัดสินใจ

2.3.2.4 คลิก “Add” เพื่อเพิ่มข้อจำกัด

2.3.2.5 เมื่อทำการเพิ่มข้อจำกัดจนครบแล้ว คลิกคำสั่ง Solve หากตัวแปรในแบบจำลองมีมากเกินไป จะไม่สามารถทำการประมวลผลใน Solver ได้ จึงต้องใช้ OpenSolver เป็นตัวประมวลผลแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ปุ่มคำสั่ง "OpenSolver" บนคำสั่งเครื่องมือ

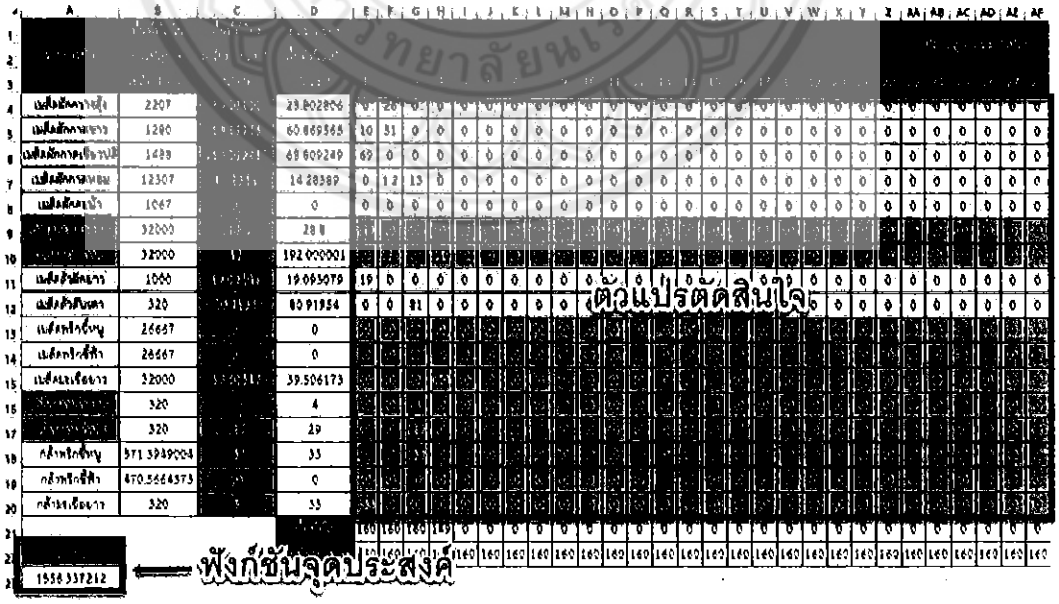
2.3.3 การบันทึกเงื่อนไขแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

เริ่มจากการสร้างสมการความสัมพันธ์จากเงื่อนไขแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของแผนการผลิตบน Worksheet ของ Microsoft Excel ดังรูปที่ 2.5 เพื่อบันทึกความสัมพันธ์ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นบน Solver มีขั้นตอน ดังนี้

2.3.3.1 คลิกเพื่อเรียกหน้าต่างการบันทึกแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ Solver

2.3.3.2 บันทึกฟังก์ชันจุดประสงค์ลงในช่อง Set Objective คือ $A$23

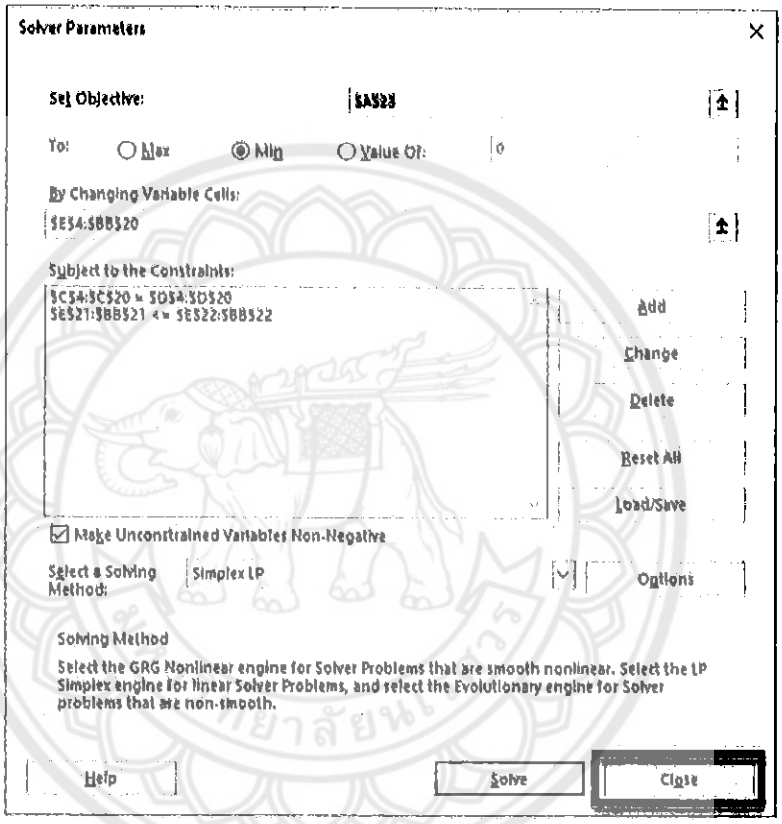
2.3.3.3 กำหนดค่าเป้าหมายสูงสุดหรือค่าต่ำสุด



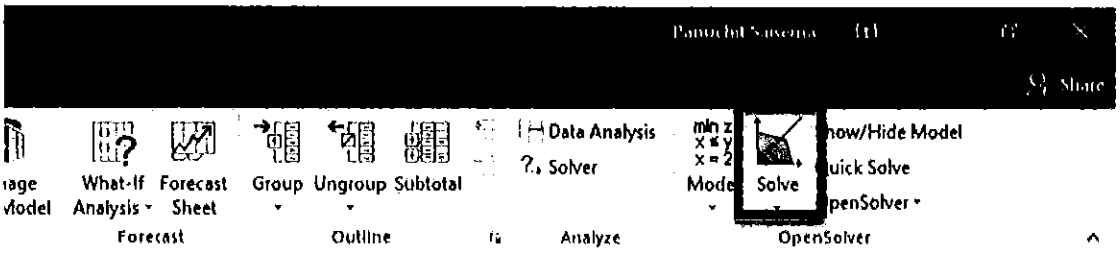
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการนำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของแผนการผลิตลงใส่ในช่อง Worksheet ของ Microsoft Excel

2.3.3.4 บันทึกเซลล์ตัวแปรตัดสินใจลงในช่อง By Changing Variable Cells คือ $E$4:$BB$20

2.3.3.5 คลิก Add เพื่อบันทึกข้อจำกัดลงในช่อง Constraints เมื่อทำการบันทึกสมการเงื่อนไขเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะได้ผลออกมา ดังรูปที่ 2.6 จากนั้นกำหนดให้ทำการหาผลลัพธ์ของแบบจำลองด้วยวิธีการแบบเชิงเส้นตรง เมื่อเสร็จแล้ว คลิก Close จากนั้นคลิก Solve ดังรูปที่ 2.7 เพื่อหาผลเฉลยของแบบจำลอง

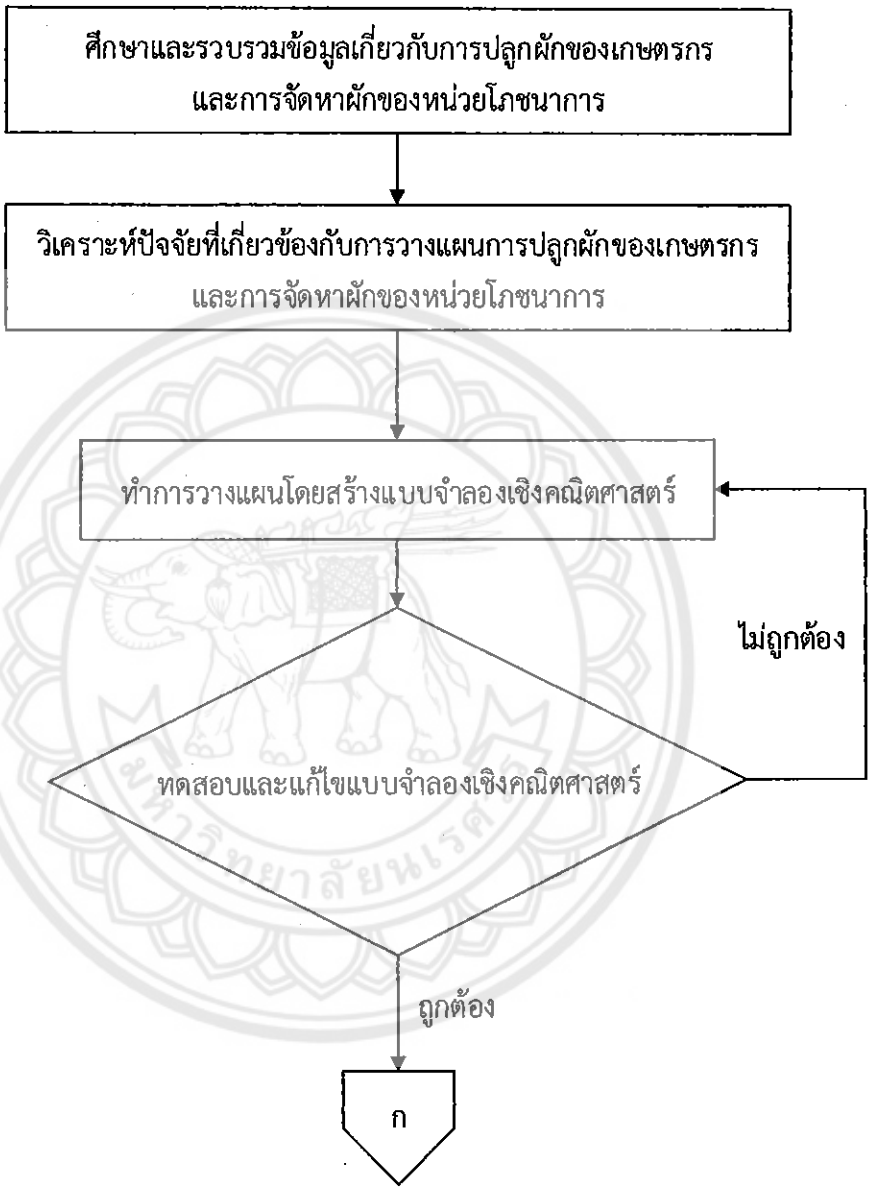


รูปที่ 2.6 ข้อมูลที่บันทึกลงใน Solver

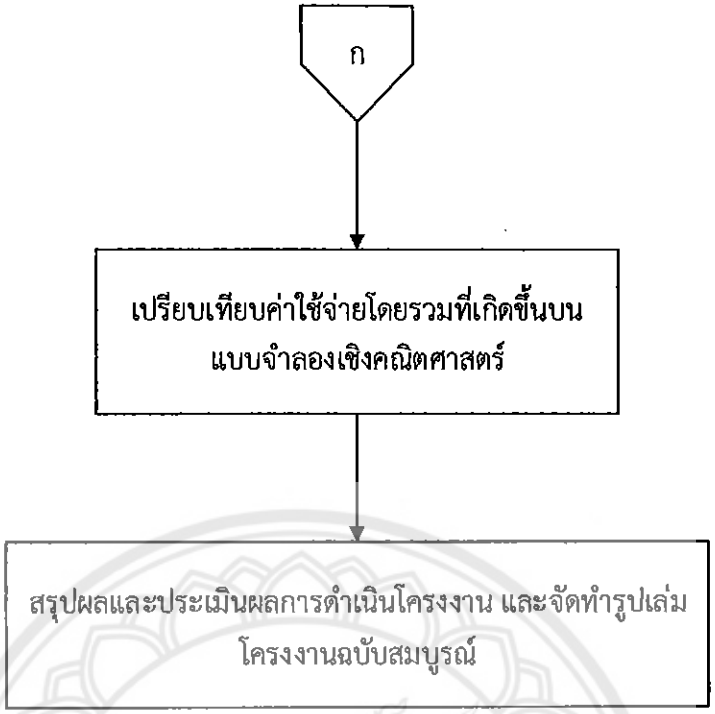


รูปที่ 2.7 ปุ่มคำสั่ง Solve ของ OpenSolver

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน



รูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินโครงงาน



รูปที่ 3.1 (ต่อ) ผังขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิตผักปลอดสารพิษส่งให้หน่วยโภชนาการ

3.1.1.1 ติดต่อเกษตรกรผู้ผลิตผักปลอดสารพิษที่จำหน่ายให้กับหน่วยโภชนาการ

3.1.1.2 สอบถามเกี่ยวกับข้อมูลการปลูกผักแต่ละชนิด ดังนี้

ก. ชนิดผักที่จัดส่งให้หน่วยโภชนาการ

ข. วิธีการผลิตผักแต่ละชนิด

ค. ระยะเวลาในการเพาะปลูก

ง. ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว

จ. การเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต

3.1.1.3 สอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการผลิตจนกระทั่งผักถึงมือหน่วยโภชนาการของโรงพยาบาล

3.1.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากหน่วยโภชนาการ

3.1.2.1 ติดต่อหน่วยโภชนาการเพื่อขอเข้าเก็บข้อมูล

3.1.2.2 สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการจัดหาผักเพื่อนำมาประกอบอาหาร ดังนี้

ก. ปริมาณผักที่ใช้ในการประกอบอาหาร

ข. ผู้จำหน่ายผักให้กับหน่วยโภชนาการ

3.1.2.3 สอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการจัดหาผักเพื่อประกอบอาหารให้ผู้ป่วย

3.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดหาผักและแผนการผลิตผัก

3.2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ

3.2.1.1 ชนิดและปริมาณผักที่ต้องใช้ในการประกอบอาหาร

3.2.1.2 ราคาผักแต่ละชนิดที่ใช้ในการประกอบอาหาร

3.2.1.3 เกษตรกรผู้จำหน่ายผักปลอดสารพิษที่ส่งผักให้หน่วยโภชนาการ

3.2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกผักปลอดสารพิษ

3.2.2.1 ชนิดและจำนวนผักที่หน่วยโภชนาการต้องการใช้

3.2.2.2 รอบการผลิตผัก

3.2.2.3 วิธีการผลิตผัก

3.2.2.4 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

3.2.2.5 การจัดเก็บผลผลิต

3.3 ทำการวางแผนโดยสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

3.3.1 ศึกษาเกี่ยวกับกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming)

3.3.2 นำข้อมูลที่ได้มากำหนดตัวแปร เพื่อสร้างฟังก์ชันจุดประสงค์ และข้อกำจัดในการวางแผน

3.3.3 สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อวางแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ

3.3.4 สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อวางแผนการผลิตผักของเกษตรกร

3.4 ทดสอบและแก้ไขแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

ทดสอบแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์บน Microsoft Excel ทำการหาค่าเหมาะที่สุดโดยใช้ OpenSolver จะได้แผนการจัดหาผัก และแผนการผลิตผัก และทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับเงื่อนไข

3.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยนำแผนการจัดหาผัก และแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตจากแบบจำลอง มาเปรียบเทียบกับแผนการจัดหาผัก และแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ณ ปัจจุบัน ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์เหมือนกันทั้ง 2 แผน และใช้เงื่อนไขบังคับประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

3,6 การสรุปผลและระเมินผล

3.6.1 สรุปแผนการจัดหาผักปลอดสารพิษของหน่วยโภชนาการ

3.6.2 สรุปแผนการผลิตผักปลอดสารพิษของเกษตรกร

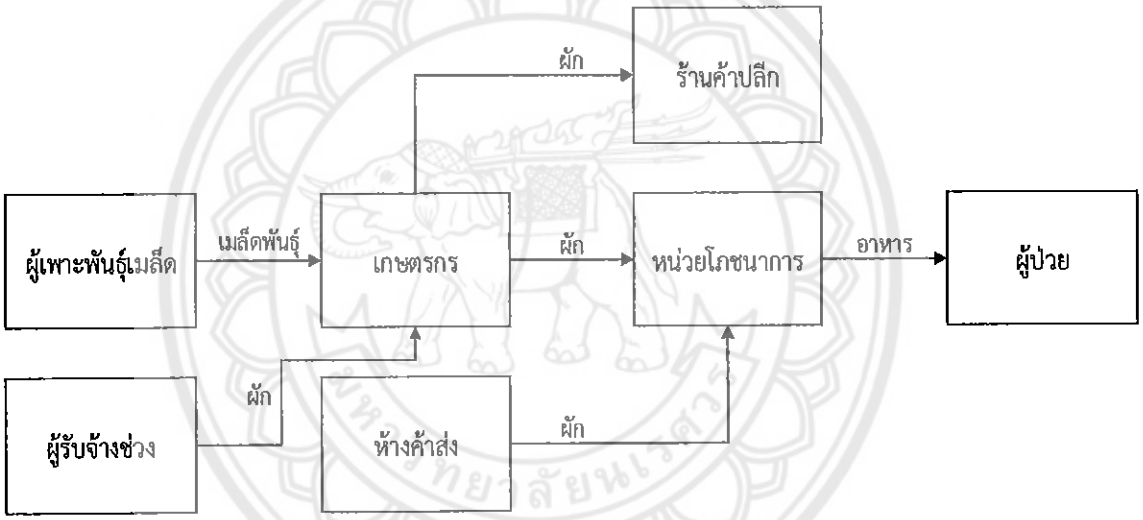
3.6.3 ประเมินผลโดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

โครงงานนี้ได้ศึกษาปัญหาในห่วงโซ่อุปทานผักเพื่อการบริโภคของผู้ป่วย โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่กระบวนการผลิตผักของเกษตรกรจนกระทั่งได้ผักที่พร้อมส่งมอบให้ทางหน่วยโภชนาการของโรงพยาบาลศูนย์ เพื่อนำไปประกอบอาหารให้กับผู้ป่วย

โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของผักเพื่อการบริโภคของผู้ป่วยนั้นประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ผู้จำหน่ายเมล็ดภัณฑ์ เกษตรกร หน่วยโภชนาการ และผู้ป่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานผักเพื่อการบริโภคของผู้ป่วย

ในโครงงานนี้จะเริ่มศึกษาจากเกษตรกร ซึ่งจากการศึกษาปัญหาในห่วงโซ่อุปทานผักเพื่อการบริโภคของผู้ป่วยพบว่ามีปัญหาอยู่ 2 ส่วน คือการจัดหาผักเพื่อนำไปประกอบอาหารให้ผู้ป่วย และกระบวนการผลิตผัก

ในกระบวนการจัดหาผักเพื่อนำไปประกอบอาหารให้ผู้ป่วยนั้น ปริมาณผักที่ใช้ในการประกอบอาหารจะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ป่วยที่นอนพักในโรงพยาบาล ซึ่งจำนวนผู้ป่วยในแต่ละฤดูกาลหรือเทศกาลมีจำนวนที่แตกต่างกัน ดังนั้นหน่วยโภชนาการจะต้องวางแผนในการจัดหาผักให้เพียงพอต่อจำนวนผู้ป่วย หน่วยโภชนาการมีการสั่งผักปลอดสารพิษจากเกษตรกร 3 ราย แต่ละรายก็มีความสามารถในการผลิตผักแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งหากเกษตรกรทั้ง 3 ราย ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอ ทางหน่วยโภชนาการจำเป็นต้องจัดหาผักเพิ่มจากห้างค้าส่งในราคาที่สูงกว่า

ส่วนกระบวนการผลิตผักนั้น เกษตรกรต้องทำการวางแผนการผลิตผักล่วงหน้าเพื่อตอบสนองความต้องการผักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน จึงต้องมีการจัดสรรพื้นที่และปริมาณผักแต่ละชนิดที่จะต้องทำการผลิต ซึ่งในการผลิตผักนั้น บางชนิดทำการปลูกโดยเริ่มจากการหว่านเมล็ดหรือหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูกและปล่อยให้เจริญเติบโต และบางชนิดมีการเพาะกล้าก่อน เมื่อกล้าแข็งแรงแล้วจึงย้ายกล้าที่ได้ไปลงปลูกในแปลง

4.1.1 ผักที่หน่วยโภชนาการต้องการในการประกอบอาหาร

มีผักทั้งหมดกว่า 60 ชนิด ที่มาจาก 4 ผู้จำหน่ายคือ เกษตรกร 3 ราย และห้างค้าส่ง ซึ่งโครงงานนี้ได้เลือกนำเสนอผัก 12 ชนิด เช่น ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม ผักคะน้า กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ถั่วลันเตา พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า มะเขือเปราะ เป็นต้น โดยหน่วยโภชนาการจะให้เกษตรกรทั้ง 3 รายส่งใบเสนอราคาขายผักให้กับหน่วยโภชนาการ หน่วยโภชนาการก็จะทราบว่าเกษตรกรมีผักชนิดใด ราคาเท่าไร หน่วยโภชนาการจะดูราคาขายที่เกษตรกรเสนอมา จากนั้นเลือกราคาที่ต่ำที่สุดจากราคาขายที่เกษตรกรทั้ง 3 รายเสนอมา และส่งใบเสนอราคารับซื้อกลับไปให้เกษตรกรพิจารณา เมื่อเกษตรกรยอมรับราคารับซื้อที่หน่วยโภชนาการเสนอกลับมา หน่วยโภชนาการจะทำการสั่งซื้อจากเกษตรกรรายนั้น หากเกษตรกรไม่สามารถจัดหาผักได้เพียงพอต่อความต้องการ หน่วยโภชนาการจำเป็นต้องจัดหาผักจากห้างค้าส่งเพิ่มเติม เพื่อนำผักปลอดสารพิษมาประกอบอาหารให้ผู้ป่วยต่อไป

4.1.2 เกษตรกรผู้ผลิตผักปลอดสารพิษส่งให้กับหน่วยโภชนาการ

4.1.2.1 ศึกษาข้อมูลของผักแต่ละชนิด ที่เกษตรกรส่งให้กับหน่วยโภชนาการ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มผักได้ โดยพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้ ผักแต่ละกลุ่มนั้นจะต้องมีระยะเวลาที่ใช้ในการลงปลูกจนถึงผักสามารถเก็บเกี่ยวได้หรือรอบการผลิต (Cycle time) ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีการผลิต แบ่งเป็นกลุ่มผักที่มีการปลูกแบบหว่านหรือหยอดเมล็ดและแบบมีการเพาะกล้าก่อนลงปลูก และจำนวนรอบในการเก็บเกี่ยว แบ่งเป็นกลุ่มผักที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เพียงครั้งเดียวและกลุ่มผักที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้ง หลังจากพิจารณาปัจจัยต่างๆ ทั้งรอบการผลิต วิธีการผลิต และการเก็บเกี่ยว สามารถแบ่งกลุ่มผักได้เป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ในผักแต่ละกลุ่มยังมีสัดส่วนการเจริญเติบโตและพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การแบ่งกลุ่มของผัก

กลุ่มที่	รายชื่อผัก	รอบการผลิต (วัน)	วิธีการผลิต		การเก็บเกี่ยว	
			หว่านหรือหยอดเมล็ด	มีการเพาะกล้า	เก็บเกี่ยวได้ครั้งเดียว	เก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง
1	ผักกวางตุ้ง	40-60	✓		✓	
	ผักกาดขาว	45-65	✓		✓	
	ผักกาดเขียวปลี	55-65	✓		✓	
	ผักกาดหอม	45-60	✓		✓	
	ผักคะน้า	45-55	✓		✓	
2	กะหล่ำดอก	80-90		✓	✓	
	กะหล่ำปลี	75-90		✓	✓	
3	ถั่วฝักยาว	55-75	✓			✓
	ถั่วลันเตา	60-80	✓			✓
4	พริกขี้หนู	75-110		✓		✓
	พริกชี้ฟ้า	80-115		✓		✓
	มะเขือยาว	75-100		✓		✓

ที่มา : เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ทวนทวี (2532)

ตารางที่ 4.2 การเจริญเติบโตและพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตของผักแต่ละชนิด

กลุ่มที่	รายชื่อผัก	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากเมล็ดเป็นผลผลิต (เท่า)	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากเมล็ดเป็นกล้า (เท่า)*	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากกล้าเป็นผลผลิต (เท่า)*	พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต ต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม (ตร.ม./กก.)	พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต ต่อกล้า 1 กิโลกรัม (ตร.ม./กก.)*
1	ผักกวางตุ้ง	1,283			2,207	
	ผักกาดขาว	736			1,280	
	ผักกาดเขียวปลี	865			1,488	
	ผักกาดหอม	4,308			12,307	
	ผักคะน้า	767			1,067	
2	กะหล่ำดอก	40,000	400	100	32,000	320
	กะหล่ำปลี	32,000	320	100	32,000	320
3	ถั่วฝักยาว	419			1,000	
	ถั่วลันเตา	87			320	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การเจริญเติบโตและพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตของผักแต่ละชนิด

กลุ่มที่	รายชื่อผัก	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากเมล็ดเป็นผลผลิต (เท่า)	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากเมล็ดเป็นกล้า (เท่า)*	สัดส่วนการเจริญเติบโตจากกล้าเป็นผลผลิต (เท่า)*	พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต ต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม (ตร.ม./กก.)	พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต ต่อกล้า 1 กิโลกรัม (ตร.ม./กก.)*
4	พริกขี้หนู	4,667	100	46.67	26,667	571.4
	พริกขี้ฟ้า	5,667	100	56.67	26,667	470.6
	มะเขือยาว	50,000	500	100	32,000	320

ที่มา : เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ทวนทวี (2532)

หมายเหตุ : * คือตัวเลขประมาณการ

ผักกลุ่มที่ 1 เป็นผักที่มีระยะเวลาในการลงปลูกจนกระทั่งผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยคือ 7 สัปดาห์ ในการปลูกนั้น จะใช้การหว่านหรือหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูก โดยอาจจะมีการถอนแยก เพื่อนำต้นผักที่อ่อนแอออก และยังเป็นการเว้นระยะห่างระหว่างต้นผัก เพื่อการเจริญเติบโตที่ดีอีกด้วย เมื่อดูแลรักษาจนถึงช่วงที่ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวแล้ว จึงจะสามารถนำไปจำหน่ายได้ ซึ่งผลผลิตของผักกลุ่มที่ 1 นี้ สามารถเก็บเกี่ยวได้เพียงครั้งเดียว จากนั้นต้องมีการเริ่มรอบการผลิตใหม่

ผักกลุ่มที่ 2 เป็นผักที่มีระยะเวลาในการลงปลูกจนกระทั่งผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยคือ 12 สัปดาห์ ในการปลูกนั้น จะมีการพาะกล้าก่อน โดยนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะในแปลงเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อได้กล้าที่แข็งแรงแล้ว จึงนำมาลงในแปลงปลูก เมื่อดูแลรักษาจนถึงช่วงที่ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวแล้ว จึงจะสามารถนำไปจำหน่ายได้ ซึ่งผลผลิตของผักกลุ่มที่ 2 นี้ สามารถเก็บเกี่ยวได้เพียงครั้งเดียว จากนั้นต้องมีการเริ่มรอบการผลิตใหม่

ผักกลุ่มที่ 3 เป็นผักที่มีระยะเวลาในการลงปลูกจนกระทั่งผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยคือ 10 สัปดาห์ ในการปลูกนั้น จะใช้การหว่านหรือหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูก โดยอาจจะมีการถอนแยก เพื่อนำต้นผักที่อ่อนแอออก และยังเป็นการเว้นระยะห่างระหว่างต้นผัก เพื่อการเจริญเติบโตที่ดีอีกด้วย เมื่อดูแลรักษาจนถึงช่วงที่ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวแล้ว จึงจะสามารถนำไปจำหน่ายได้ ซึ่งผลผลิตของผักกลุ่มที่ 3 นี้ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตซ้ำได้หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก ในทุกๆ 1 สัปดาห์ ทั้งสิ้นเป็นจำนวน 3 รอบ จากนั้นจึงค่อยเริ่มรอบการผลิตใหม่

ผักกลุ่มที่ 4 เป็นผักที่มีระยะเวลาในการลงปลูกจนกระทั่งผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยคือ 14 สัปดาห์ ในการปลูกนั้น จะมีการเพาะกล้าก่อน โดยนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะในแปลงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อได้กล้าที่แข็งแรงแล้ว จึงนำมาลงในแปลงปลูก เมื่อดูแลรักษาจนถึงช่วงที่ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวแล้ว จึงจะสามารถนำไปจำหน่ายได้ ซึ่งผลผลิตของผักกลุ่มที่ 4 นี้ สามารถเก็บ

เกี่ยวผลผลิตซ้ำได้หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก ในทุกๆ 2 สัปดาห์ ทั้งสิ้นเป็นจำนวน 12 รอบ จากนั้นจึงค่อยเริ่มรอบการผลิตใหม่

4.1.2.2 การจัดเก็บผัก

การจัดเก็บผักของเกษตรกร สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

ก. การคงค้างผลผลิตไว้ในแปลงปลูก เมื่อผลผลิตอยู่ในช่วงที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ และเกษตรกรได้เก็บเกี่ยวผลผลิตบางส่วนเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าแล้ว ผลผลิตที่เหลือนั้นจะมีการคงค้างไว้ในแปลง เพื่อคงสภาพความสดใหม่ของผลผลิตไว้ ซึ่งเกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวเพื่อตอบสนองความต้องการได้ในวันถัดไป โดยจะมีค่าใช้จ่ายในการดูแลตลอดการคงค้างผลผลิตไว้ในแปลง เช่น ค่าน้ำ ค่าปุ๋ย เป็นต้น

ข. การจัดเก็บผลผลิตไว้ในตู้เย็น เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำไปตอบสนองความต้องการแล้ว แต่ผลผลิตยังเหลือ จะมีการนำเข้าตู้เย็นเพื่อรักษาสภาพของผลผลิตไว้ และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวแล้ว แต่ยังมีผลผลิตคงค้างอยู่ในแปลง เพื่อไม่ให้ผลผลิตแก่เกินไป เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงทั้งหมด และนำมาเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ในวันถัดไป โดยจะมีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บในตู้เย็นคือ ค่าไฟฟ้า และตู้เย็นของเกษตรกรมีลักษณะเป็นตู้เย็นในครัวเรือน ซึ่งมีพื้นที่ในการจัดเก็บที่จำกัด

4.2 กำหนดปัญหา (Define the Problem)

4.2.1 จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ พบว่าการที่หน่วยโภชนาการเสนอราคารับซื้อที่ต่ำที่สุดในเกษตรกรทั้ง 3 ราย ที่เสนอราคาขายมาให้หน่วยโภชนาการ อาจมีเกษตรกรบางรายปฏิเสธที่จะจำหน่ายให้ ทำให้หน่วยโภชนาการต้องจัดหาผักเพิ่มเติมจากห้างค้าส่งในราคาที่สูงกว่า

4.2.2 จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งด้านกระบวนการผลิต พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต รวมถึงการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต พบว่าในกระบวนการผลิตผักของแต่ละกลุ่มนั้น มีความแตกต่างกันในบางกรรมวิธี ในกระบวนการก่อนและระหว่างการผลิต ต้องมีการจัดสรรทรัพยากร รวมถึงวิธีการเพาะปลูก ส่วนกระบวนการหลังการผลิต หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตตอบสนองความต้องการไปบ้างส่วนแล้ว ส่วนที่เหลือต้องมีการจัดการ เพื่อให้ผลผลิตยังคงสภาพความสดใหม่เอาไว้

วิธีการผลิตผักที่ศึกษาในโครงงานนี้ มี 2 แบบ คือแบบหว่านหรือหยอดเมล็ดในการลงปลูก และแบบมีการเพาะกล้าก่อนนำลงปลูก ซึ่งแบบหว่านหรือหยอดเมล็ดนั้น จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการปลูกเพียงครั้งเดียวต่อการตัดสินใจปลูกหนึ่งครั้ง โดยสามารถใช้พื้นที่ที่จัดสรรในการนำเมล็ดไปหว่านหรือหยอดเพื่อทำการปลูกได้เลย ในขณะที่แบบมีการเพาะกล้าก่อนนั้น จะมีการจัดสรรพื้นที่สองครั้ง

ต่อการตัดสินใจปลูกหนึ่งครั้ง โดยการจัดสรรพื้นที่ครั้งแรก จะเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการนำเมล็ดลงแปลงปลูกเพื่อเพาะกล้า ส่วนการจัดสรรพื้นที่ครั้งที่สอง จะเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการนำกล้าลงแปลงปลูก

พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกจะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจปริมาณผักที่ลงปลูก ซึ่งจะสัมพันธ์กับความต้องการ โดยมีปริมาณผักขั้นต่ำที่ต้องปลูกในแต่ละครั้งเป็นตัวกำหนด หมายความว่าพื้นที่ที่ต้องจัดสรรนั้นต้องสามารถนำเมล็ดหรือกล้าลงปลูก แล้วได้ผลผลิตที่ตอบสนองความต้องการในครั้งนั้นๆ ได้

รอบการผลิตในผักแต่ละกลุ่มมีระยะเวลาที่แตกต่างกัน ต้องมีการผลิตผักล่วงหน้า เพื่อให้ได้ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวในปริมาณที่เพียงพอในวันที่มีความต้องการ ซึ่งผักแต่ละกลุ่มต้องมีการปลูกในสัปดาห์ที่ต่างกัน แต่ต้องได้ผลผลิตที่สามารถตอบสนองความต้องการในวันเดียวกันได้

รอบการเก็บเกี่ยวผลผลิตแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือแบบเก็บเกี่ยวได้ครั้งเดียว และแบบเก็บเกี่ยวได้หลายรอบ ซึ่งแบบเก็บเกี่ยวได้ครั้งเดียวนั้น เมื่อผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวแล้ว ต้องเริ่มรอบการผลิตใหม่เพื่อให้ได้ผลผลิตอีกครั้ง เช่น ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า กะหล่ำปลี เป็นต้น ส่วนแบบเก็บเกี่ยวได้หลายรอบ เมื่อผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวแล้ว พอผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผลผลิตจากต้นเดิมยังสามารถออกผลได้ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำผลผลิตที่ออกซ้ำนี้ไปตอบสนองความต้องการได้โดยไม่ต้องเริ่มรอบการผลิตใหม่ จนกว่าจะครบรอบการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิม

ส่วนกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวนั้น เมื่อผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยว เกษตรได้เก็บเกี่ยวผลผลิตบางส่วนเพื่อนำไปตอบสนองความต้องการแล้ว อีกส่วนหนึ่งคือผลผลิตที่ต้องคงค้างในแปลงเพื่อรอตอบสนองความต้องการในครั้งถัดไป โดยระหว่างรอเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งถัดไป ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาผลผลิตด้วย อีกกรณีคือเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตนำมาตอบสนองความต้องการได้เพียงพอแล้ว แต่ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมายังเหลือ จึงต้องมีการนำไปจัดเก็บในตู้เย็นเพื่อรักษาสภาพเอาไว้เพื่อตอบสนองความต้องการในวันถัดไป หากช่วงเก็บเกี่ยวครบกำหนด และตอบสนองความต้องการของหน่วยโภชนาการครบถ้วนในสัปดาห์นั้นๆ แล้ว เกษตรกรจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ยังคงค้างในแปลงทั้งหมดเพื่อนำไปจำหน่าย

จากการศึกษากระบวนการผลิตผัก พบว่าผักแต่ละกลุ่มมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกันคือ หว่านหรือหยอดเมล็ดในการปลูก และมีการเพาะกล้าก่อนการปลูก จึงต้องมีการจัดสรรทั้งพื้นที่เพาะกล้าและพื้นที่ปลูก จำนวนรอบในการเก็บเกี่ยว ผักบางชนิดสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากกว่า 1 รอบ นั้นหมายความว่าผลผลิตรอบถัดไปสามารถนำมาตอบสนองความต้องการได้ จึงต้องคำนึงด้วยว่าผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมที่พร้อมเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ถัดไปมีจำนวนเท่าไร เพียงพอกับความต้องการในสัปดาห์ถัดไปหรือไม่ หากไม่เพียงพอต่อความต้องการ จะต้องวางแผนว่าต้องปลูกในสัปดาห์ถัดไปเป็นปริมาณเท่าไร จึงจะสามารถตอบสนองความต้องการส่วนที่เหลือได้ ส่วนรอบการผลิตในผักแต่ละกลุ่มจะมีระยะเวลาไม่เท่ากัน ทำให้เกษตรกรต้องวางแผนการผลิตว่าจะต้องปลูกในสัปดาห์ที่เท่าไร จึงจะได้ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวที่สดใหม่ในปริมาณที่เพียงพอและทันต่อความต้องการของหน่วยโภชนาการ

4.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Models)

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น จะอธิบายโดยแบ่งออกเป็นสี่ส่วนคือ (1) แผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ (2) แผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร (3) แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลงของเกษตรกร และ (4) แผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตของเกษตรกร ซึ่งต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง ดังนี้

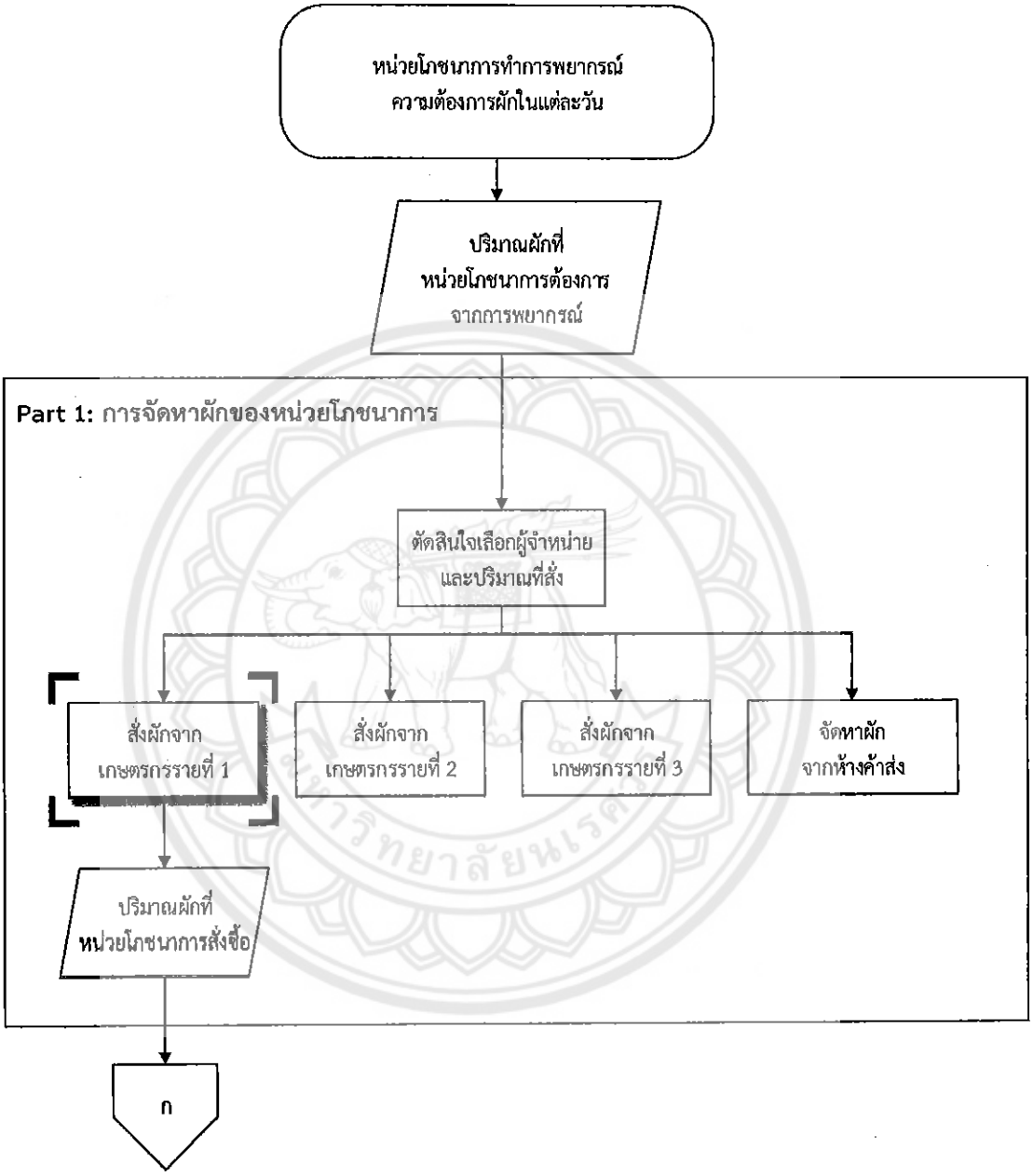
แผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ หน่วยโภชนาการมีตัวเลขประมาณการความต้องการ 1 ปี ซึ่งจะต้องนำมาจัดสรรว่าต้องสั่งผักปลอดสารพิษชนิดใดจากเกษตรกรแต่ละราย และสั่งปริมาณเท่าไรในแต่ละวัน โดยจะใช้ราคาเฉลี่ยของราคาขายที่เกษตรกรทั้ง 3 ราย เสนอให้กับหน่วยโภชนาการ ซึ่งเกษตรกรยินดีจำหน่ายผักและยอมรับราคาขายเฉลี่ย และเกษตรกรยินดีจัดส่งผักโดยเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เกษตรกรแต่ละรายก็มีกำลังการผลิตผักแต่ละชนิดแตกต่างกัน กรณีที่เกษตรกรมีผักไม่เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยโภชนาการ หน่วยโภชนาการจำเป็นต้องเดินทางไปซื้อที่ห้างค้าส่ง ซึ่งผักมีราคาสูงกว่า และมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งผักอีกด้วย แผนการจัดหาของหน่วยโภชนาการมีลักษณะกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 4.2

แผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร เมื่อเกษตรกรทราบปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการสั่งซื้อในแต่ละวันแล้ว เกษตรกรจะนำมาวางแผนว่าต้องใช้พื้นที่ในการเพาะกล้าและลงปลูกเท่าไร ซึ่งหลังจากเพาะกล้าเสร็จและเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือถอนต้นออกแล้ว พื้นที่นั้นสามารถนำมาใช้ในการผลิตในสัปดาห์ถัดไปได้ เกษตรกรต้องคำนวณว่าการผลิตในแต่ละสัปดาห์ จะให้ผลผลิตเท่าไร และมีผักบางชนิดที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิมได้ โดยมีรอบเวลาที่แตกต่างกันของผักแต่ละกลุ่ม เมื่อนำผลผลิตที่ได้จากการปลูกและผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมรวมกันแล้ว สามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอ จำเป็นต้องจัดหาผักจากผู้รับจ้างช่วงมาตอบสนองความต้องการเพิ่มเติม หากตอบสนองความต้องการเพียงพอแล้ว แต่ผลผลิตในสัปดาห์นั้นๆ ยังเหลือผลผลิตที่เหลือจะถูกนำไปจำหน่าย การผลิตผักมีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 4.3

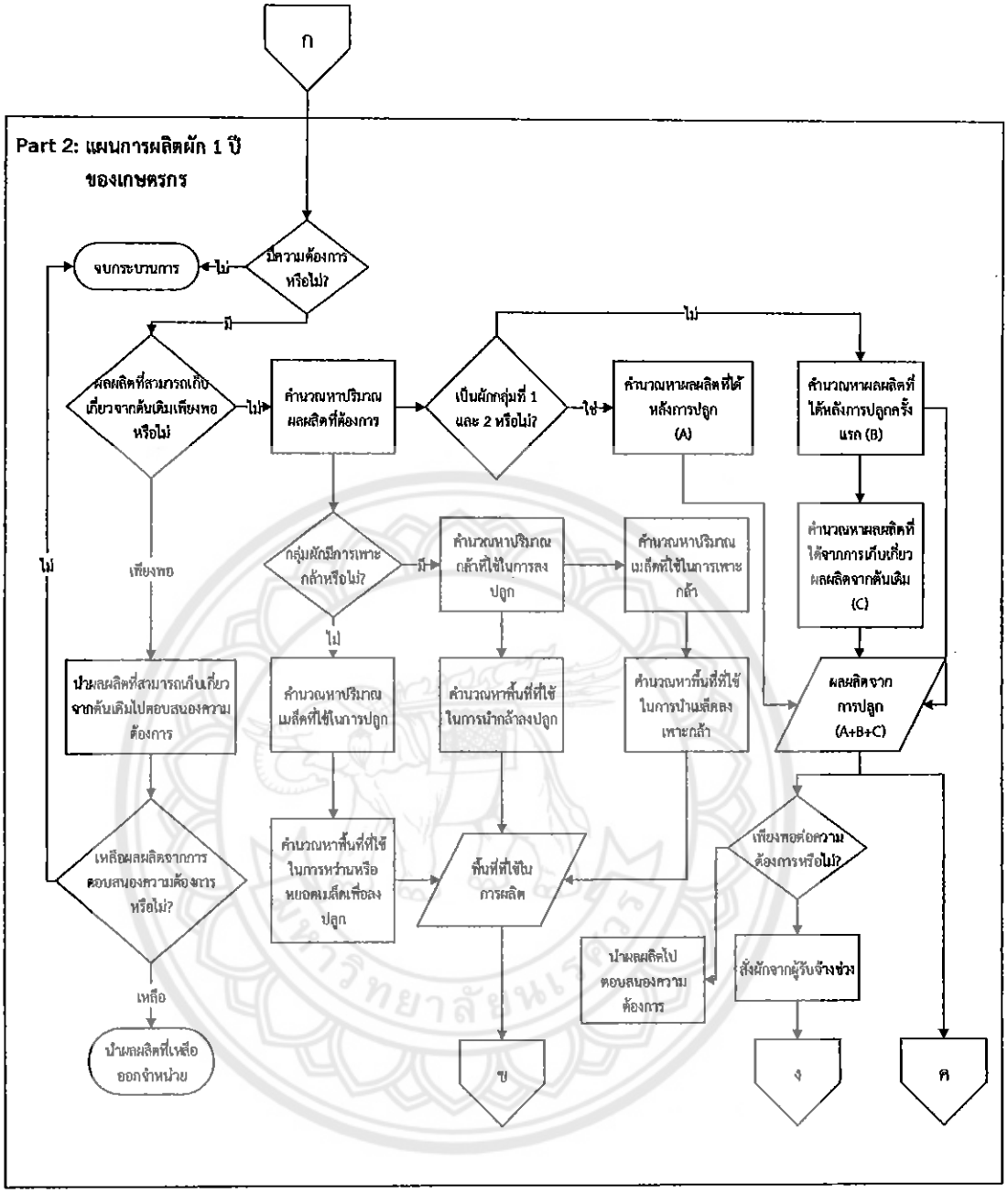
แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลงของเกษตรกร เมื่อเกษตรกรทราบพื้นที่ที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์แล้ว เกษตรกรจะต้องวางแผนต่อว่าพื้นที่ในแต่ละแปลงจะใช้เพาะกล้าและปลูกผักชนิดใด โดยใช้พื้นที่ปริมาณเมล็ด และปริมาณกล้าเท่าไร ซึ่งทุกแปลงมีพื้นที่เท่ากัน สามารถเพาะกล้าและปลูกรวมกันได้ แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลงมีลักษณะกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 4.4

แผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตของเกษตรกร เมื่อเกษตรกรทราบปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกและปริมาณผักที่ซื้อจากผู้รับจ้างช่วงในแต่ละสัปดาห์แล้ว เกษตรกรต้องตัดสินใจว่าจะเก็บเกี่ยวผักในแต่ละวันปริมาณเท่าไร เพื่อนำผลผลิตไปตอบสนองความต้องการในแต่ละวัน มีผลผลิตคงค้างในแปลงเพื่อรอเก็บเกี่ยวในวันถัดไป และมีการจัดเก็บผลผลิตในตู้เย็น หากมีผลผลิตเหลือจากการตอบสนองความต้องการ ซึ่งผลผลิตในตู้เย็นสามารถนำไปตอบสนองความต้องการในวันถัดไป โดยที่มีค่าใช้จ่ายในการคงค้างผลผลิตไว้ในแปลง เช่น ค่าปุ๋ย ค่าน้ำ เป็นต้น ส่วนการจัดเก็บในตู้เย็นมีค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า ซึ่งตู้เย็นเก็บผลผลิตได้จำกัด เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาเก็บเกี่ยว เกษตรกรต้องเก็บ

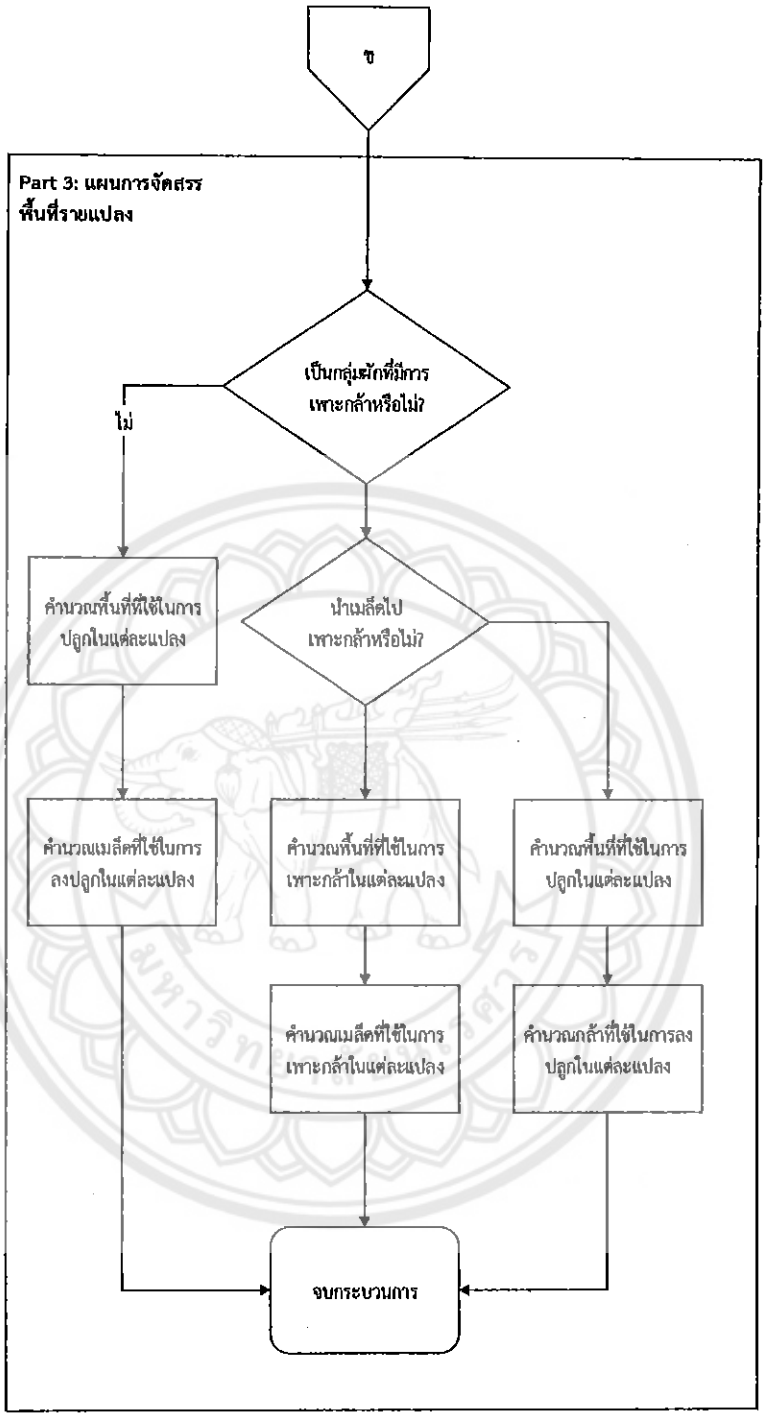
เกี่ยวผลผลิตทั้งหมด และนำผลผลิตที่จัดเก็บในตู้เย็นออกจำหน่ายต่อไป การเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตมีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.2 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 1

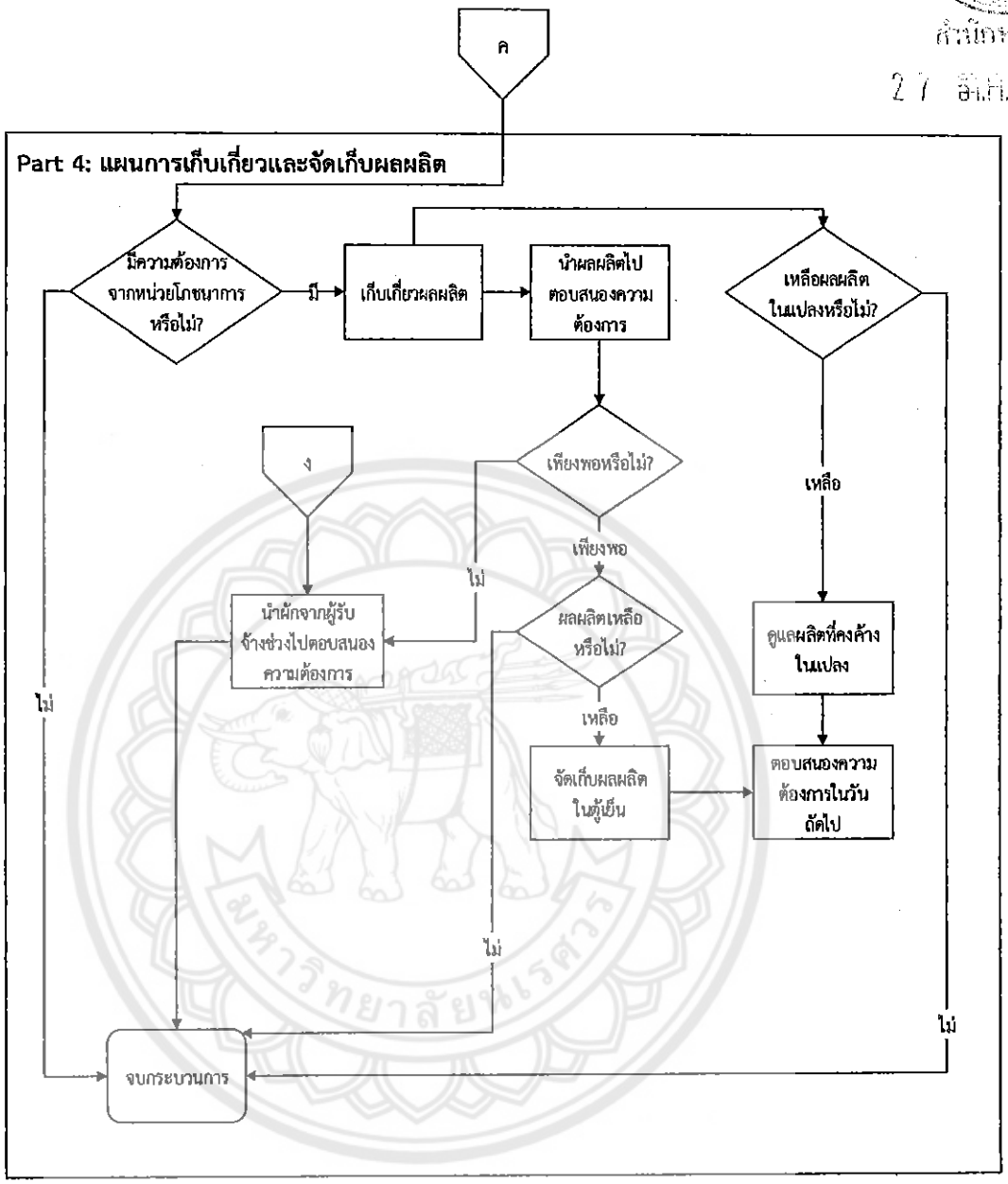


รูปที่ 4.3 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 2



รูปที่ 4.4 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 3

1728241
สำนักหอสมุด
27 มี.ค. 2561



รูปที่ 4.5 แนวคิดของแบบจำลองส่วนที่ 4

4.3.1 แบบจำลองส่วนที่ 1 แผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ

การจัดหาผักปลอดสารพิษของหน่วยโภชนาการ จะทำการสั่งซื้อจากเกษตรกรผู้จำหน่ายผักปลอดสารพิษทั้ง 3 ราย และห้างค้าส่ง ต่อไปนี้จะแสดงรายละเอียดของแบบจำลอง

4.3.1.1 ข้อสมมติเบื้องต้น (Assumptions)

ก. เกษตรกรยินดีจำหน่ายผักให้หน่วยโภชนาการ

ข. เกษตรกรเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการขนส่งผักไปยังหน่วยโภชนาการ

4.3.1.2 เซต (Sets)

A	กลุ่มของผู้จำหน่ายผัก, $A = A_f \cup A_h = \{1,2,3,...,a\}$
A_f	กลุ่มของเกษตรกร, $A_f = \{1,2,3\}$
A_h	กลุ่มของห้างค้าส่ง, $A_h = \{1,2,3,...,h\}$
I	กลุ่มของชนิดของผัก, $I = \{1,2,3,...,i\}$
D	กลุ่มของวันของความต้องการผัก, $D = \{1,2,3,...,d\}$

4.3.1.3 พารามิเตอร์ (Parameters)

		หน่วย
$\text{Cos}t_{ai}^1$	ค่าใช้จ่ายในการซื้อผักชนิดที่ i จากผู้จำหน่ายผักรายที่ a	บาท/กิโลกรัม
$\text{Cos}t_h^2$	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งผักจากห้างค้าส่ง h ไปยังหน่วยโภชนาการ	บาท/รอบ
Cap_{ai}^1	กำลังการผลิตสูงสุดของผู้จำหน่ายผักรายที่ a ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
Dem_i^d	ความต้องการผักชนิดที่ i ในวันที่ d	กิโลกรัม
$MP1$	จำนวนเต็มที่มากพอที่ทำให้อสมการที่ 3 รวมทั้งเงื่อนไขอื่นๆ เป็นไปตามเงื่อนไขบังคับต่างๆ ของแบบจำลองที่สร้างขึ้น	กิโลกรัม

4.3.1.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

		หน่วย
FA_{ai}^d	ปริมาณผักชนิดที่ i ที่สั่งจากผู้จำหน่ายผักรายที่ a ในวันที่ d	กิโลกรัม
YY_{hi}^d	มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการจัดหาผักชนิดที่ i ในวันที่ d จากห้างค้าส่ง h และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีการจัดหาผักจากห้างค้าส่ง	

4.3.1.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

เป้าหมายสำหรับแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการคือ มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด และสามารถจัดหาผักให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วยได้

$$\text{Minimize Total Cost} = C^{Purchasing} + C^{Transport}$$

โดยต้นทุนรวมในการจัดหาผักประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนการซื้อผัก ($C^{Purchasing}$) และต้นทุนการขนส่ง ($C^{Transport}$) ซึ่งต้นทุนในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ก. ต้นทุนการซื้อผัก

ต้นทุนการซื้อผักของหน่วยโภชนาการประกอบด้วยต้นทุนการซื้อผักจากเกษตรกรและห้างค้าส่ง ซึ่งการซื้อผักจากห้างค้าส่งนั้นจะซื้อในกรณีที่ความต้องการผักเกินกำลังการผลิตของเกษตรกร

$C^{Purchasing}$ = ต้นทุนการซื้อผักจากผู้จำหน่ายผัก

$$C^{Purchasing} = \sum_{i\in I}\sum_{a\in A}\sum_{d\in D} \text{Cost}^1_{ai} FA^d_{ai}$$

ข. ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนการขนส่งเป็นต้นทุนการขนส่งผักจากห้างค้าส่งไปยังหน่วยโภชนาการ

$C^{Transport}$ = ต้นทุนการขนส่งผักจากห้างค้าส่งไปยังหน่วยโภชนาการ

$$C^{Transport} = \sum_{h\in A_h}\sum_{i\in I}\sum_{d\in D} \text{Cost}^2_h YY^d_{hi}$$

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ของการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ ดังนี้

$$Min \left[\sum_{i\in I}\sum_{a\in A}\sum_{d\in D} \text{Cost}^1_{ai} FA^d_{ai}\right] + \left[\sum_{h\in A_h}\sum_{i\in I}\sum_{d\in D} \text{Cost}^2_h YY^d_{hi}\right]$$

4.3.1.6 เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

ก. เงื่อนไขการจัดหาผัก

ก.1 ผลรวมของปริมาณผักชนิดที่ i ที่สั่งจากผู้จำหน่ายผักรายที่ a ในวันที่ d ต้องไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการผักชนิดที่ i ในวันที่ d ดังอสมการที่ 1

$$\sum_{a\in A} FA^d_{ai} \geq Dem^d_i , \qquad \forall i \in I, d \in D \qquad (1)$$

ก.2 ผลรวมของปริมาณผักชนิดที่ i ที่สั่งจากผู้จำหน่ายผักรายที่ a ต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดของผู้จำหน่ายผัก ดังอสมการที่ 2

$$\sum_{d\in D} FA_{ai}^{d} \le CAP_{ai}^{1}, \qquad \forall a \in A, i \in I \tag{2}$$

ก.3 การตัดสินใจให้มีค่าขนส่ง เมื่อมีการจัดหาผักจากห้างค้าส่ง จะมีค่าขนส่งเกิดขึ้น หรือไม่คิดค่าขนส่งเมื่อไม่มีการจัดหาผักจากห้างค้าส่ง ดังอสมการที่ 3

$$FA_{ai}^{d} \le MP1YY_{hi}^{d}, \qquad \forall a \in A_h, d \in D, h \in A_h, i \in I \tag{3}$$

ข. เงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ

ข.1 ตัวแปรตัดสินใจมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ดังอสมการที่ 4

$$FA_{ai}^{d} \ge 0, \qquad \forall a \in A, i \in I, d \in D \tag{4}$$

ข.2 YY_{hi}^{d} เป็นตัวแปรทวิภาค

$$YY_{hi}^{d} \in \{0,1\} \qquad \forall h \in A_h, i \in I, d \in D \tag{5}$$

4.3.2 แบบจำลองส่วนที่ 2 แผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร

การวางแผนในการผลิตผัก เป็นการวางแผนการจัดสรรพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า และพื้นที่ที่ใช้ลงปลูก เมล็ดพันธุ์ที่ใช้สำหรับการเพาะกล้าและลงปลูกในแต่ละสัปดาห์ รวมถึงสัปดาห์ที่ต้องเพาะปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทันและครบถ้วน

4.3.2.1 ข้อสมมติเบื้องต้น (Assumptions)

ก. พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต พร้อมสำหรับการเพาะปลูกเสมอ

ข. พื้นที่ที่ว่างหลังจากการเพาะกล้าแล้ว สามารถนำมาเพาะปลูกต่อได้ทันที

ค. พื้นที่ที่ว่างหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว สามารถนำมาเพาะปลูกต่อได้ทันที

ง. เกษตรกรมีตลาดรองรับ ในกรณีที่ผลผลิตเหลือจากการตอบสนองความต้องการของหน่วยโภชนาการ

จ. ชนิดผักทุกชนิดที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน มีรอบการผลิตที่เท่ากัน

ฉ. อัตราการเจริญเติบโตของผักทุกชนิดในกลุ่มเดียวกันจะเท่ากัน

ช. อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นร้อยละร้อย

ซ. สามารถเพาะกล้าและปลูกผักในแปลงเดียวกันได้

ฌ. สามารถเพาะกล้าและปลูกผักหลายชนิดในแปลงเดียวกันได้

ญ. ผู้รับจ้างช่วง ยินดีจำหน่ายผักให้แก่เกษตรกร

4.3.2.2 เซต (Sets)

B	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในการเพาะกล้า, $B=\{1,2,3,...,b\}$
B'	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในการลงปลูกผัก, $B'=\{1,2,3,...,b'\}$
C	กลุ่มของสัปดาห์ของความต้องการผัก, $C=\{1,2,3,...,c\}$
E	กลุ่มของสัปดาห์ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้, $E=\{1,2,3,...,e\}$
F	กลุ่มของสัปดาห์ที่พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า สามารถนำมาใช้ได้หลังจากเพาะกล้าเสร็จแล้ว, $F=\{1,2,3,...,f\}$
G	กลุ่มของสัปดาห์ที่พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผัก สามารถนำมาใช้ได้หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้ว, $G=\{1,2,3,...,g\}$
I	กลุ่มของชนิดของผัก, $I=I_K\cup I_L\cup I_M\cup I_P=\{1,2,3,...,12\}$
I_K	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 1, $I_K=\{1,2,3,4,5\}$
I_L	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 2, $I_L=\{1,2\}$
I_M	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 3, $I_M=\{1,2\}$
I_P	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 4, $I_P=\{1,2,3\}$
N	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผักทั้งหมด, $N=\{1,2,3,...,n\}$
Q	กลุ่มของรอบที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิม หลังจากการปลูกรอบแรก, $Q=\{1,2,3,...,q\}$
R	กลุ่มของสัปดาห์ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิมหลังจากการปลูกรอบแรก, $R=\{1,2,3,...,r\}$

4.3.2.3 พารามิเตอร์ (Parameters)

		หน่วย
$Cost^3$	ค่าใช้จ่ายในการเตรียมพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า	บาท/ตารางเมตร
$Cost^4$	ค่าใช้จ่ายในการเตรียมพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผัก	บาท/ตารางเมตร
$Cost^5$	ค่าใช้จ่ายในการผลิตผัก	บาท/กิโลกรัม

$Cost^6$	ค่าใช้จ่ายในการซื้อผักจากผู้รับจ้างช่วง	บาท/กิโลกรัม
Dem_i^c	ปริมาณผักชนิดที่ i ที่หน่วยโภชนาการต้องการในสัปดาห์ที่ c	กิโลกรัม
$MP2$	จำนวนเต็มที่มากพอที่ทำให้อสมการที่ 18 และ 19 รวมทั้งเงื่อนไขอื่นๆ เป็นไปตามเงื่อนไขบังคับต่างๆ ของแบบจำลองที่สร้างขึ้น	กิโลกรัม
y_i^1	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม
y_i^2	พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม
y_i^3	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อกล้า 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม
yy_i^1	สัดส่วนจากปริมาณเมล็ดเป็นปริมาณผลผลิต ของผักชนิดที่ i	เท่า
yy_i^2	สัดส่วนจากปริมาณกล้าเป็นปริมาณผลผลิต ของผักชนิดที่ i	เท่า
yy_i^3	สัดส่วนจากปริมาณเมล็ดเป็นปริมาณกล้า ของผักชนิดที่ i	เท่า
yy_i^q	สัดส่วนของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมในรอบที่ q ของผักชนิดที่ i	เท่า
z_i^1	ปริมาณขั้นต่ำในการลงปลูกผักชนิดที่ i	กิโลกรัม

4.3.2.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

		หน่วย
Cap^n	พื้นที่สำหรับการเพาะกล้าและปลูกผักในสัปดาห์ที่ n	ตารางเมตร
GA_i^b	พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าในสัปดาห์ที่ b ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร
$GB_i^{b'}$	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักในสัปดาห์ที่ b' ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร
GC_i^f	พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังจากเพาะกล้าเสร็จแล้วของผักชนิดที่ i ในสัปดาห์ที่ f	ตารางเมตร
GD_i^g	พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้วของผักชนิดที่ i ในสัปดาห์ที่ g	ตารางเมตร
$H_i^{b'}$	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูกในสัปดาห์ที่ b' ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม

$H1_i^b$	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้าในสัปดาห์ที่ b ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$H2_i^{b'}$	ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูกในสัปดาห์ที่ b' ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$K1_i^e$	ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$K2_i^{qr}$	ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมในรอบที่ q สัปดาห์ที่ r ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$K3_i^n$	ปริมาณผลผลิตรวมของผักชนิดที่ i ที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ ในสัปดาห์ที่ n	กิโลกรัม
LL_i^n	ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิตของผักชนิดที่ i ในสัปดาห์ที่ n	กิโลกรัม
LM_i^n	ปริมาณผลผลิตของผักชนิดที่ i ที่เหลือ และถูกนำไปจำหน่ายในสัปดาห์ที่ n	กิโลกรัม
SU_i^n	ปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วงในสัปดาห์ที่ n ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$Y1_t$	มีค่าเป็น 1 เมื่อตัดสินใจทำการลงปลูกผัก และมีค่าเป็น 0 เมื่อตัดสินใจไม่ทำการลงปลูกผัก	

4.3.2.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

เป้าหมายสำหรับแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกรคือ มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด และสามารถผลิตผักให้เพียงพอต่อความต้องการของหน่วยโภชนาการได้

$$\text{Minimize Total Cost} = C^{Seedling\ Preparation} + C^{Planting\ Preparation} + C^{Production} + C^{Subcontract}$$

โดยต้นทุนรวมในการผลิตผักประกอบด้วยต้นทุน 4 ส่วน คือ ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะกล้า ($C^{Seedling\ Preparation}$) ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกผัก ($C^{Planting\ Preparation}$) ต้นทุนการผลิตผัก ($C^{Production}$) และต้นทุนการสั่งผักจากผู้รับจ้างช่วง ($C^{Subcontract}$) ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ก. ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะกล้า

$C^{Seedling\ Preparation}$ = ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะกล้า

$$C^{Seedling\ Preparation} = \text{Cost}^3 \sum_{b \in B} \sum_{i \in I_L \cup I_P} GA_i^b$$

ข. ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกผัก

$C^{Planting\ Preparation}$ = ต้นทุนการเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกผัก

$$C^{Planting\ Preparation} = \mathrm{Cost}^4 \sum_{b' \in B'} \sum_{i \in I} GB_i^{b'}$$

ค. ต้นทุนการผลิตผัก

$C^{Production}$ = ต้นทุนการผลิตผัก

$$C^{Production} = \mathrm{Cost}^5 \sum_{e \in E} \sum_{i \in I} K1_i^e$$

ง. ต้นทุนการสั่งผักจากผู้รับจ้างช่วง

$C^{Subcontract}$ = ต้นทุนการผลิตผัก

$$C^{Subcontract} = \mathrm{Cost}^6 \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} SU_i^n$$

จากที่กล่าวมา สามารถเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ของแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร ดังนี้

$$Min \left[\mathrm{Cost}^3 \sum_{b \in B} \sum_{i \in I_L \cup I_P} GA_i^b \right] + \left[\mathrm{Cost}^4 \sum_{b' \in B'} \sum_{i \in I} GB_i^{b'} \right] + \left[\mathrm{Cost}^5 \sum_{e \in E} \sum_{i \in I} K1_i^e \right] + \left[\mathrm{Cost}^6 \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} SU_i^n \right]$$

4.3.2.6 เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

ก. เงื่อนไขการจัดสรรพื้นที่สำหรับการเพาะกล้าและปลูกผัก

ก.1 ปริมาณเมล็ดที่ใช้ลงปลูกในสัปดาห์ที่ b' ของผักกลุ่มที่ 1 และ 3 ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e (นำปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกหารกับสัดส่วนของปริมาณเมล็ดเป็นปริมาณผลผลิต) ดังสมการที่ 6

$$H_i^{b'} = \frac{K1_i^e}{yy_i^1}, \qquad ; for\ i \in I_K \cup I_M : b' = e,\ \forall e \in E \qquad (6)$$

ก.2 ปริมาณเมล็ดที่ใช้เพาะกล้าในสัปดาห์ที่ b ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกในสัปดาห์ที่ b' (นำปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกหารกับสัดส่วนของปริมาณเมล็ดเป็นปริมาณกล้า) ดังสมการที่ 7

$$H1_i^b = \frac{H2_i^{b'}}{yy_i^3}, \qquad ; for\ i \in I_L \cup I_P : b = b',\ \forall b' \in B' \qquad (7)$$

ก.3 ปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกในสัปดาห์ที่ b' ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e (นำปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกหารกับสัดส่วนของปริมาณกล้าเป็นปริมาณผลผลิต) ดังสมการที่ 8

$$H2_i^{b'} = \frac{K1_I^e}{yy_i^2}, \qquad ;for\ i \in I_L \cup I_P : b' = e,\ \forall e \in E \qquad (8)$$

ก.4 พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าในแต่ละสัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณเมล็ดที่ใช้เพาะกล้าในสัปดาห์นั้นๆ (นำปริมาณเมล็ดที่ใช้เพาะกล้าคูณกับพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 9

$$GA_i^b = H1_i^b y_i^2, \qquad \forall b \in B, i \in I_L \cup I_P \qquad (9)$$

ก.5 พื้นที่ที่ต้องใช้ในการปลูกแต่ละสัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 1 และ 3 ขึ้นอยู่กับปริมาณเมล็ดที่ใช้ลงปลูกในสัปดาห์นั้นๆ (นำปริมาณเมล็ดที่ใช้ลงปลูกคูณกับพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณเมล็ด1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 10

$$GB_i^{b'} = H_I^{b'} y_I^1, \qquad \forall b' \in B', i \in I_K \cup I_M \qquad (10)$$

ก.6 พื้นที่ที่ต้องใช้ในการปลูกแต่ละสัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณกล้าที่จะใช้ปลูกในสัปดาห์นั้นๆ (นำปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกคูณกับพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อกล้า 1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 11

$$GB_i^{b'} = H2_i^{b'} y_i^3, \qquad \forall b' \in B', i \in I_L \cup I_P \qquad (11)$$

ก.7 ผลรวมของพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าและปลูกผักในสัปดาห์เดียวกัน ต้องไม่เกินพื้นที่สำหรับการผลิตผักที่เกษตรกรมีในสัปดาห์นั้นๆ ดังอสมการที่ 12

$$\sum_{i \in I_L \cup I_P} GA_i^b + \sum_{i \in I} GB_i^{b'} \le Cap^n$$

$$
\begin{aligned}
;for\ i \in I_K : b = 0, b' = n-7, \quad & for\ 8 \le n \le 59 \\
,i \in I_L : b = n-2, b' = 0, \quad & for\ 3 \le n \le 5, \\
b = n-2, b' = n-5, \quad & for\ 6 \le n \le 54, \\
b = 0, b' = n-5, \quad & for\ 55 \le n \le 57. \\
,i \in I_M : b = 0, b' = n-4, \quad & for\ 5 \le n \le 56 \\
,i \in I_P : b = n, b' = 0, \quad & for\ 1 \le n \le 4 \\
b = n, b' = n-4, \quad & for\ 5 \le n \le 52, \\
b = 0, b' = n-4, \quad & for\ 53 \le n \le 56
\end{aligned} \tag{12}
$$

ก.8 พื้นที่สำหรับการเพาะกล้าและปลูกผักในสัปดาห์ที่ n มาจากการจัดสรรพื้นที่ให้กับสัปดาห์ก่อนหน้า (พื้นที่สำหรับการปลูกผักและเพาะกล้าในสัปดาห์ที่ $n-1$ ลบออกด้วยพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าและพื้นที่ในการปลูกผักในสัปดาห์นั้นๆ) รวมกับพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังจากเพาะกล้าเสร็จแล้ว และพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังจากผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวหมดแล้วในสัปดาห์นี้ ดังสมการที่ 13

$$
Cap^n = Cap^{n-1} - \sum_{i \in I_L \cup I_P} GA_i^{b-1} - \sum_{i \in I} GB_i^{b'-1} + \sum_{i \in I_L \cup I_P} GC_i^f + \sum_{i \in I} GD_i^g
$$

$$
\begin{aligned}
;for\ i \in I_K : b = 0, b' = n-7, f = 0, g = 0, \quad & for\ 8 \le n \le 15, \\
b = 0, b' = n-7, f = 0, g = n-15, \quad & for\ 16 \le n \le 59, \\
b = 0, b' = 0, f = 0, f' = n-15, \quad & for\ 60 \le n \le 66 \\
,i \in I_L : b = n-2, b' = 0, f = 0, g = 0, \quad & for\ 3 \le n \le 5, \\
b = n-2, b' = n-5, f = n-5, g = 0, \quad & for\ 6 \le n \le 15, \\
b = n-2, b' = n-5, f = n-5, g = n-15, \quad & for\ 16 \le n \le 54, \\
b = 0, b' = n-5, f = n-5, g = n-15, \quad & for\ 55 \le n \le 57, \\
b = 0, b' = 0, f = 0, g = n-15, \quad & for\ 58 \le n \le 66 \\
,i \in I_M : b = 0, b' = n-4, f = 0, g = 0, \quad & for\ 5 \le n \le 18, \\
b = 0, b' = n-4, f = 0, g = n-18, \quad & for\ 19 \le n \le 56, \\
b = 0, b' = 0, f = 0, g = n-18, \quad & for\ 56 \le n \le 66 \\
,i \in I_P : b = n, b' = 0, f = 0, g = 0, \quad & for\ 1 \le n \le 4, \\
b = n, b' = n-4, f = n-4, g = 0, \quad & for\ 5 \le n \le 39, \\
b = n, b' = n-4, f = n-4, g = n-39, \quad & for\ 40 \le n \le 52, \\
b = 0, b' = n-4, f = n-4, g = n-39, \quad & for\ 53 \le n \le 56, \\
b = 0, b' = 0, f = 0, g = n-39, \quad & for\ 57 \le n \le 66
\end{aligned} \tag{13}
$$

ก.9 พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าจะสามารถนำกลับมาใช้ได้หลังจากทำการเพาะกล้าเสร็จ ดังสมการที่ 14

$$\sum_{i\in I} GC_i^f = \sum_{i\in I} GA_i^b$$
$$;for\ i \in I_L : b = f = n-5,\ for\ 6 \le n \le 57$$
$$,i \in I_P : b = f = n-4,\ for\ 5 \le n \le 56 \qquad (14)$$

ก.10 พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักจะสามารถนำกลับมาใช้ได้หลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้ว ดังสมการที่ 15

$$\sum_{i\in I} GD_i^g = \sum_{i\in I} GB_i^{b'}$$
$$;for\ i \in I_K \cup I_L : b' = g = n-15,\ for\ 16 \le n \le 66$$
$$,i \in I_M : b' = g = n-18,\ for\ 19 \le n \le 66$$
$$,i = p : b' = g = n-39,\ for\ 40 \le n \le 66 \qquad (15)$$

ข. เงื่อนไขปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกและจากผู้รับจ้างช่วง

ข.1 ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มที่ 1 และ 2 เท่ากับความต้องการผักในสัปดาห์นั้นๆ ลบออกด้วยปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง และรวมกับปริมาณผลผลิตที่เหลือและนำไปจำหน่าย (เนื่องจากมีการกำหนดปริมาณขั้นต่ำในการปลูก ทำให้อาจจะมีปริมาณผลผลิตที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้ว) ดังสมการที่ 16

$$K1_i^e = Dem_i^c - SU_i^n + LM_i^n$$
$$;for\ i \in I_K \cup I_L : e = c, n = c+14,\ \forall c \in C \qquad (16)$$

ข.2 ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มที่ 3 และ 4 เท่ากับความต้องการผักในสัปดาห์ที่ c ลบออกด้วยผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ และปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง และรวมกับปริมาณผลผลิตที่เหลือและนำไปจำหน่าย ดังสมการที่ 17

$$K1_i^e = Dem_i^c - K3_i^n - SU_i^n + LM_i^n$$
$$;for\ i \in I_M \cup I_P : e = c, n = c+14,\ \forall c \in C \qquad (17)$$

ข.3 การตัดสินใจในการผลิตผัก หากทำการผลิตต้องได้ผลผลิตอย่างน้อย z_i^1 หรือตัดสินใจไม่ทำการผลิต ถ้าผลผลิตไม่ถึง z_i^1 ดังอสมการที่ 18 และ 19

$$z_i^1 - K1_i^e \le MP2\left(1-Y1_i\right), \qquad \forall e \in E, i \in I \tag{18}$$

$$K1_i^e \le MP2Y1_i, \qquad \forall e \in E, i \in I \tag{19}$$

ข.4 ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิตในสัปดาห์ที่ n ของผักกลุ่ม 1 และ 2 เกิดจากปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e ดังสมการที่ 20

$$LL_i^n = K1_i^e \qquad ; for\ i \in I_K \cup I_L : n = e,\ \forall e \in E \tag{20}$$

ข.5 ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิตในสัปดาห์ที่ n ของผักกลุ่ม 3 และ 4 เกิดจากปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e รวมกับผลรวมของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ ดังสมการที่ 21

$$LL_i^n = K1_i^e + K3_i^n \qquad ; for\ i \in I_M \cup I_P : n = e,\ \forall e \in E \tag{21}$$

ข.6 ปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วงในละสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับการตอบสนองความต้องการผักในสัปดาห์นั้นๆ (ความต้องการผัก ลบออกด้วยผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิต) และรวมกับผลผลิตที่เหลือและนำไปจำหน่าย ดังสมการที่ 22

$$SU_i^n = Dem_i^c - LL_i^n + LM_i^n \qquad ; for\ i \in I : n = c+14,\ \forall c \in C \tag{22}$$

ค. เงื่อนไขการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ค.1 ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมรอบที่ 1 หลังจากการปลูกรอบแรก ของผักกลุ่มที่ 3 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกในสัปดาห์ที่ e (ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูก คูณกับสัดส่วนของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมในรอบที่ 1) ดังสมการที่ 23

$$K2_i^{qr} = K1_i^e yy_j^q$$
$$; for\ i \in I_M \cup I_P : q = 1, r = e,\ \forall e \in E \tag{23}$$

ค.2 ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ในรอบถัดไป ของผักกลุ่มที่ 3 และ 4 ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมในรอบก่อนหน้า (ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ในรอบก่อนหน้า คูณกับสัดส่วนของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมในรอบนี้) ดังสมการที่ 24

$$K2_i^{qr} = K2_i^{(q-1)r} yy_i^q \ ,$$
$$; for\ i \in I_M : q = 2,3,\ \forall r \in R$$
$$,i \in I_P : q = 2,3,...,12,\ \forall r \in R \qquad (24)$$

ค.3 ผลรวมของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ ในสัปดาห์ที่ n เกิดจากผลรวมของผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมได้ในทุกๆ รอบ ดังสมการที่ 25

$$K3_i^n = \sum_{q \in Q} K2_i^{qr}$$
$$; for\ i \in I_M : n = q + r + 14, \forall q \in Q, r \in R$$
$$,i \in I_P : n = 2q + r + 14, \forall q \in Q, r \in R \qquad (25)$$

ค.4 ปริมาณผลผลิตที่เหลือและนำไปจำหน่าย เกิดจากปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิต และปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง ในสัปดาห์ที่ n ที่นำไปตอบสนองความต้องการผักในสัปดาห์ที่ d' แล้ว และยังมีปริมาณผลผลิตคงเหลืออยู่ ดังสมการที่ 26

$$LM_i^n = LL_i^n + SU_i^n - Dem_i^c$$
$$; for\ i \in I : n = c + 14,\ \forall c \in C \qquad (26)$$

ง. เงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ

ง.1 ทุกตัวแปรตัดสินใจมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ดังอสมการที่ 27

$$Cap^n \geq 0\ , \qquad \forall n \in N$$
$$GA_i^b, H1_i^b \geq 0\ , \qquad \forall b \in B, i \in I_L \cup I_P$$
$$GB_i^{b'}, H_i^{b'}, H2_i^{b'} \geq 0\ , \qquad \forall b' \in B', i \in I$$
$$GC_i^f \geq 0\ , \qquad \forall f \in F, i \in I_L \cup I_P$$
$$GD_i^g \geq 0\ , \qquad \forall g \in G, i \in I$$
$$K1_i^e \geq 0\ , \qquad \forall e \in E, i \in I$$

$$K2_i^{qr} \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I_M \cup I_P, q \in Q, r \in R$$
$$K3_i^n \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I_M \cup I_P, n \in N$$
$$LL_i^n, LM_i^n, SU_i^n \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I, n \in N \qquad (27)$$

ง.2 $Y1_i$ เป็นตัวแปรทวิภาค

$$Y1_i \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I \qquad (28)$$

4.3.3 แบบจำลองส่วนที่ 3 แผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง ของเกษตรกร

การจัดสรรพื้นที่รายแปลง เป็นการจัดสรรพื้นที่แปลงที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์ และปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการลงปลูกและเพาะกล้า รวมถึงปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก

4.3.3.1 ข้อสมมติเบื้องต้น (Assumptions)

ก. เกษตรกรใช้เวลาในการนำเมล็ดลงปลูกหรือเพาะกล้าเพียง 1 วัน

ข. เกษตรกรใช้เวลาในการนำกล้าลงปลูกเพียง 1 วัน

ค. สัดส่วนการใช้พื้นที่สำหรับเพาะกล้าหรือลงปลูกต่อปริมาณเมล็ด 1 กิโลกรัมของเมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกันจะเท่ากันเสมอ

ง. แปลงปลูกที่ว่างหลังจากการเพาะกล้าแล้ว สามารถนำมาเพาะปลูกต่อได้

จ. แปลงปลูกที่ว่างหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว สามารถนำมาเพาะปลูกต่อได้

4.3.3.2 เซต (Sets)

B	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในการเพาะกล้า, $B = \{1,2,3,...,b\}$
B'	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในการลงปลูกผัก, $B' = \{1,2,3,...,b'\}$
I	กลุ่มของชนิดของผัก, $I = I_K \cup I_L \cup I_N \cup I_P = \{1,2,3,...,12\}$
I_K	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 1, $I_K = \{1,2,3,4,5\}$
I_L	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 2, $I_L = \{1,2\}$
I_M	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 3, $I_M = \{1,2\}$
I_P	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 4, $I_P = \{1,2,3\}$
X	กลุ่มของแปลงปลูก, $X = \{1,2,3,...,x\}$

4.3.3.3 พารามิเตอร์ (Parameters)

		หน่วย
$Cost^7$	ค่าใช้จ่ายในการหว่านหรือหยอดเมล็ดลงในแปลง	บาท/กิโลกรัม

$Cost^8$	ค่าใช้จ่ายในการเพาะกล้า	บาท/กิโลกรัม
$Cost^9$	ค่าใช้จ่ายในการนำกล้าลงปลูก	บาท/กิโลกรัม
CAP_x	กำลังการผลิตสูงสุดของพื้นที่แปลงที่ x	ตารางเมตร
GA_i^b	พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าสัปดาห์ที่ b ของผัก ชนิดที่ i	ตารางเมตร
$GB_i^{b'}$	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักสัปดาห์ที่ b' ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร
y_i^1	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณเมล็ด 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม
y_i^2	พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าต่อปริมาณเมล็ด 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม
y_i^3	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณกล้า 1 กิโลกรัม ของผักชนิดที่ i	ตารางเมตร/กิโลกรัม

4.3.3.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

		หน่วย
GD_{ix}^b	พื้นที่ที่ใช้เพาะกล้าในแปลงที่ x ของผักชนิดที่ i ใน สัปดาห์ที่ b	ตารางเมตร
$GR_{ix}^{b'}$	พื้นที่ที่ใช้ปลูกผักในแปลงที่ x ของผักชนิดที่ i ในสัปดาห์ ที่ b'	ตารางเมตร
HB_{ix}^b	ปริมาณเมล็ดที่ใช้เพาะกล้าในแปลงที่ x ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$HD_{ix}^{b'}$	ปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกในแปลงที่ x ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม
$HP_{ix}^{b'}$	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ลงปลูกในแปลงที่ x ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม

4.3.3.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

เป้าหมายสำหรับแผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลงสำหรับเกษตรกรคือ มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด และสามารถตอบสนองความต้องการผักของหน่วยโภชนาการ

$$\text{Minimize Total Cost} = C^{Planting}$$

โดยต้นทุนรวมในการจัดสรรพื้นที่รายแปลงประกอบด้วยต้นทุนการปลูกผัก ($C^{Planting}$) คือ ต้นทุนที่ใช้ในการหว่านหรือหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูก ต้นทุนที่ใช้ในการเพาะกล้า และต้นทุนที่ใช้ในการนำกล้าลงปลูกในแปลง ซึ่งจะคิดจากค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน ค่าน้ำ ค่าปุ๋ย และค่าแรงงาน เป็นต้น

$C^{Planting}$ = ต้นทุนการหว่านหรือหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูก + ต้นทุนการเพาะกล้า + ต้นทุนการนำกล้าลงปลูกในแปลง

$$C^{Planting} = \text{Cost}^7 \sum_{i \in I_K \cup I_M} \sum_{x \in X} HP_{ix}^{b'} + \text{Cost}^8 \sum_{i \in I_L \cup I_P} \sum_{x \in X} HB_{ix}^{b} + \text{Cost}^9 \sum_{i \in I_L \cup I_P} \sum_{x \in X} HD_{ix}^{b'}$$

จากที่กล่าวมา สามารถเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ของการจัดสรรพื้นที่รายแปลงของเกษตรกรดังนี้

$$Min \left[\text{Cost}^7 \sum_{i \in I_K \cup I_M} \sum_{x \in X} HP_{ix} \right] + \left[\text{Cost}^8 \sum_{i \in I_L \cup I_P} \sum_{x \in X} HB_{ix} + \text{Cost}^9 \sum_{i \in I_L \cup I_P} \sum_{x \in X} HD_{ix} \right]$$

4.3.3.6 เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

ก. เงื่อนไขการใช้พื้นที่

ก.1 พื้นที่สำหรับเพาะกล้าในแต่ละสัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 เท่ากับผลรวมพื้นที่แปลงปลูกที่ใช้ในสัปดาห์นั้นๆ ดังสมการที่ 29

$$GA_i^b = \sum_{x \in X} GD_{ix}^b , \qquad \forall b \in B, i \in I_L \cup \in I_P \tag{29}$$

ก.2 พื้นที่ที่ใช้สำหรับการเพาะกล้าในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดของแปลง ดังสมการที่ 30

$$\sum_{i \in I} GD_{ix}^b \le CAP_x , \qquad \forall b \in B, i \in I_L \cup I_P, x \in X \tag{30}$$

ก.3 พื้นที่สำหรับนำเมล็ดลงปลูกในแต่สัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 1 และ 3 และพื้นที่สำหรับนำกล้าลงปลูกในแต่ละสัปดาห์ของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 เท่ากับผลรวมพื้นที่แปลงปลูกที่ใช้ในสัปดาห์นั้นๆ ดังสมการที่ 31

$$GB_i^{b'} = \sum_{x \in X} GR_{ix}^{b'} , \qquad \forall b' \in B', i \in I \tag{31}$$

ก.4 พื้นที่ที่ใช้สำหรับการนำเมล็ดลงปลูกในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 1 และ 3 และพื้นที่สำหรับนำกล้าลงปลูกในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดของแปลง ดังสมการที่ 32

$$\sum_{i \in I} GR_{ix}^{b'} \le CAP_x , \qquad \forall b' \in B', x \in X \tag{32}$$

ข. เงื่อนไขการผลิตผัก

ข.1 ปริมาณเมล็ดที่ใช้เพาะกล้าในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่เพาะกล้าที่ใช้ในแต่ละแปลง (นำจำนวนพื้นที่เพาะกล้าที่ใช้ในแต่ละแปลง หารด้วยพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าต่อปริมาณเมล็ด 1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 33

$$HB_{ix}^{b} = \frac{GD_{ix}^{b}}{y_i^2}, \qquad \forall b \in B, i \in I_L \cup I_P, x \in X \tag{33}$$

ข.2 ปริมาณกล้าที่ใช้ลงปลูกในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 2 และ 4 ขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ปลูกที่ใช้ในแต่ละแปลง (นำจำนวนพื้นที่ปลูกที่ใช้ในแต่ละแปลง หารด้วยพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณกล้า 1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 34

$$HD_{ix}^{b'} = \frac{GR_{ix}^{b'}}{y_i^3}, \qquad \forall b' \in B', i \in I_L \cup I_P, x \in X \tag{34}$$

ข.3 ปริมาณเมล็ดที่ใช้ลงปลูกในแต่ละแปลงของผักกลุ่มที่ 1 และ 3 ขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ปลูกที่ใช้ในแต่ละแปลง (นำจำนวนพื้นที่ที่ใช้ในแต่ละแปลง หารด้วยพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อปริมาณเมล็ด 1 กิโลกรัม) ดังสมการที่ 35

$$HP_{ix}^{b'} = \frac{GR_{ix}^{b'}}{y_i^1}, \qquad \forall b' \in B', i \in I_K \cup I_M, x \in X \tag{35}$$

ค. เงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ

ค.1 ทุกตัวแปรตัดสินใจมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ดังอสมการที่ 36

$$\begin{aligned} GD_{ix}^{b}, HB_{ix}^{b} &\geq 0, && \forall b \in B, i \in I_L \cup I_P, x \in X \\ GR_{ix}^{b'}, HD_{ix}^{b'}, HP_{ix}^{b'} &\geq 0, && \forall b' \in B', i \in I_K \cup I_M, x \in X \end{aligned} \tag{36}$$

4.3.4 แบบจำลองส่วนที่ 4 แผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ของเกษตรกร

การวางแผนเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต เป็นการวางเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละวัน ซึ่งผลผลิตที่ยังไม่ถูกเก็บเกี่ยว จะทำการคงค้างไว้ในแปลง ส่วนที่ผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยวและผลผลิตที่ถูกจัดเก็บในตู้เย็นหลังการเก็บเกี่ยวจะต้องสามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอ

4.3.4.1 ข้อสมมติเบื้องต้น (Assumptions)

ก. ผลผลิตของผักทุกชนิดที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะพร้อมเก็บเกี่ยวในวันเดียวกัน

ข. ผลผลิตมีช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวเพียง 7 วัน

ค. ผลผลิตทั้งหมดที่อยู่ในแปลงจะถูกเก็บเกี่ยว เมื่อถึงวันสุดท้ายของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวในแต่ละสัปดาห์ (วันที่ 7)

4.3.4.2 เซต (Sets)

D	กลุ่มของวันของความต้องการผัก, $D=\{1,2,3,...,d\}$
I	กลุ่มของชนิดของผัก, $I=I_K\cup I_L\cup I_M\cup I_P=\{1,2,3,...,12\}$
I_K	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 1, $I_K=\{1,2,3,4,5\}$
I_L	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 2, $I_L=\{1,2\}$
I_M	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 3, $I_M=\{1,2\}$
I_P	กลุ่มของชนิดของผักกลุ่มที่ 4, $I_P=\{1,2,3\}$
N	กลุ่มของสัปดาห์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผักทั้งหมด, $N=\{1,2,3,...,n\}$
U	กลุ่มของวันที่ผลผลิตถูกเก็บจากแปลงใน 1 สัปดาห์, $U=\{1,2,3,...,7\}$
W	กลุ่มของวันที่ใช้ในการดูแลผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวโดยฝากไว้ในแปลง, $W=\{1,2,3,...,7\}$
W'	กลุ่มของวันที่ใช้ในการจัดเก็บผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในตู้เย็น, $W'=\{1,2,3,...,7\}$

4.3.4.3 พารามิเตอร์ (Parameters)		หน่วย
Cost^{10}	ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวผลผลิต	บาท/กิโลกรัม
Cost^{11}	ค่าใช้จ่ายในการดูแลผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวโดยฝากไว้ในแปลง	บาท/กิโลกรัม/วัน
Cost^{12}	ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไว้ในตู้เย็น	บาท/กิโลกรัม/วัน
FA_i^d	ความต้องการผักชนิดที่ i ในวันที่ d	กิโลกรัม
LL_i^n	ปริมาณผลผลิตรวมของผักชนิดที่ i ในสัปดาห์ที่ n	กิโลกรัม
$MP3$	จำนวนเต็มที่มากพอที่ทำให้อสมการที่ 37 และ 38 รวมทั้งเงื่อนไขอื่นๆ เป็นไปตามเงื่อนไขบังคับต่างๆ ของแบบจำลองที่สร้างขึ้น	กิโลกรัม
LM_i^7	ปริมาณผลผลิตเกินที่นำไปจำหน่ายในวันสุดท้ายของการเก็บเกี่ยว ในแต่สัปดาห์ของผักชนิดที่ i	กิโลกรัม

zz_i ปริมาณขั้นต่ำในการเก็บเกี่ยวผักชนิดที่ i กิโลกรัม

4.3.4.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) หน่วย

$K6_i^{nw}$ ปริมาณผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวแต่ยังคงค้างไว้ในแปลงของผักชนิดที่ i ในวันที่ w สัปดาห์ที่ n กิโลกรัม

$K7_i^{nw'}$ ปริมาณผลผลิตที่จัดเก็บในตู้เย็นของผักชนิดที่ i ในวันที่ w' สัปดาห์ที่ n กิโลกรัม

RR_i^u ปริมาณผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยวในวันที่ u ของผักชนิดที่ i กิโลกรัม

SU_i^n ปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วงในสัปดาห์ที่ n ของผักชนิดที่ i กิโลกรัม

$Y2_i$ มีค่าเป็น 1 เมื่อตัดสินใจทำการเก็บเกี่ยวผักชนิดที่ i และมีค่าเป็น 0 เมื่อตัดสินใจไม่ทำการเก็บเกี่ยวผัก

4.3.4.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

เป้าหมายสำหรับแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตสำหรับเกษตรกรคือมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด และสามารถตอบสนองความต้องการผักของหน่วยโภชนาการ

$$\text{Minimize Total Cost} = C^{Harvest} + C^{Inventory}$$

โดยต้นทุนรวมในการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ($C^{Harvest}$) และต้นทุนการจัดเก็บผัก ($C^{Inventory}$) ซึ่งต้นทุนในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. ต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต คิดจากปริมาณผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยว

$C^{Harvest}$ = ต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

$$C^{Harvest} = \text{Cost}^{10} \sum_{i \in I} \sum_{u \in U} RR_i^u$$

ข. ต้นทุนการจัดเก็บผัก

ต้นทุนการจัดเก็บผักประกอบด้วย ต้นทุนในการดูแลผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวแต่ยังไม่ทำการเก็บเกี่ยวโดยคงค้างไว้ในแปลงก่อน และต้นทุนในการจัดเก็บผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไว้ในตู้เย็น

$C^{Inventory}$ = ต้นทุนในการดูแลผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวโดยคงค้างไว้ในแปลง + ต้นทุนการจัดเก็บในตู้เย็น

$$C^{Inventory} = \text{Cost}^{11} \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} \sum_{w \in W} K6_i^{nw} + \text{Cost}^{12} \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} \sum_{w' \in W'} K7_i^{nw'}$$

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ของการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตของเกษตรกรดังนี้

$$Min \left[\mathrm{Cost}^{10} \sum_{i\in I} \sum_{u\in U} RR_i^u \right] + \left[\mathrm{Cost}^{11} \sum_{i\in I} \sum_{n\in N} \sum_{w\in W} K6_i^{nw} + \mathrm{Cost}^{12} \sum_{i\in I} \sum_{n\in N} \sum_{w'\in W'} K7_i^{nw'} \right]$$

4.3.4.6 เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

ก เงื่อนไขการเก็บเกี่ยว

ก.1 การตัดสินใจในการเก็บเกี่ยวในแต่ละวันภายใน 1 สัปดาห์ของช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ถ้าเก็บเกี่ยวต้องอย่างน้อย zz_i หรือตัดสินใจไม่ทำการเก็บเกี่ยวถ้าเก็บเกี่ยวได้ไม่ถึง zz_i ดังอสมการที่ 37 และ 38

$$zz_i - RR_i^u \le MP3\left(1 - Y2_i\right) \qquad \forall i \in I, u \in U \tag{37}$$

$$RR_i^u \le MP3Y2_i \qquad \forall i \in I, u \in U \tag{38}$$

ก.2 ปริมาณผลผลิตรวมในสัปดาห์ที่ n เท่ากับผลรวมของปริมาณผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไป ดังสมการที่ 39

$$LL_i^n = \sum_{u\in U} RR_i^u, \qquad \forall i \in I, n \in N \tag{39}$$

ข. เงื่อนไขสินค้าคงคลัง

ข.1 ปริมาณผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวแต่ยังคงค้างอยู่ในแปลงหลังจากการเก็บเกี่ยวในวันแรก (ผลรวมของผลผลิตที่ได้ในสัปดาห์ที่ n ลบออกด้วยปริมาณผักที่เก็บเกี่ยวออกไปในวันที่ u) ดังสมการที่ 40

$$K6_i^{nw} = LL_i^n - RR_i^u, \qquad \forall i \in I, n \in N, u \in U, w = 1 \tag{40}$$

ข.2 ปริมาณผลผลิตที่พร้อมเก็บเกี่ยวแต่ยังคงค้างอยู่ในแปลงหลังจากการเก็บเกี่ยวในวันถัดไป (ปริมาณผักที่ค้างในแปลงของวันที่ $w-1$ ลบออกด้วยปริมาณผักที่เก็บเกี่ยวออกไปในวันที่ u) ดังสมการที่ 41

$$K6_i^{nw} = K6_i^{nw-1} - RR_i^u, \qquad \forall i \in I, n \in N, u \in U, w = 2,3,...,7 \tag{41}$$

ข.3 ปริมาณผลผลิตที่จัดเก็บในตู้เย็นวันแรก เท่ากับปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง และปริมาณผักที่เหลือในตู้เย็น รวมกับผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยว และตอบสนองความต้องการผักแล้ว ดังสมการที่ 42

$$K7_i^{nw'} = SU_i^n + RR_i^u - FA_i^d \qquad \forall d \in D, i \in I, n \in N, u \in U, w' = 1 \qquad (42)$$

ข.4 ปริมาณผลผลิตที่จัดเก็บในตู้เย็น (วันที่ w') เท่ากับปริมาณผักที่เหลือในตู้เย็นรวมกับผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยวและตอบสนองความต้องการผักแล้ว (ปริมาณผักที่จัดเก็บในตู้เย็นในวันที่ $w'-1$ รวมกับปริมาณผักที่เก็บเกี่ยวในวันที่ u และลบออกด้วยความต้องการผักในวันที่ d) ดังสมการที่ 43

$$K7_i^{nw'} = K7_i^{nw'-1} + RR_i^u - FA_i^d$$
$$\forall d \in D, i \in I, n \in N, u \in U, w' = 2,3,...,6 \qquad (43)$$

ข.5 ในวันสุดท้ายของช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ปริมาณผลผลิตที่จัดเก็บในตู้เย็นจะเท่ากับปริมาณผักที่เหลือในตู้เย็นรวมกับผลผลิตหลังจากเก็บเกี่ยวและนำตอบสนองความต้องการผัก (ปริมาณผักที่จัดเก็บในตู้เย็นในวันที่ $w'-1$ รวมกับปริมาณผักที่เก็บเกี่ยวในวันที่ u และลบออกด้วยความต้องการผักในวันที่ d) เมื่อมีผลผลิตเกินจึงนำไปจำหน่าย ดังสมการที่ 44

$$K7_i^{w'} = K7_i^{w'-1} + RR_i^u - FA_i^d - LM_i^7$$
$$\forall d \in D, i \in I, u \in U, w' = 7 \qquad (44)$$

ค. เงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ

ค.1 ทุกตัวแปรตัดสินใจมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ดังอสมการที่ 45

$$K6_i^{nw} \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I, n \in N, w \in W$$
$$K7_i^{nw'} \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I, n \in N, w' \in W'$$
$$LM_i^7 \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I$$
$$RR_i^u \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I, u \in U$$
$$SU_i^n \geq 0 \ , \qquad \forall i \in I, n \in N \qquad (45)$$

ค.2 $Y2_i$ เป็นตัวแปรทวิภาค

$$Y2_i \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I \qquad (46)$$

4.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

เป็นการตรวจสอบว่าการสร้างแบบจำลอง มีการประมวลผลอย่างถูกต้องหรือไม่ ทดสอบแบบจำลองว่าสามารถหาผลลัพธ์ที่ตรงตามสมการเชิงคณิตศาสตร์ โดยในกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องนี้ จะยกตัวอย่างการตรวจสอบแบบจำลองส่วนที่ 2 แผนการผลิตผัก 1 ปีของเกษตรกรเท่านั้น

ในแบบจำลองส่วนที่ 2 จะพิจารณาถึงปัจจัยที่แตกต่างกันของผักแต่ละกลุ่ม จากนั้นวางแผนการผลิตผัก เพื่อให้ผักแต่ละกลุ่มสามารถออกผลผลิตได้ทันต่อความต้องการ ซึ่งขนาดของปัญหาที่ศึกษาในแบบจำลองส่วนที่ 2 แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ขนาดของปัญหา

ขนาดของปัญหา		
ปัจจัย	จำนวน	หน่วย
1. กลุ่มผัก (J)	4	กลุ่ม
2. ชนิดผัก (I)	12	ชนิด
3. วิธีการผลิต	2	แบบ
4. รอบการเก็บเกี่ยว	2	แบบ
5. พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต	16000	ตารางเมตร

การคำนวณหาผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์บน Microsoft Excel โดยใช้ OpenSolver ในการหาค่าที่เหมาะที่สุด โดยเป็นไปตามเงื่อนไขและข้อบังคับ

ข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าแบบจำลองส่วนที่ 2 นั้น มาจากข้อมูลส่งออกของแบบจำลองส่วนที่ 1 ซึ่งก็คือ ปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการสั่งซื้อ หน่วย กิโลกรัมต่อสัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการ

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการ (Dem_i^c) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	25	26	20	10	15	18	18	5	21

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ข้อมูลปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการ

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการ (Dem_i^c) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกาดขาว	1	20	42	20	20	50	28	35	30	30
ผักกาดเขียวปลี		60	50	33	60	50	55	50	60	23
ผักกาดหอม		2	2	6.3	2	5.5	2.5	1.5	5.5	4
ผักคะน้า		30	10	5	20	30	20	10	10	15
กะหล่ำดอก	2	6	5	4	8	7	6	8	4	4
กะหล่ำปลี		30	51	54	30	38	30	40	30	25
ถั่วฝักยาว	3	34	40	44	34	14	32	36	50	24
ถั่วลันเตา		2	4	5	2.5	2	2	0	1	1
พริกขี้หนู	4	1.3	2	3	2.5	0	0	0.3	1	1.9
พริกชี้ฟ้า		0	3.2	5.8	3.2	0	10.6	0	0	2.4
มะเขือยาว		10	0	18	0	10	0	10	0	18

เมื่อมีข้อมูลป้อนเข้ามาในแบบจำลองแล้ว OpenSolver จะทำการคำนวณค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการรายงานผลการคำนวณ ทั้งจำนวนตัวแปร พารามิเตอร์ ข้อจำกัดต่างๆ เวลาที่ใช้ในการคำนวณ และค่าความเผื่อ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์การคำนวณ

ผลลัพธ์การคำนวณ		
1. ต้นทุนรวมจากการดำเนินงานที่เหมาะสม	104,020	บาท
2. จำนวนตัวแปรตัดสินใจ	10,232	ตัวแปร
2.1 จำนวนตัวแปรเชิงเส้น	9,608	ตัวแปร
2.2 จำนวนตัวแปรไบนารี	624	ตัวแปร
3. เวลาที่ใช้ในการคำนวณผล	396.76	วินาที
4. ค่าความเผื่อ	1	ร้อยละ

เมื่อทำการคำนวณหาผลลัพธ์ของแบบจำลองเสร็จแล้ว จะได้พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า โดยการคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า จะขึ้นอยู่กับปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้า และพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้าต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม

ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้ากะหล่ำปลี (GA_i^b) ในสัปดาห์ที่ $n=25$ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 มาจากปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้ากะหล่ำปลี ($H1_i^b$) ในสัปดาห์ที่ $n=25$ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 คูณพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้ากะหล่ำปลีต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม (y_i^2) จากสมการ ($GA_i^b = H1_i^b y_i^2$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ ($0.0018 \times 32000 = 57$)

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า

ชนิดผัก	กลุ่มที่	พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า (GA_i^b) (ตารางเมตร)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
กะหล่ำดอก	2	4	5.6	4.8	4.8	4	4	6.4	5.6	4.8
กะหล่ำปลี		57	0	30	30	51	54	30	38	30
พริกขี้หนู	4	0	0	0	12.54	11.43	0	0	0	0
พริกชี้ฟ้า		0	0	0	14.76	0	0	16.4	0	0
มะเขือยาว		0	0	0	14.87	0	0	0	0	0

พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกจะขึ้นอยู่กับปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการปลูกผัก ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก และสัดส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม และสัดส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกต่อกล้า 1 กิโลกรัม

ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักกวางตุ้ง ($GB_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=26$ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 มาจากปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการปลูกผักกวางตุ้ง ($H_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=26$ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 คูณสัดส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักกวางตุ้งต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม (y_i^1) จากสมการ ($GB_i^{b'} = H_i^{b'} y_i^1$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ ($0.0117 \times 2207 = 25.8$)

และ พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอก ($GB_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=26$ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 มาจากปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูกดอกกะหล่ำ ($H2_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=26$ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 คูณสัดส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกดอกกำหล่ำต่อกล้า 1 กิโลกรัม (y_i^3) จากสมการ ($GB_i^{b'} = H2_i^{b'} y_i^3$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ ($0.07 \times 320 = 22.4$)

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก ($GB_i^{b'}$) (ตารางเมตร)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
ผักกวางตุ้ง	1	24.08	25.8	22.36	25.8	30.96	25.8	17.2	22.36	43

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ผลลัพธ์พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก ($GB_i^{b'}$) (ตารางเมตร) สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
ผักกาดขาว	1	69.57	69.57	34.78	60.87	60.87	52.17	86.96	43.48	34.78
ผักกาดเขียวปลี		86.01	51.61	120.42	86.01	86.01	103.21	120.42	86.01	103.21
ผักกาดหอม		11.43	12.86	18.57	8.57	12.86	11.43	0	11.43	0
ผักคะน้า		34.78	0	25.04	27.82	20.87	0	20.87	30.60	41.73
กะหล่ำดอก	2	0	22.4	0	16	22.4	19.2	19.2	16	16
กะหล่ำปลี		80	64	83.2	182.4	0	96	96	163.2	172.8
ถั่วฝักยาว	3	16.71	0	11.93	16.71	14.32	14.32	11.93	11.93	19.09
ถั่วลันเตา		73.56	95.63	209.66	0	110.34	110.34	187.59	198.62	110.34
พริกขี้หนู	4	0	0	0	0	0	0	0	26.88	24.49
พริกชี้ฟ้า		0	0	0	0	0	0	0	26.04	0
มะเขือยาว		0	0	0	0	0	0	0	74.34	0

พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว มาจาก**พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะกล้า** และ**พื้นที่ที่ใช้ในการปลูก** โดยพื้นที่ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการผลิตได้ **เมื่อพื้นที่ดังกล่าวเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมดแล้ว**

ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดขาว (GD_i^g) ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 มาจากพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกผักกาดขาว ($GB_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=32$ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 จากสมการ ($GD_i^g = GB_i^{b'}$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(43.48 = 43.48)$

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว

ชนิดผัก	กลุ่มที่	พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว (GC_i^f) และ (GD_i^g) (ตารางเมตร) สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	22.36	43	44.72	34.4	17.2	25.8	30.96	30.96	0
ผักกาดขาว		43.48	34.78	73.04	34.78	34.78	86.96	48.7	60.87	52.17

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลลัพธ์พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว

ชนิดผัก	กลุ่มที่	พื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้หลังการเพาะกล้าและเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว (GC_i^f) และ (GD_i^g) (ตารางเมตร)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกาดเขียวปลี	1	86.01	103.2	86.01	56.77	103.2	86.01	94.61	86.01	103.2
ผักกาดหอม		11.43	0	0	18	0	15.71	0	0	15.71
ผักคะน้า		30.6	41.73	0	0	27.82	41.73	27.82	0	0
กะหล่ำดอก	2	19.2	25.6	23.2	20.8	33.6	30.4	23.2	29.6	4.8
กะหล่ำปลี		121	126	183.2	207.8	126	141.6	143	148.5	136
ถั่วฝักยาว	3	0	11.93	16.71	14.32	14.32	11.93	11.93	19.09	16.71
ถั่วลันเตา		95.63	209.7	0	110.3	110.3	187.6	198.6	110.3	139.8
พริกขี้หนู	4	0	24.49	25.34	0	0	0	0	0	0
พริกชี้ฟ้า		0	19.03	0	0	0	0	0	0	0
มะเขือยาว		0	37.28	0	0	0	0	0	0	39.51

ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก และปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้า ขึ้นอยู่กับผลผลิตที่ได้จากการปลูก และปริมาณกล้าที่ต้องใช้ในการลงปลูก

ตัวอย่างเช่นปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูกคะน้า $(H_i^{b'})$ ในสัปดาห์ที่ $n=33$ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 มาจากผลผลิตที่ได้จากการปลูกผักคะน้า $(K1_i^e)$ ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 หารสัดส่วนเมล็ดเป็นผลผลิตของผักคะน้า (yy_i^1) จากสมการ $(H_i^{b'}=K1_i^e/yy_i^1)$ เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(30/767=0.0391)$

และปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้ากะหล่ำปลี $(H1_j^b)$ ในสัปดาห์ที่ $n=30$ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 มาจากปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูกกะหล่ำปลี $(H2_i^{b'})$ ในสัปดาห์ที่ $n=33$ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 หารสัดส่วนของน้ำหนักเมล็ดเป็นน้ำหนักกล้าของกะหล่ำปลี (yy_i^3) จากสมการ $(H1_i^b=H2_i^{b'}/yy_i^3)$ เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(0.54/320=0.0017)$

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก $(H_i^{b'})$ (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
ผักกวางตุ้ง	1	0.0109	0.0117	0.0101	0.0117	0.014	0.0117	0.0078	0.0101	0.0195

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ผลลัพธ์ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการลงปลูก ($H_i^{b'}$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
ผักกาดขาว	1	0.0543	0.0543	0.0272	0.0476	0.0476	0.0408	0.0679	0.034	0.0272
ผักกาดเขียวปลี		0.0578	0.0347	0.0809	0.0578	0.0578	0.0694	0.0809	0.0578	0.0694
ผักกาดหอม		0.0009	0.001	0.0015	0.0007	0.0010	0.0009	0	0.0009	0
ผักคะน้า		0.0326	0	0.0235	0.0261	0.0196	0	0.0196	0.0287	0.0391
ถั่วฝักยาว	3	0.0167	0	0.0119	0.0167	0.0143	0.0143	0.0119	0.0119	0.0191
ถั่วลันเตา		0.2299	0.2989	0.6552	0	0.3448	0.3448	0.5862	0.6207	0.3448

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้า

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณเมล็ดที่ใช้ในการเพาะกล้า ($H1_j^b$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
กะหล่ำดอก	2	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
กะหล่ำปลี		0.0018	0	0.0009	0.0009	0.0016	0.0017	0.0009	0.0012	0.0009
พริกขี้หนู	4	0	0	0	0.0005	0.0004	0	0	0	0
พริกชี้ฟ้า		0	0	0	0.0006	0	0	0.0006	0	0
มะเขือยาว		0	0	0	0.0005	0	0	0	0	0

ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก ขึ้นอยู่กับผลผลิตที่ได้จากการปลูก และสัดส่วนกล้าเป็นผลผลิต

ตัวอย่างเช่น ปริมาณกล้าที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอก ($H2_i^{b'}$) ในสัปดาห์ที่ $n=32$ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.11 มาจากผลผลิตกะหล่ำดอกที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) ในสัปดาห์ที่ $n=42$ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.12 หารสัดส่วนกล้าเป็นผลผลิตของกะหล่ำดอก (yy_i^2) จากสมการ ($H2_i^{b'} = K1_i^e / yy_i^2$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(5/100 = 0.05)$

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก ($H2_i^{b'}$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
กะหล่ำดอก	2	0	0.07	0	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ผลลัพธ์ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณกล้าที่ใช้ในการลงปลูก ($H2_i^{b'}$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		25	26	27	28	29	30	31	32	33
กะหล่ำดอก	2	0	0.07	0	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
กะหล่ำปลี		0.25	0.2	0.26	0.57	0	0.3	0.3	0.51	0.54
พริกขี้หนู	4	0	0	0	0	0	0	0	0.047	0.0429
พริกชี้ฟ้า		0	0	0	0	0	0	0	0.0553	0
มะเขือยาว		0	0	0	0	0	0	0	0.2323	0

ผลผลิตที่ได้จากการปลูก ขึ้นอยู่กับความต้องการผัก โดยพิจารณาผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม และผลผลิตที่นำไปจำหน่าย นอกเหนือจากส่งหน่วยโภชนาการอีกด้วย

ตัวอย่างเช่น ปริมาณถั่วลันเตาที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 มาจาก ปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการของถั่วลันเตา (Dem_c^j) ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ลบผลรวมผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K3_i^n$) ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 บวกด้วยผลผลิตที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้วที่ถูกนำไปจำหน่าย (LM_j^n) ในสัปดาห์ที่ $n=40$ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 จากสมการ ($K1_i^e = Dem_i^c - K3_i^n + LM_i^n$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(2-0+2.44=4.44)$

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	25	26	20	10	15	18	18	0	21
ผักกาดขาว		20	42	20	20	50	28	35	30	30
ผักกาดเขียวปลี		60	50	33	60	50	55	50	60	25
ผักกาดหอม		0	0	6.3	0	5.5	0	0	5.5	4
ผักคะน้า		30	0	0	20	30	20	0	0	15
กะหล่ำดอก	2	6	5	5	8	7	6	8	0	0
กะหล่ำปลี		30	51	54	30	38	30	40	30	25
ถั่วฝักยาว	3	26.44	0	20	0	0	20	20	20	0
ถั่วลันเตา		4.44	0	3	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ผลลัพธ์ปริมาณผลผลผลิตที่ได้จากการปลูก

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
พริกขี้หนู	4	0	0	2.2	2	0	0	0	0	0
พริกชี้ฟ้า		0	0	3.14	0	0	3.48	0	0	0
มะเขือยาว		0	0	23.23	0	0	0	0	0	0

ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K2_i^{qr}$) มาจากการปลูกผักที่**มีรอบการเก็บเกี่ยว**หลายรอบคือ ผักกลุ่มที่ 3 และ 4 ซึ่งปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม**รอบที่ 1 จะขึ้นอยู่**กับปริมาณผลผลผลิตที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) และสัดส่วนการเจริญเติบโตของผลผลิต**ในรอบถัดไป** (yy_i^q) ส่วนปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมรอบถัดไปที่ไม่ใช่**รอบที่ 1 จะขึ้นอยู่กับ**ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมรอบก่อนหน้า ($K2_i^{(q-1)r}$) และสัดส่วนการเจริญเติบโตของผลผลิตในรอบถัดไป (yy_i^q)

ตัวอย่างเช่นปริมาณผลผลิตของถั่วฝักยาวที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม**รอบที่** 1 ($K2_i^{qr}$) ในสัปดาห์ที่ $n=43$ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 มาจากปริมาณผลผลผลิตที่ได้จากการปลูก ($K1_i^e$) ในสัปดาห์ที่ $n=42$ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 คูณสัดส่วนการเจริญเติบโตของผลผลิตในรอบถัดไป (yy_i^q) จากสมการ ($K2_i^{qr}=K1_i^e yy_i^q$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ ($20\times0.9=18$)

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม

ชนิดผัก	กลุ่มที่	รอบการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิม	ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K2_i^{qr}$) (กิโลกรัม)								
			สัปดาห์ที่ n								
			40	41	42	43	44	45	46	47	48
ถั่วฝักยาว	3	1	18	23.8	0	18	0	0	18	18	18
		2	0	16.2	21.42	0	16.2	0	0	16.2	16.2
		3	0	0	14.58	19.28	0	14.58	0	0	14.58
ถั่วลันเตา		1	0	4	0	2.7	0	0	0	0	0
		2	0	0	3.6	0	2.43	0	0	0	0
		3	0	0	0	3.24	0	2.19	0	0	0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม

ชนิดผัก	กลุ่มที่	รอบการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นเดิม	ปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K2_i^{qr}$) (กิโลกรัม)								
			สัปดาห์ที่ n								
			40	41	42	43	44	45	46	47	48
พริกขี้หนู	4	1	0	0	0	0	2.2	2	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	2.41	2.2	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	2.66
พริกชี้ฟ้า	4	1	0	0	0	0	3.14	0	0	3.48	0
		2	0	0	0	0	0	0	3.45	0	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	3.79
มะเขือยาว		1	0	0	0	0	23.23	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	20.91	0	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	18.82

ผลรวมปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม มาจากการปลูกผักที่มีรอบการเก็บเกี่ยวหลายรอบคือ ผักกลุ่มที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นปริมาณผลผลิตของถั่วฝักยาวที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิมที่พร้อมเก็บเกี่ยวในสัปดาห์นั้นๆ

ตัวอย่างเช่นผลรวมปริมาณผลผลิตของถั่วฝักยาวที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K3_i''$) ในสัปดาห์ที่ $n=43$ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 มาจากปริมาณผลผลิตของถั่วฝักยาวที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K2_i^{qr}$) ที่พร้อมเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ $n=43$ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 จากสมการ ($K3_i'' = \sum_{q \in Q} K2_i^{qr}$) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(18+0+19.28=37.28)$

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์ผลรวมปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ผลรวมปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม ($K3_i''$) (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ถั่วฝักยาว	3	18	40	36	37.28	16.2	14.58	18	34.2	48.78
ถั่วลันเตา		0	4	3.6	5.94	2.43	2.19	0	0	0
พริกขี้หนู	4	2.58	2.67	2.32	2.41	2.2	2	2.41	2.2	2.66
พริกชี้ฟ้า		5.28	5.99	2.66	6.58	3.14	7.24	3.45	11.45	3.79
มะเขือยาว		7.2	5.9	3.66	5.31	23.23	4.78	20.91	4.3	18.82

ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้ ในแต่ละสัปดาห์ มาจากปริมาณผลผลผลิตที่ได้จากการปลูกและปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวจากต้นเดิม

ตัวอย่างเช่นผลผลิตของพริกขี้หนูทั้งหมดที่ได้ (LL_i'') ในสัปดาห์ที่ $n=48$ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 เกิดจากผลผลผลิตที่ได้จากการปลูกพริกขี้หนูที่ได้ $(K1_i^e)$ ในสัปดาห์ที่ $n=48$ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และปริมาณผลผลิตที่สามารถเก็บเดี่ยวจากต้นเดิม $(K3_i'')$ ในสัปดาห์ที่ $n=48$ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 จากสมการ $(LL_i''=K1_i^e+K3_i'')$ เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(0+2.66=2.66)$

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิต

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิต (LL_i'') (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	25	26	20	10	15	18	18	0	21
ผักกาดขาว		20	42	20	20	50	28	35	30	30
ผักกาดเขียวปลี		60	50	33	60	50	55	50	60	25
ผักกาดหอม		0	0	6.3	0	5.5	0	0	5.5	4
ผักคะน้า		30	0	0	20	30	20	0	0	15
กะหล่ำดอก	2	6	5	5	8	7	6	8	0	0
กะหล่ำปลี		30	51	54	30	38	30	40	30	25
ถั่วฝักยาว	3	44.44	40	56	37.28	16.2	34.58	38	54.2	48.78
ถั่วลันเตา		4.44	4	6.6	5.94	2.43	2.187	0	0	0
พริกขี้หนู	4	2.58	2.67	4.52	4.41	2.2	2	2.41	2.2	2.66
พริกชี้ฟ้า		5.28	5.99	5.8	6.58	3.14	10.73	3.45	11.45	3.79
มะเขือยาว		7.2	5.9	26.89	5.31	23.23	4.78	20.91	4.3	18.82

ผลลัพธ์ปริมาณผักจากผู้รับจ้าง ขึ้นอยู่กับผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากการผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอ หากเพียงพอผลผลิตที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้วจะถูกนำไปจำหน่าย

ตัวอย่างเช่นปริมาณผักคะน้าจากผู้รับจ้างช่วง (SU_i'') ในสัปดาห์ที่ $n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.16 มาจากปริมาณผักที่หน่วยโภชนาการต้องการของผักคะน้า (Dem_i^c) ในสัปดาห์ที่ $n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ลบปริมาณผลผลิตผักคะน้าที่ได้จากการผลิต (LL_i'') บวกปริมาณผลผลิตผักคะน้าที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้วที่ถูกนำไปจำหน่าย (LM_i'') ในสัปดาห์ที่

$n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 จากสมการ $(SU_i'' = Dem_i^c - LL_i'' + LM_i'')$ เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(10-0+0=10)$

ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์ปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ปริมาณผักจากผู้รับจ้างช่วง (SU_i'') (กิโลกรัม)								
		สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0
ผักกาดขาว		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผักกาดเขียวปลี		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผักกาดหอม		2	2	0	2	0	2.5	1.5	0	0
ผักคะน้า		0	10	5	0	0	0	10	10	0
กะหล่ำดอก	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4
กะหล่ำปลี		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ถั่วฝักยาว	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ถั่วลันเตา		0	0	0	0	0	0	0	1	1
พริกขี้หนู	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พริกชี้ฟ้า		0	0	0	0	0	0	0	0	0
มะเขือยาว		2.8	0	0	0	0	0	0	0	0

ปริมาณผลผลิตที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้ว คือปริมาณผลผลิตทั้งหมดที่ได้ในแต่ละสัปดาห์ ตอบสนองความต้องการในสัปดาห์นั้นๆ หลังจากตอบสนองความต้องการครบถ้วนแล้ว จึงนำไปจำหน่าย

ตัวอย่างเช่น ปริมาณผลผลิตของมะเขือยาวที่เหลือหลังจากตอบสนองความต้องการแล้วที่ถูกนำไปจำหน่าย (LM_i'') ในสัปดาห์ที่ $n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 มาจากปริมาณผลผลิตของมะเขือยาวทั้งหมดที่ได้จากการผลิต (LL_i'') ในสัปดาห์ที่ $n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ลบด้วยความต้องการมะเขือยาว (Dem_i^c) ในสัปดาห์ที่ $n=41$ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จากสมการ $(LM_i'' = LL_i'' - Dem_i^c)$ เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $(5.9-0=5.9)$

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่เหลือและถูกนำไปจำหน่าย

ชนิดผัก	กลุ่มที่	ผลผลิตที่เหลือและถูกนำไปจำหน่าย (LM_i'') (กิโลกรัม) สัปดาห์ที่ n								
		40	41	42	43	44	45	46	47	48
ผักกวางตุ้ง	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผักกาดขาว		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผักกาดเขียวปลี		0	0	0	0	0	0	0	0	2
ผักกาดหอม		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผักคะน้า		0	0	0	0	0	0	0	0	0
กะหล่ำดอก	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
กะหล่ำปลี		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ถั่วฝักยาว	3	10.44	0	12	3.28	2.2	2.58	2	4.2	24.78
ถั่วลันเตา		2.44	0	1.6	3.44	0.43	0.187	0	0	0
พริกขี้หนู	4	1.28	0.673	1.52	1.91	2.2	2	2.11	1.2	0.76
พริกชี้ฟ้า		5.28	2.79	0	3.38	3.14	0.13	3.45	11.45	1.39
มะเขือยาว		0	5.9	8.89	5.31	13.23	4.78	10.91	4.3	0.82

4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดหาผัก และแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต

เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของแผนการดำเนินงาน ณ ปัจจุบัน กับแผนจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์เหมือนกันทั้ง 2 แผน และปรับสมการเงื่อนไขบางสมการ เพื่อประมวลผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

4.5.1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ ระหว่างแผนการจัดหา ณ ปัจจุบัน ที่เกษตรกรสามารถปฏิเสธการจำหน่ายผักได้หากไม่ยอมรับราคารับซื้อผักที่หน่วยโภชนาการเสนอ จึงกำหนดให้กำลังการผลิตของเกษตรกรบางรายเป็นศูนย์ กับแผนจากแบบจำลอง ที่เกษตรกรยินดีที่จะจำหน่ายผักให้ เมื่อหน่วยโภชนาการเสนอราคารับซื้อเป็นราคาเฉลี่ยของเกษตรกรทั้ง 3 ราย ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดหา ณ ปัจจุบันเท่ากับ 1,268,349 บาท และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดหาผักจากแบบจำลองเท่ากับ 1,187,151 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายจากแผนการจัดหาผักจากแบบจำลองลดลงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายจากแผนการจัดหาผัก ณ ปัจจุบัน 81,198 บาท คิดเป็นร้อยละ 6.40 ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างแผนจัดหาผัก ณ ปัจจุบัน กับแผนจากแบบจำลอง

เดือน	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นบนแบบจำลอง (บาท)	
	แผนการจัดหาผัก ณ ปัจจุบัน	แผนการจัดหาผักจากแบบจำลอง
1	102,181	92,208
2	99,101	88,476
3	112,822	103,324
4	107,228	102,103
5	120,248	122,661
6	123,731	109,343
7	123,970	118,202
8	103,992	97,369
9	102,529	95,710
10	93,020	89,232
11	90,154	84,634
12	89,373	83,889
รวม	1,268,349	1,187,151

4.5.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บของเกษตรกร

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บของเกษตรกร ระหว่างแผนเก็บเกี่ยวและจัดเก็บของเกษตรกร ณ ปัจจุบัน ที่เกษตรกรยังไม่เริ่มการจัดเก็บผลผลิตในตู้เย็น จึงกำหนดให้ความสามารถในการจัดเก็บผลผลิตในตู้เย็นเป็นศูนย์ กับแผนจากแบบจำลอง ที่เกษตรกรมีการจัดเก็บผลผลิตในตู้เย็น ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลิต ณ ปัจจุบันเท่ากับ 26,110.11 บาท และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลิตจากแบบจำลองเท่ากับ 22,346.25 บาท โดยค่าใช้จ่ายจากการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลิตจากแบบจำลองลดลงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายจากแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลิต ณ ปัจจุบัน 3,763.86 บาท คิดเป็นร้อยละ 14.42 ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างแผนการเก็บเกี่ยวและการจัดเก็บผลผลิต ณ ปัจจุบัน กับแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิตจากแบบจำลอง

สัปดาห์ที่	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นบนแบบจำลอง (บาท)	
	แผนการเก็บเกี่ยวและการจัดเก็บผลผลิต ณ ปัจจุบัน	แผนการเก็บเกี่ยวและการจัดเก็บผลผลิตจากแบบจำลอง
1	783.59	645.66
2	1,109.49	959.49
3	907.35	767.57
4	908.19	763.71
5	797.81	670.06
6	1,116.06	967.36
7	810.84	667.67
8	1,012.77	870.47
9	906.86	760.86
10	969.96	828.64
11	860.92	710.92
12	986.73	846.07
13	1,095.46	952.91
14	1,014.01	865.51
15	1,086.70	936.70
16	1,007.66	857.66
17	956.39	813.50
18	1,340.56	1,190.53
19	990.54	840.93
20	936.78	793.12
21	991.33	846.01
22	901.93	759.24
23	1,153.14	1,013.91
24	1,085.03	937.74
25	1,012.62	862.62
26	1,367.39	1,217.39
รวม	26,110.11	22,346.25

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลโครงงาน และอนาคตของโครงงานที่สนใจจะดำเนินการต่อไป

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานผักเพื่อการบริโภค โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่กระบวนการผลิตผักของเกษตรกรจนกระทั่งผลผลิตถึงมือหน่วยโภชนาการเพื่อนำไปประกอบอาหารให้ผู้ป่วย พบว่าปัญหามาจากการจัดหาผักของหน่วยโภชนาการ และกระบวนการผลิตผักของเกษตรกร จากปัญหาดังกล่าว โครงงานนี้จึงได้สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ แบบกำหนดการเชิงเส้นตรง เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจและวางแผนกระบวนการจัดหาผักสด กระบวนการผลิตผัก 1 ปี การจัดสรรพื้นที่และเมล็ดที่ใช้ในแต่ละแปลง และการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต จนกระทั่งได้ผักนำมาประกอบอาหารให้ผู้ป่วย

การหาผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ โครงงานนี้ได้สร้างแบบจำลองบน Microsoft Excel โดยใช้ OpenSolver ในการหาค่าผลลัพธ์ของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่เหมาะที่สุด ตรงตามเงื่อนไขของแบบจำลอง โดยมีค่าความเผื่อร้อยละ 1 ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมของแบบจำลองลดลง เมื่อเทียบกับผลการดำเนินงาน ณ ปัจจุบัน โดยค่าใช้จ่ายโดยรวมจากการจัดหาผักโดยใช้แบบจำลองลดลงร้อยละ 6.40 เมื่อเทียบกับแผนการจัดหาผัก ณ ปัจจุบัน และค่าใช้จ่ายจากการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บลดลงร้อยละ 14.42 เมื่อเทียบกับแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บ ณ ปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการออกแบบแบบจำลองและการประมวลผลบน Microsoft Excel โดยใช้ OpenSolver มีข้อจำกัดในการใช้งาน และใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก หากใช้โปรแกรมเฉพาะเช่น CPLEX จะทำให้ประสิทธิภาพในการออกแบบแบบจำลองและการประมวลผลทำได้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 หากมีการพัฒนาแผนในอนาคต ควรเริ่มจากลดข้อสมมติเบื้องต้นลง และปรับแผนให้เข้าใกล้ความเป็นจริงมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

พัชราภรณ์ เนียมมณี. (2556). **ตัวแบบการจัดสรรทรัพยากร Resource Allocation Models.** กรุงเทพมหานคร : ไทยพัฒนารายวันการพิมพ์.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2545). **ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต.** กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มานพ วราภักดิ์. (2552). **การวิจัยการดำเนินการ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ทวนทวี. (2532). **สวนผัก 1 : หลักการปลูกผัก.** กรุงเทพมหานคร : กลุ่มหนังสือเกษตร.

ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ. (2557). สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization Modeling) ด้วย Excel (Solver). กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สมภพ ฐิตะวสันต์. (2537). หลักการผลิตผัก. กรุงเทพมหานคร : รั้วเขียว.

อิศรา แพงสี. (2557). ORGANIC LIVING & GARDENING สวนอินทรีย์ที่พอเพียง. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

H. Taha, S. (2003). Operations Research. the United States of America : Pearson Education, Inc.

ภาคผนวก ก

การประมวลผลของ OpenSolver

ก. การประมวลผลของ OpenSolver

ก.1 Solve Log ที่ได้จากการประมวลผลแผนการจัดหาผัก ของหน่วยโภชนาการ แสดงดังรูปที่ ก.1

Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.9.4
Build Date: Oct 4 2015
Result - Optimal solution found
Objective value: 92200.50000008
Enumerated nodes: 0
Total iterations: 0
Time (CPU seconds): 0.05
Time (Wallclock seconds): 0.05
Total time (CPU seconds): 0.08 (Wallclock seconds): 0.08

รูปที่ ก.1 Solve Log ของแผนการจัดหาผัก ของหน่วยโภชนาการ

ก.2 Solve Log ที่ได้จากการประมวลผลแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร แสดงดังรูปที่ ก.2

Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.9.4
Build Date: Oct 4 2015
Result - Optimal solution found (within gap tolerance)
Objective value: 104020.46082805
Lower bound: 103088.361
Gap: 0.01
Enumerated nodes: 11101

รูปที่ ก.2 Solve Log ของแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร

Total iterations: 330176
Time (CPU seconds): 396.65
Time (Wallclock seconds): 396.65
Total time (CPU seconds): 396.76 (Wallclock seconds): 396.76

รูปที่ ก.2 (ต่อ) Solve Log ของแผนการผลิตผัก 1 ปี ของเกษตรกร

ก.3 Solve Log ที่ได้จากการประมวลผลแผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง ของเกษตรกร แสดงดังรูปที่ ก.3

Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.9.4
Build Date: Oct 4 2015
Optimal - objective value 918.47061
After Postsolve, objective 918.47061, infeasibilities - dual 0 (0), primal 0 (0)
Optimal objective 918.470607 - 17 iterations time 0.002, Presolve 0.00
Total time (CPU seconds): 0.01 (Wallclock seconds): 0.01

รูปที่ ก.3 Solve Log ของแผนการจัดสรรพื้นที่รายแปลง ของเกษตรกร

ก.4 Solve Log ที่ได้จากการประมวลผลแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ของเกษตรกร แสดงดังรูปที่ ก.4

Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.9.4
Build Date: Oct 4 2015
Result - Optimal solution found (within gap tolerance)
Objective value: 4049.00000000
Lower bound: 3915.957

รูปที่ ก.4 Solve Log ของแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ของเกษตรกร

Gap:	0.03
Enumerated nodes:	0
Total iterations:	0
Time (CPU seconds):	0.09
Time (Wallclock seconds):	0.09
Total time (CPU seconds):	0.10 (Wallclock seconds): 0.10

รูปที่ ก.4 (ต่อ) Solve Log ของแผนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บผลผลิต ของเกษตรกร

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ	นางสาวฉัตรฑาริน์นัน คำปัน
ภูมิลำเนา	75 หมู่ 4 ต.แม่นาเติง อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน
ประวัติการศึกษา	จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปายวิทยาคาร จ.แม่ฮ่องสอน ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail	chattarinan_k@hotmail.com

ชื่อ	นายภาณุชิต สายเสมา
ภูมิลำเนา	63/2573 เขตสะพานสูง แขวงสะพานสูง กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพฯ ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail	panuchit.s@hotmail.com