บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาและเก็บข้อมูล

4.1.1 เก็บข้อมูลปฐมภูมิ

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูเป็นกลุ่มเกษตรกรที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ วัตถุดิบหลัก คือ กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง โดยมี นางละเอียด สิงหลักษณ์ เป็นประธานกลุ่มซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการผลิตกล้วยตาก และมีจำนวนสมาชิก 33 ราย โดยนางละเอียด สิงหลักษณ์ พร้อมด้วยสมาชิก 9 ราย ทำหน้าที่ดำเนินการผลิต ส่วนสมาชิกที่เหลือ 24 รายนั้นจะจัดส่งกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องสำหรับผลิต โดยโรงงานตั้งอยู่ที่ 137 หมู่ที่ 3 ตำบลบาง กระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก มีเนื้อที่ ทั้งหมด 15 ไร่ 3 งาน อยู่ในโครงการ "ในพระราชดำริ" ของในหลวง

ได้ทำการเก็บข้อมูลจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู ด้านการจัดหาวัตถุดิบตลอดจนแหล่งที่มาของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต นอกจากนี้ได้สัมภาษณ์ นางละเอียด สิงหลักษณ์ เพิ่มเติมด้านปัญหาต่างๆ ในการผลิต เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1.2 เก็บข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู เป็นข้อมูลที่ทางกลุ่มฯ ได้จัดทำไว้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กล้วยตาก คือ ข้อมูลยอดขาย ข้อมูลการพยากรณ์ยอดขาย และข้อมูลต้นทุนสินค้า ซึ่งนำไปใช้วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1.3 โครงสร้างโซ่อุปทานผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์

โครงสร้างโซ่อุปทานกล้วยตากประกอบด้วย 5 ส่วน (Stages) โดยการไหลของผลิตภัณฑ์ในโครงสร้างโซ่อุปทาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เริ่มต้นที่ผู้จำหน่ายหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องและผู้จำหน่ายบรรจุภัณฑ์ในส่วนของ Supplier และเชื่อมต่อไปยังส่วนอื่นๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์จนถึงมือลูกค้า ซึ่งส่วนต่างๆ ประกอบไปด้วยสิ่งดังต่อไปนี้

1. Supplier ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1) ผู้จำหน่ายหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง โดยจำหน่ายให้แก่

- ผู้ผลิตกล้วยตากที่ปลูกกล้วย สำหรับทำการผลิตเอง
- ผู้ที่ปลูกกล้วยไว้สำหรับจำหน่ายผล

2) ผู้จำหน่ายบรรจุภัณฑ์

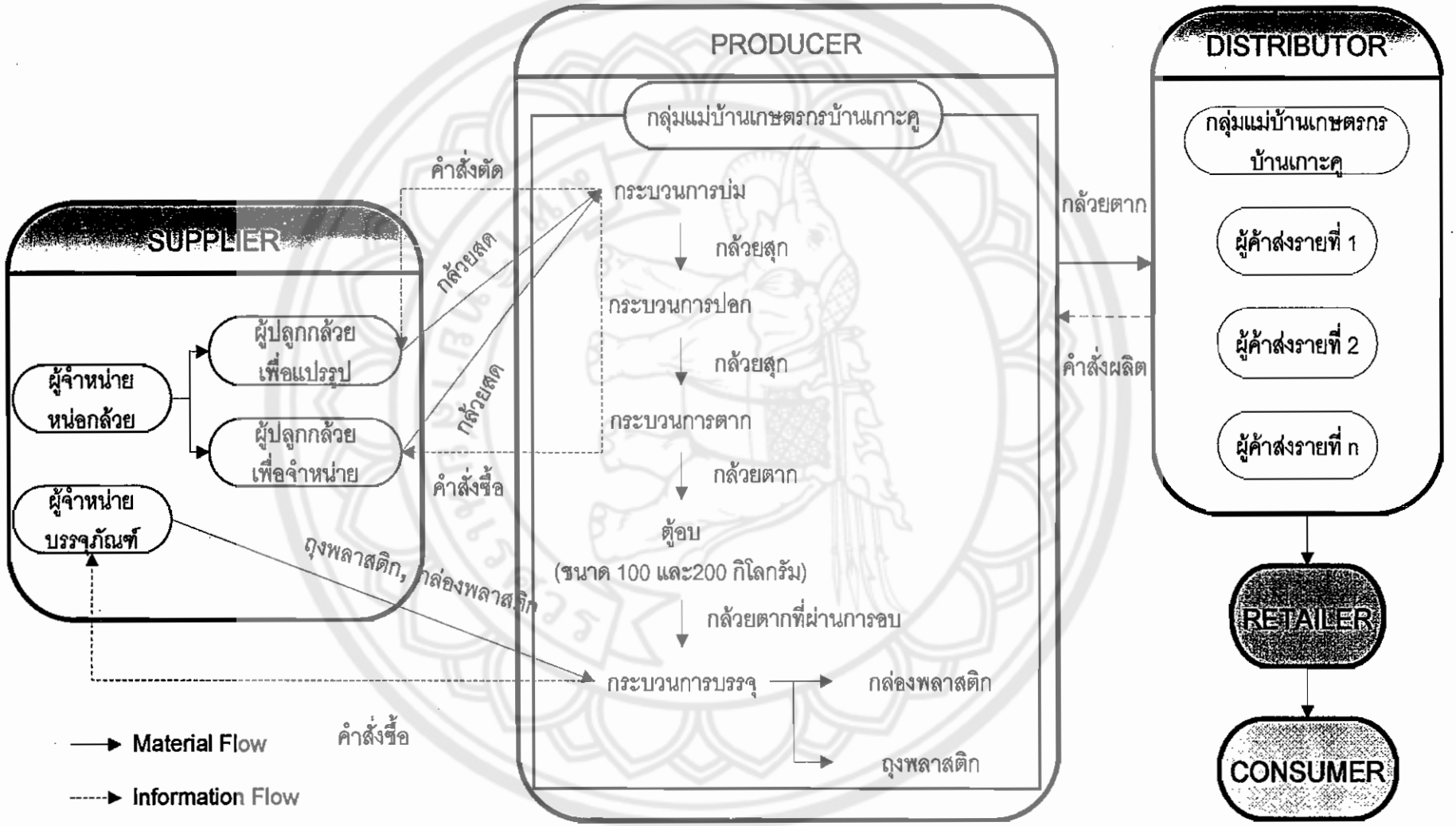
บรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการบรรจุกล้วยตาก ทั้งขั้นตอนการบรรจุและรอส่งลูกค้าต่อไป

2. Producer ในส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ทำการผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู

3. Distributor เป็นส่วนที่กระจายผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ออกสู่ลูกค้าหรือผู้บริโภค ประกอบไปด้วยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยตากเองและมีผู้ค้าส่งที่รับผลิตภัณฑ์กล้วยตากไปจำหน่าย

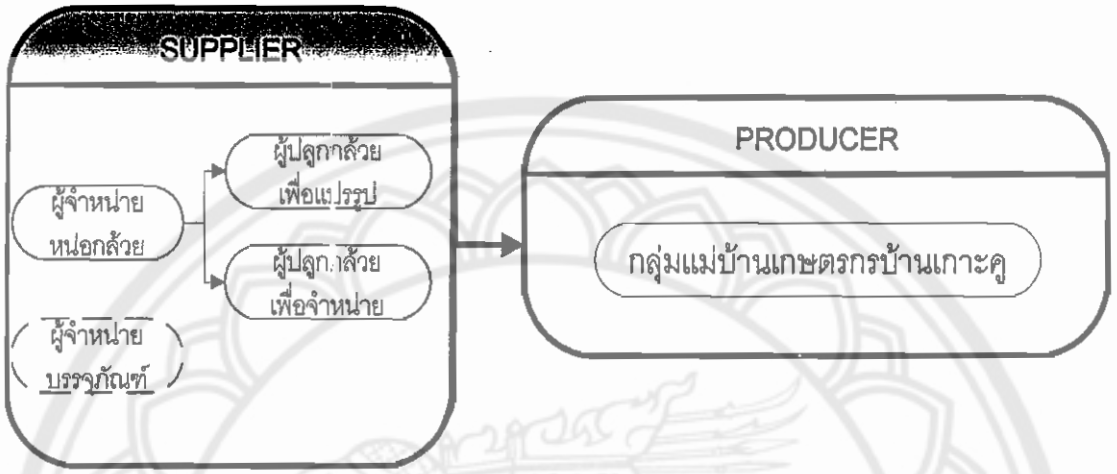
4. Retailer เป็นส่วนของผู้ค้ารายย่อยที่รับผลิตภัณฑ์กล้วยตาก จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูหรือผู้ส่งไปจำหน่ายให้ผู้บริโภค ซึ่งถือว่าส่วนนี้เป็นผู้ค้ารายสุดท้าย

5. Consumer เป็นผู้บริโภคกล้วยตาก



รูปที่ 4.1 โครงสร้างโซ่อุปทานผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาทุกส่วนในโครงสร้างโซ่อุปทานผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเลือกศึกษาเฉพาะ Stage ของ supplier (ไม่รวมในส่วนของผู้จำหน่ายบรรจุภัณฑ์) และ stage ของ producer ดังแสดงใน รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงขอบเขตการศึกษาการผลิตกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์

4.1.4 การดำเนินงานและสภาพปัญหา

จากการศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัญหาของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูพบปัญหาการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ดังต่อไปนี้

1) **ปัญหาด้านวัตถุดิบ**

ปัญหาทางด้านวัตถุดิบมีไม่สม่ำเสมอตลอดฤดูกาลสำหรับทำการผลิต เนื่องจากวัตถุดิบหลักในการผลิตคือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนเหมาะสำหรับการตากกล้วย แต่เนื่องจากเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำฝนน้อยจึงทำให้ปริมาณกล้วยสดที่นำมาผลิตมีปริมาณน้อยลง ทำให้สูญเสียโอกาสในการผลิตและโอกาสในการขาย ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายน – กันยายน และเดือนตุลาคม – มกราคม เป็นช่วงที่อากาศค่อนข้างชื้นจึงไม่เหมาะสมสำหรับการตากกล้วย เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานกว่าช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม และวัตถุดิบยังมีปริมาณมาก ทำให้เกิดปัญหาวัตถุดิบเน่าเสียจึงต้องทิ้งไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ใดๆ

2) **ปัญหาด้านการจัดหาและการผลิตกล้วยตาก**

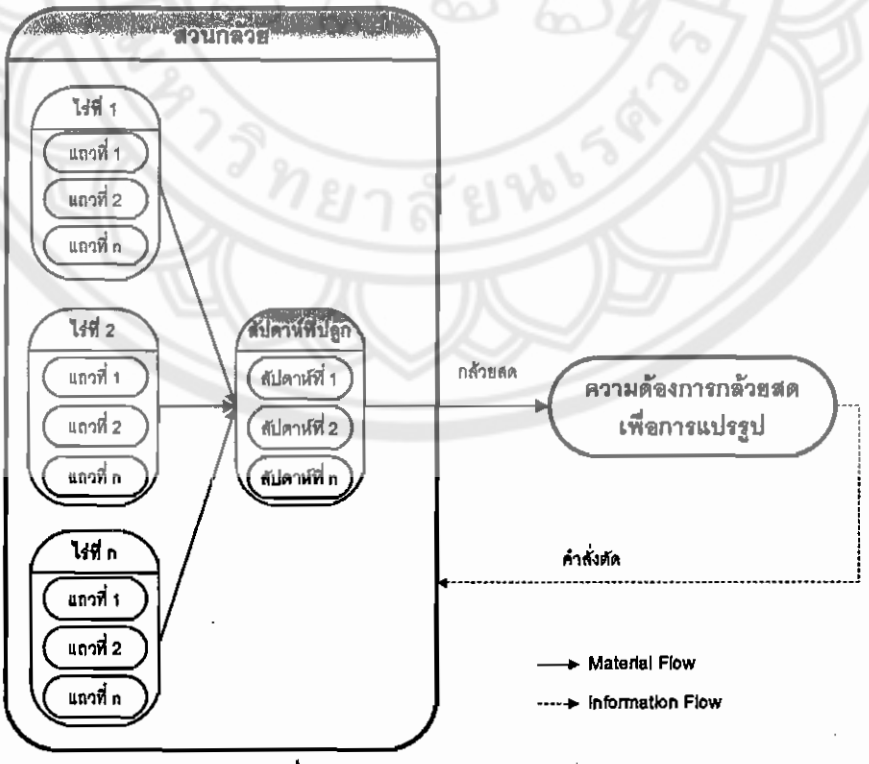
ปัญหาทางด้านการจัดหาวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากแหล่งวัตถุดิบแบ่งออกเป็น 2 แหล่ง คือสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู และสวนของเครือข่ายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู ซึ่งอยู่หมู่บ้านใกล้เคียงต่างๆ ที่ซื้อหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องจากกลุ่มฯ ไปปลูก ทำให้เกิดปัญหาที่ว่าเมื่อไรจึงจะทำการตัดกล้วย

จากสวนของกลุ่มฯ เองหรือจะต้องทำการสั่งซื้อกล้วยจากสวนของเครือข่ายกลุ่มฯ เพื่อให้ได้ปริมาณกล้วยสดตามปริมาณที่ต้องการ เหมาะสมกับสถานที่สำหรับบ่มกล้วย ไม่เกินข้อจำกัดด้านสถานที่บ่ม และข้อจำกัดเกี่ยวกับตู้อบ ซึ่งบ่อยครั้งที่มีปริมาณกล้วยสดมากเกินปริมาณความต้องการและข้อจำกัดด้านต่างๆ ที่กล่าวมา ส่งผลทำให้กล้วยสดเหล่านั้นเกิดเน่าเสียและทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้น

Part 1: การปลูกกล้วย

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

จากการวิเคราะห์การปลูกกล้วยของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู จะเห็นว่ากลุ่มแม่บ้านฯ ปลูกกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องสำหรับเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เนื่องจากกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องมีไส้ขาว เปลือกบาง เนื้อละเอียดไม่มีเม็ดดำภายในลูกกล้วย การปลูกกล้วยขึ้นอยู่กับพื้นที่ในการปลูกคือ ปลูกกล้วยให้เต็มพื้นที่ที่มีอยู่โดยขาดการคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตที่ได้จากการปลูกกล้วยและปริมาณความต้องการกล้วยสดเพื่อการผลิต ทำให้กล้วยสดที่ใช้สำหรับผลิตกล้วยมีไม่สม่ำเสมอตลอดฤดูกาลโดยเฉพาะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม ที่เกิดปัญหาวัตถุดิบลดปริมาณลง ส่งผลต่อการผลิตโดยตรงทำให้การผลิตทำได้น้อยลงและส่งผลต่อเนื่องถึงผลิตภัณฑ์กล้วยตากมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอกับความต้องการในช่วงเดือนดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่ามีกล้วยสดเน่าเสียเนื่องจากปริมาณกล้วยสดมีมากในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน ซึ่งถึงแม้ว่ากล้วยสดจะมีมากแต่พื้นที่ตากกล้วยมีจำกัดไม่เพียงพอที่จะตากกล้วยได้หมด กล้วยที่มีมากเกินพื้นที่ตากจึงต้องเน่าเสียไป ดังนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาจำนวนหน่อกล้วยที่ปลูกที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดปัญหาดังกล่าวและให้ผลผลิตที่ได้เพียงพอกับความต้องการโดยทำให้ค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 โครงสร้างการปลูกกล้วย

4.2.1 **ข้อกำหนด**

1) **พื้นที่สำหรับการปลูกกล้วยมีจำนวน 60 ไร่ แต่ละไร่สามารถจัดเตรียมเป็นแถวสำหรับปลูกกล้วยได้ไร่ละ 10 แถว และแต่ละแถวของการปลูกกล้วยสามารถปลูกกล้วยได้แถวละ 20 หน่อ**
2) **การปลูกกล้วยในพื้นที่ 60 ไร่ เป็นระยะเวลา 52 สัปดาห์**
3) กำหนดให้ 1 ปี มี 52 สัปดาห์
4) กำหนดให้ ฤดูหนาว (ตุลาคม – มกราคม) อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 40 ถึงสัปดาห์ที่ 5, ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม) อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 22 และฤดูฝน (มิถุนายน – กันยายน) อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 23 ถึงสัปดาห์ที่ 39
5) กำหนดให้การปลูกกล้วย 1 แถว ต้องทำการปลูกจนเต็มทั้งแถว (20 หน่อต่อแถว)

4.2.2 **ข้อสมมุติ** (Assumptions)

1) มีความต้องการกล้วยสดเพื่อทำการผลิตทุกสัปดาห์
2) หน่อกล้วยที่ปลูกให้อัตราส่วนน้ำหนักของผลผลิตตามฤดูกาล
3) หน่อกล้วยที่ปลูกแล้วจะเจริญเติบโตจนสามารถเก็บผลผลิตได้ทุกหน่อเมื่อปลูกไปแล้ว 52 สัปดาห์ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วหน่อกล้วยนี้จะตายและมีหน่อกล้วยต้นใหม่ขึ้นมาแทนที่ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ดังเดิม โดยหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ใดๆ ผลผลิตที่ได้จะนำไปผลิตเป็นกล้วยตากในสัปดาห์ที่ 52 นับจากสัปดาห์ที่ปลูกกล้วย
4) มีความพร้อมสำหรับการปลูกกล้วยทุกสัปดาห์
5) พื้นที่สำหรับปลูกกล้วยมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีสภาพของดินเหมือนกันทุกไร่
6) ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยที่ปลูกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนไร่ที่ปลูก โดยจะเพิ่มขึ้นไร่ละ 10 บาท

4.2.3 Notations

Indices

i = ไร่ที่ปลูกกล้วย

j = แถวที่ปลูกกล้วย

t = สัปดาห์ที่ปลูกกล้วย

Parameters

a' = อัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่ t (กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี)

B = จำนวนไร่ที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย (ไร่/ปี)

c = ค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย (บาท/หน่อ)

$c = c_1 + c_2 + c_3$

c_1 = ค่าหน่อกล้วย (บาท/หน่อ)

c_2 = ค่าแรงสำหรับการปลูกกล้วย (บาท/หน่อ)

c_3 = ค่าปุ๋ยสำหรับการปลูกกล้วย (บาท/หน่อ)

D' = ปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับการผลิตในสัปดาห์ที่ t (กิโลกรัม/สัปดาห์)

E = จำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย (แถว/ปี)

f = ค่าใช้จ่ายคงที่ของการเตรียมดิน (บาท/ไร่)

$f = f_1 + f_2$

f_1 = ค่าไถที่ดิน (บาท/ไร่)

f_2 = ค่ากำจัดวัชพืช (บาท/ไร่)

F' = ปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิตในสัปดาห์ที่ t (กิโลกรัม/สัปดาห์)

G = จำนวนหน่อกล้วยที่สามารถปลูกได้ในแถว j (หน่อ/แถว)

R = จำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วยของไร่ i (แถว/ไร่)

w_i = ค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูกในไร่ i (บาท/ไร่)

Decision Variables

X_{ij}^{t} = 1 ถ้าปลูกกล้วยไร่ i แถว j ในสัปดาห์ t ไม่เช่นนั้นเป็น 0

Y_i = 1 ถ้าปลูกกล้วยไร่ i ไม่เช่นนั้นเป็น 0

4.2.4 **แบบจำลองเชิงภาษาพูด** (Verbal model)

สมการเป้าหมายเป็นการแก้ไขปัญหาด้านความไม่สม่ำเสมอของวัตถุดิบ โดยการวางแผนหาจำนวนต้นกล้วยที่จะปลูก เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและผลผลิตที่ได้จากการปลูกกล้วยนั้นมีเพียงพอสำหรับการผลิตตลอดฤดูกาล ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปลูกกล้วยประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังต่อไปนี้

Minimize;

[(ค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน × จำนวนไร่ที่ปลูกกล้วย) + (ค่าใช้จ่ายสำหรับดูแลต้นกล้วยที่ปลูก × จำนวนไร่ที่ปลูกกล้วย) + (ค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย × จำนวนแถวที่ปลูกกล้วย)]

Subject to;

- ข้อจำกัดด้านพื้นที่สำหรับการปลูกกล้วย ในตลอดช่วงแผนของการปลูกกล้วยนั้น จำนวนต้นกล้วยที่ปลูกได้นั้นไม่สามารถเกินข้อจำกัดด้านพื้นที่สำหรับปลูกกล้วยที่มีได้
- ข้อจำกัดเกี่ยวกับการปลูกกล้วย ในการปลูกกล้วยในพื้นที่ใดๆ แล้ว การปลูกกล้วยในครั้งต่อไปไม่สามารถปลูกซ้ำในตำแหน่งเดิมได้

4.2.5 **สมการกำหนดเป้าหมาย** (Objective function)

สมการเป้าหมายเป็นผลรวมค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน ค่าใช้จ่ายในการดูแลต้นกล้วย และค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วยในระยะเวลา 1 ปี (บาท/ปี) ที่ทำการปลูกกล้วย โดยค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน เกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน (บาท/ไร่) คูณกับจำนวนไร่ที่ปลูกกล้วย i ค่าใช้จ่ายในการดูแลต้นกล้วย เกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูก (บาท/ไร่) คูณกับจำนวนไร่ที่ปลูกกล้วย i ส่วนค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย เกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย (บาท/หน่อ) คูณกับจำนวนหน่อกล้วยที่ปลูกในแถว j (หน่อ/แถว) คูณกับจำนวนไร่ i ที่ปลูกกล้วยในแถว j ในสัปดาห์ที่ t เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Min \sum_{i} fY_i + \sum_{i} w_i Y_i + \sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} cGX_{ij}^{t} \qquad (4.1)$$

4.2.6 **สมการแสดงขอบข่าย** (Constraints)

1) **เงื่อนไขเกี่ยวกับผลรวมของการปลูกกล้วยไร่** i **แถว** j **ในสัปดาห์ที่** t **ต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนแถวที่มีอยู่ มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้**

1.1) **สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย (แถว/ปี) คือผลรวมของการปลูกกล้วยไร่** i **แถว** j **ในสัปดาห์ที่** t **ต้องไม่เกินจำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย** (แถว/ปี) แสดงสถานะว่าไม่มีการปลูกกล้วยเกินจำนวนแถวที่มีอยู่ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} X_{ij}^{t} \le E \qquad (4.2)$$

1.2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วยของไร่ i (แถว/ไร่) **คือ** ผลรวมของการปลูกกล้วยแถว j ต้องไม่เกินจำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วยของไร่ i (แถว/ไร่) คูณไร่ i ตัดสินใจปลูก แสดงสถานะว่าการปลูกกล้วยในแต่ละไร่ ไม่มีการปลูกกล้วยเกินจำนวนแถวที่มีอยู่ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_{j}\sum_{t} X_{ij}^{t} \le RY_{i} \qquad ,\forall_{i} \qquad (4.3)$$

2) เงื่อนไขเกี่ยวกับการปลูกกล้วยต้องให้ผลผลิตเพียงพอกับความต้องการในสัปดาห์ที่ t **มี** เงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.1) เงื่อนไขเกี่ยวกับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิตในสัปดาห์ที่ t **คือ** อัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่ t (กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี) คูณจำนวนหน่อกล้วยที่สามารถปลูกได้ในแถว j (หน่อ/แถว) คูณผลรวมการปลูกกล้วยไร่ i แถว j ต้องมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิตในสัปดาห์ที่ t เขียน เป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_{i}\sum_{j} a^{t} G X_{ij}^{t} \ge D^{t} \qquad ,\forall_{t} \qquad (4.4)$$

2.2) **เงื่อนไขเกี่ยวกับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิตในสัปดาห์ที่** t **คือ อัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่** t **(กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี) คูณจำนวนหน่อกล้วยที่สามารถปลูกได้ในแถว** j **(หน่อ/แถว) คูณผลรวมการปลูกกล้วยไร่** i

แถว j ต้องไม่เกินปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับผลิตในสัปดาห์ที่ t (กิโลกรัม/สัปดาห์) เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_i \sum_j a^t G X_{ij}^t \le F^t \qquad ,\forall_t \qquad (4.5)$$

3) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับผลรวมการปลูกกล้วยไร่ i แถว j ในทุกๆ สัปดาห์ ต้องมีจำนวนไม่เกิน 1 แถว นั้นแสดงไม่มีการปลูกกล้วยซ้ำตำแหน่งเดิมใน ไร่ i แถว j ที่ได้ปลูกไปแล้ว เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_t X_{ij}^t \le 1 \qquad ,\forall_{i,j} \qquad (4.6)$$

4) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับการปลูกกล้วยในแต่ละสัปดาห์ที่ t โดยผลรวมทุกไร่ที่ i ทุกแถวที่ j สามารถปลูกได้มากกว่า 1 แถว ในสัปดาห์ t นั้นๆ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_i \sum_j X_{ij}^t > 1 \qquad ,\forall_t \qquad (4.7)$$

5) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนไร่ที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย (ไร่/ปี) คือผลรวมจำนวนไร่ของการปลูกกล้วยไร่ i ต้องไม่เกินจำนวนไร่ที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย (ไร่/ปี) แสดงสถานะว่าไม่มีการปลูกกล้วยเกินจำนวนไร่ที่มีอยู่ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_i Y_i \le B \qquad (4.8)$$

6) เงื่อนไขของตัวแปรตัดสินใจมีดังต่อไปนี้

6.1) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับการปลูกกล้วยไร่ i แ ถว j ในสัปดาห์ที่ t โดยจะการปลูกหรือไม่ปลูกก็ได้ เขียนเป็นรูป สมการได้ดังนี้

$$X_{ij}^t \in \{0,1\} \qquad ,\forall_{i,j,t} \qquad (4.9)$$

ป
HD
38.5
ส24ก
2550.
- 3 ก.ย. 2552
14653440

สำนักหอสมุด

6.2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับการปลูกกล้วยไร่ i โดยจะปลูกหรือไม่ปลูกก็ได้ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ,\forall_i \qquad (4.10)$$

4.2.7 Model

$$Min \sum_i fY_i + \sum_i w_i Y_i + \sum_i \sum_j \sum_t cGX_{ij}^t \qquad (4.1)$$

Subject to;

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij}^t \le E \qquad (4.2)$$

$$\sum_j \sum_t X_{ij}^t \le RY_i \quad ,\forall_i \qquad (4.3)$$

$$\sum_i \sum_j a^t GX_{ij}^t \ge D^t \quad ,\forall_t \qquad (4.4)$$

$$\sum_i \sum_j a^t GX_{ij}^t \ge F^t \quad ,\forall_t \qquad (4.5)$$

$$\sum_t X_{ij}^t \le 1 \quad ,\forall_{i,j} \qquad (4.6)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij}^t > 1 \quad ,\forall_t \qquad (4.7)$$

$$\sum_i Y_i \le B \qquad (4.8)$$

$$X_{ij}^t \in \{0,1\} \quad ,\forall_{i,j,t} \qquad (4.9)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ,\forall_i \qquad (4.10)$$

4.3 **ตัวอย่างการคำนวณ** (An illustrative example)

จากการพิจารณาการปลูกกล้วยของกลุ่มเกษตรกร จะเห็นว่าการปลูกกล้วยจะเกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่งและปลูกให้เสร็จไปในเวลานั้นๆ แต่แผนการปลูกกล้วยที่ผู้จัดทำเสนอนี้จะปลูกกล้วยเป็นรายสัปดาห์ โดยยกตัวอย่างช่วงเวลาของแผนการปลูกกล้วยเป็นระยะเวลา 52 สัปดาห์ ซึ่งคำนึงถึงความต้องการกล้วยน้ำว้าที่จะนำไปผลิตเป็นรายสัปดาห์ เพื่อให้ปริมาณผลผลิตกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการปลูกสามารถสนองต่อปริมาณความต้องการได้ทุกสัปดาห์

4.3.1 **ข้อมูลป้อนเข้า** (Input data)

4.3.1.1 **ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนตัวแปรของตัวอย่างการคำนวณ**

จำนวนตัวแปรทั้งหมดของตัวอย่างการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตาราง Indices

	รายการ	
i	ไร่ที่ปลูกกล้วย	1, ..., 60
j	แถวที่ปลูกกล้วย	1, ..., 10
t	สัปดาห์ที่ปลูกกล้วย	1, ..., 52

4.3.1.2 **ข้อมูลค่า Parameters ในการปลูกกล้วย**

ค่า Parameters ในการปลูกกล้วย ประกอบด้วย 10 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่า Parameters ในการปลูกกล้วย

ลำดับที่	Parameters	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	a^t	อัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่ t	ตารางที่ 4.3	(กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี)
2	B	จำนวนไร่ที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย	60	(ไร่/ปี)
3	c	**ค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย**		
		c_1 = ค่าหน่อกล้วย	8	(บาท/หน่อ)
		c_2 = ค่าแรงสำหรับการปลูกกล้วย	3	(บาท/หน่อ)
		c_3 = ค่าปุ๋ยสำหรับการปลูกกล้วย	3	(บาท/หน่อ)
		รวมค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย	14	(บาท/หน่อ)

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่า Parameters ในการปลูกกล้วย (ต่อ)

ลำดับที่	Parameters	รายการ	จำนวน	หน่วย
4	D^t	ปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับการผลิตในสัปดาห์ที่ t	ตารางที่ 4.4	(กิโลกรัม/สัปดาห์)
5	E	จำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย	600	(แถว/ปี)
6	f	ค่าใช้จ่ายคงที่ของการเตรียมดิน		
		f_1 = ค่าไถที่ดิน	490	(บาท/ไร่)
		f_2 = ค่ากำจัดวัชพืช	240	(บาท/ไร่)
		รวมค่าใช้จ่ายคงที่ของการเตรียมดิน	730	(บาท/ไร่)
7	F^t	ปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิตในสัปดาห์ที่ t	ตารางที่ 4.5	(กิโลกรัม/สัปดาห์)
8	G	จำนวนหน่อกล้วยที่สามารถปลูกได้ในแถว j	20	(หน่อ/แถว)
9	R	จำนวนแถวที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วยของไร่ i	10	(แถว/ไร่)
10	w_i	ค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูกในไร่ i	ตารางที่ 4.6	(บาท/ไร่)

1) **ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วย**

กล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่ต่างกันจะให้ผลผลิตที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่ปลูก คือ ปลูกในฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม), ฤดูฝน (มิถุนายน – กันยายน) และฤดูหนาว (ตุลาคม – มกราคม) ผลผลิตที่ได้คิดเป็น 7.65, 8.5 และ 9 กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี ตามลำดับ ดัง**แสดงในตารางที่** 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ปลูกในแต่ละสัปดาห์ (กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี)

สัปดาห์ที่	ผลผลิต (a^t)	สัปดาห์ที่	ผลผลิต (a^t)	สัปดาห์ที่	ผลผลิต (a^t)
1	8.5	19	7.65	37	9
2	8.5	20	7.65	38	9
3	8.5	21	7.65	39	9
4	8.5	22	7.65	40	8.5
5	8.5	23	9	41	8.5
6	7.65	24	9	42	8.5
7	7.65	25	9	43	8.5
8	7.65	26	9	44	8.5
9	7.65	27	9	45	8.5
10	7.65	28	9	46	8.5
11	7.65	29	9	47	8.5
12	7.65	30	9	48	8.5
13	7.65	31	9	49	8.5
14	7.65	32	9	50	8.5
15	7.65	33	9	51	8.5
16	7.65	34	9	52	8.5
17	7.65	35	9		
18	7.65	36	9		

2) **ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับการผลิต**

ปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับการผลิตที่ใช้ในการคำนวณนี้ได้มาจากยอดขายผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือนของปี พ.ศ. 2548 (ภาคผนวก ก) โดยกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 กิโลกรัม ต้องใช้กล้วยสดในการผลิต 4 กิโลกรัม ดังนั้นปริมาณกล้วยสดสำหรับการผลิตที่ใช้ในการคำนวณ จึงคิดจากปริมาณยอดขายผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ในอัตราส่วนกล้วยตาก 1 กิโลกรัม ใช้กล้วยสด 4 กิโลกรัม แล้วเฉลี่ยปริมาณกล้วยสดที่ต้องใช้จากรายเดือนเป็นรายสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับการผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์)

สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (D')	สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (D')
1	1200	27	2000
2	1200	28	2000
3	1200	29	2000
4	1200	30	2000
5	1200	31	1800
6	1050	32	1800
7	1050	33	1800
8	1050	34	1800
9	1050	35	1800
10	2400	36	2500
11	2400	37	2500
12	2400	38	2500
13	2400	39	2500
14	1900	40	2240
15	1900	41	2240
16	1900	42	2240
17	1900	43	2240
18	1040	44	2240
19	1040	45	2500
20	1040	46	2500
21	1040	47	2500
22	1040	48	2500
23	920	49	2500
24	920	50	2500
25	920	51	2500
26	920	52	2500

3) ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิต

ปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิตนี้ได้มาจากค่าพยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือนของปี พ.ศ. 2548 (ภาคผนวก ก) โดยกล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 กิโลกรัม ต้องใช้กล้วยสดในการผลิต 4 กิโลกรัม ดังนั้นปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิตที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้ จึงคิดจากปริมาณค่าพยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ในอัตราส่วนกล้วยตาก 1 กิโลกรัม ใช้กล้วยสด 4 กิโลกรัม แล้วเฉลี่ยปริมาณกล้วยสดที่ต้องใช้จากรายเดือนเป็นรายสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงปริมาณความต้องการกล้วยสด
ที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์)

สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (F_t)	สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (F_t)
1	2400	17	2800
2	2400	18	2080
3	2400	19	2080
4	2400	20	2080
5	2400	21	2080
6	3000	22	2080
7	3000	23	2500
8	3000	24	2500
9	3000	25	2500
10	3000	26	2500
11	3000	27	2500
12	3000	28	2500
13	3000	29	2500
14	2800	30	2500
15	2800	31	1980
16	2800	32	1980

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงปริมาณความต้องการกล้วยสด
ที่คาดการณ์ไว้สำหรับการผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์) (ต่อ)

สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (F')	สัปดาห์ที่	ปริมาณความต้องการ (F')
33	1980	43	2500
34	1980	44	2500
35	1980	45	3000
36	2600	46	3000
37	2600	47	3000
38	2600	48	3000
39	2600	49	3000
40	2500	50	3000
41	2500	51	3000
42	2500	52	3000

4) **ค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูก**

สำหรับค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูก คิดเป็นข้อสมมุติให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นตามไร่ที่ปลูก เพิ่มขึ้นไร่ละ 10 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูก (บาทต่อไร่)

ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)	ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)	ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)
1	10	10	100	19	190
2	20	11	110	20	200
3	30	12	120	21	210
4	40	13	130	22	220
5	50	14	140	23	230
6	60	15	150	24	240
7	70	16	160	25	250
8	80	17	170	26	260
9	90	18	180	27	270

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลต้นกล้วยที่ปลูก (บาทต่อไร่) (ต่อ)

ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)	ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)	ไร่ที่ปลูก	ค่าดูแล (w_i)
28	280	37	370	46	460
29	290	38	380	47	470
30	300	39	390	48	480
31	310	40	400	49	490
32	320	41	410	50	500
33	330	42	420	51	510
34	340	43	430	52	520
35	350	44	440		
36	360	45	450		

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$Min \sum_{i=1}^{60} 730Y_i + \sum_{i=1}^{60} w_i Y_i + \sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=1}^{52} 14\left(20X_{ij}^{t}\right) \quad (4.1)$$

Subject to;

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=1}^{52} X_{ij}^{t} \le 600 \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=1}^{52} X_{ij}^{t} \le 10Y_i \quad ,\forall_i \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10} 20a^{t} X_{ij}^{t} \ge D^{t} \quad ,\forall_t \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10} 20a^{t} X_{ij}^{t} \le F^{t} \quad ,\forall_t \quad (4.5)$$

$$\sum_{t=1}^{52} X_{ij}^{t} \le 1 \quad ,\forall_{i,j} \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10} X_{ij}^{t} > 1 \quad ,\forall_t \quad (4.7)$$

$$\sum_{i=1}^{60} Y_i \le 60 \quad (4.8)$$

$$X_{ij}^{t} \in \{0,1\} \quad ,\forall_{i,j,t} \quad (4.9)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ,\forall_i \quad (4.10)$$

4.3.2 **ผลลัพธ์** (Optimal solutions)

จากการแทนค่าตัวแปรลงในสมการข้างต้น เพื่อใช้โปรแกรม Optimization Software Package ในการประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ จากการประมวลผลพบว่าผลรวมของค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดในการวางแผนการปลูกกล้วย (ค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน ค่าใช้จ่ายสำหรับดูแลต้นกล้วยที่ปลูก และค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย) มีค่าเท่ากับ 225,130 บาท/ปี สามารถเขียนแผนการตัดสินใจเลือกไร่ที่จะปลูก (Y_i) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีจำนวนมาก จึงขอยกตัวอย่างบางส่วน ดังแสดงในตารางที่ 4.8 แผนการปลูกกล้วยในแต่ละสัปดาห์ของไร่ที่ 1 ถึง ไร่ที่ 20 $\left(X'_{1j} - X'_{20j}\right)$ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 แผนการปลูกกล้วยในแต่ละสัปดาห์ของไร่ที่ 21 ถึง ไร่ที่ 40 $\left(X'_{21j} - X'_{40j}\right)$ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และแผนการปลูกกล้วยในแต่ละสัปดาห์ของไร่ที่ 41 ถึง ไร่ที่ 60 $\left(X'_{41j} - X'_{60j}\right)$ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงแผนการตัดสินใจเลือกไร่ที่จะปลูก (Y_i)

ไร่ที่ i	ปลูก (1) ไม่ปลูก (0)	ไร่ที่ i	ปลูก (1) ไม่ปลูก (0)	ไร่ที่ i	ปลูก (1) ไม่ปลูก (0)	ไร่ที่ i	ปลูก (1) ไม่ปลูก (0)
1	1	16	1	31	1	46	1
2	1	17	1	32	1	47	1
3	1	18	1	33	1	48	1
4	1	19	1	34	1	49	1
5	1	20	1	35	1	50	1
6	1	21	1	36	1	51	1
7	1	22	1	37	1	52	1
8	1	23	1	38	1	53	1
9	1	24	1	39	1	54	1
10	1	25	1	40	1	55	1
11	1	26	1	41	1	56	1
12	1	27	1	42	1	57	1
13	1	28	1	43	1	58	1
14	1	29	1	44	1	59	1
15	1	30	1	45	1	60	0

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงแผนการปลูกกล้วยไร่ที่ 1 และ 2

ไร่ที่	แถวที่	สัปดาห์ที่							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0	0	0
	5	1	0	0	0	0	0	0	0
	6	1	0	0	0	0	0	0	0
	7	1	0	0	0	0	0	0	0
	8	1	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	1	0	0	0	0	0	0
	7	0	1	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงแผนการปลูกกล้วยของไร่ที่ 1 ถึง ไร่ที่ 20 $\left(X'_{1j} - X'_{20j}\right)$

ไร่ที่	จำนวนแถวที่ปลูก		
	ฤดูหนาว (ตุลาคม – มกราคม)	ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม)	ฤดูฝน (มิถุนายน – กันยายน)
	ช่วงสัปดาห์ที่ 40 ถึง 5	ช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึง 22	ช่วงสัปดาห์ที่ 23 ถึง 39
1	10	0	0
2	10	0	0
3	10	0	0
4	9	1	0
5	1	9	0
6	0	10	0
7	0	10	0
8	1	9	0
9	0	10	0
10	0	10	0
11	0	10	0
12	0	10	0
13	0	10	0
14	0	10	0
15	0	10	0
16	0	10	0
17	0	10	0
18	0	10	0
19	0	10	0
20	0	10	0
รวม	41	159	0

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงแผนการปลูกกล้วยของไร่ที่ 21 ถึง ไร่ที่ 40 $\left(X'_{21j} - X'_{40j}\right)$

ไร่ที่	จำนวนแถวที่ปลูก		
	ฤดูหนาว (ตุลาคม – มกราคม)	ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม)	ฤดูฝน (มิถุนายน – กันยายน)
	ช่วงสัปดาห์ที่ 40 ถึง 5	ช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึง 22	ช่วงสัปดาห์ที่ 23 ถึง 39
21	0	10	0
22	0	9	1
23	0	0	10
24	0	0	10
25	0	0	10
26	0	0	10
27	0	0	10
28	0	0	10
29	0	0	10
30	0	1	9
31	0	0	10
32	0	0	10
33	0	0	10
34	0	0	10
35	0	0	10
36	0	0	10
37	0	0	10
38	0	0	10
39	0	0	10
40	2	0	8
รวม	2	20	178

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงแผนการปลูกกล้วยของไร่ที่ 41 ถึง ไร่ที่ 60 $\left(X'_{41j} - X'_{60j}\right)$

ไร่ที่	จำนวนแถวที่ปลูก		
	ฤดูหนาว (ตุลาคม – มกราคม)	ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม)	ฤดูฝน (มิถุนายน – กันยายน)
	ช่วงสัปดาห์ที่ 40 ถึง 5	ช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึง 22	ช่วงสัปดาห์ที่ 23 ถึง 39
41	10	0	0
42	10	0	0
43	10	0	0
44	10	0	0
45	10	0	0
46	10	0	0
47	10	0	0
48	10	0	0
49	10	0	0
50	10	0	0
51	10	0	0
52	10	0	0
53	10	0	0
54	10	0	0
55	10	0	0
56	10	0	0
57	10	0	0
58	10	0	0
59	7	0	0
60	0	0	0
รวม	187	0	0

จากแผนการปลูกกล้วยข้างต้นทำให้ทราบปริมาณผลผลิตกล้วยสดทั้งหมด เท่ากับ 98,527 กิโลกรัม/ปี โดยแสดงปริมาณผลผลิตกล้วยสดในแต่ละฤดูกาล ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงปริมาณผลผลิตกล้วยสด (กิโลกรัม/ปี) ทั้งหมด
จากแผนการปลูกในระยะเวลา 1 ปี ในแต่ละฤดูกาล

ฤดูกาล	(1) จำนวนแถว	(2) จำนวนหน่อต่อแถว	(3) อัตราผลผลิตต่อหน่อ (a')	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (กิโลกรัม/ปี) (1)x(2)x(3)
ฤดูหนาว	230	20	8.5	39,100
ฤดูร้อน	179	20	7.65	27,387
ฤดูฝน	178	20	9	32,040
รวม	587			98,527

4.4 การวิเคราะห์ผล

4.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างก่อนและเมื่อนำ model มาช่วย

การเปรียบเทียบแผนการปลูกกล้วยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการปลูกกล้วยในปัจจุบันของกลุ่มเกษตรกรบ้านเกาะคู ซึ่งโดยปกติการปลูกกล้วยของทางกลุ่มฯ จะปลูกเต็มพื้นที่ปลูกในครั้งเดียว และส่งผลให้บางช่วงของปีไม่มีกล้วยสดเพียงพอสำหรับผลิต แม้จะมีปริมาณความต้องการเข้ามา แต่ก็ไม่สามารถตอบสนองปริมาณความต้องการนั้นได้ แต่สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้น มาจากแนวคิดที่ว่าจะทำการปลูกโดยการคาดการณ์จากปริมาณความต้องการกล้วยสดจากข้อมูลในอดีต จะทำการปลูกในแต่ละสัปดาห์เพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการ และส่งผลให้กลุ่มฯ มีกล้วยสดเพื่อการผลิตตลอดทั้งปี โดยส่วนที่เกินปริมาณความต้องการที่คาดการณ์ไว้ ส่วนนั้นจะทำการสั่งซื้อจากสวนเครือข่ายของกลุ่มฯ ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปลูกกล้วยของกลุ่มฯ ในปัจจุบัน โดยปกติจะปลูกกล้วยในช่วงต้นเดือนมิถุนายน โดยมีพื้นที่สำหรับปลูกดังแสดงในตารางที่ 4.13 และค่าใช้จ่ายในการปลูกก่อนใช้ Model ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงข้อจำกัดด้านพื้นที่สำหรับการปลูกกล้วย

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**
จำนวนไร่ที่มีอยู่สำหรับปลูกกล้วย	60	**ไร่**
จำนวนหน่อกล้วยที่สามารถปลูกได้ในแต่ละไร่	600	**หน่อ/ไร่**

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยก่อนใช้ Model

รายการ	**จำนวน**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
1. ค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน		**บาท/ไร่**	
1) ค่าไถที่ดิน	490	บาท/ไร่	
2) ค่ากำจัดวัชพืช	240	บาท/ไร่	
รวมค่าใช้จ่ายของการเตรียมดิน	730	บาท/ไร่	
2. ค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย		**บาท/ไร่**	
1) ค่าหน่อกล้วย	1600	บาท/ไร่	8บาท/หน่อ
2) ค่าแรงสำหรับการปลูกกล้วย	600	บาท/ไร่	3บาท/หน่อ
3) ค่าปุ๋ยสำหรับการปลูกกล้วย	600	บาท/ไร่	3บาท/หน่อ
รวมค่าใช้จ่ายสำหรับการปลูกกล้วย	2800	บาท/ไร่	14บาท/หน่อ
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วย	300	**บาท/ไร่**	
รวมค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วย	3,830	**บาท/ไร่**	
รวมค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วย	229,800	**บาท**	60 ไร่

จากการเปรียบเทียบแผนการปลูกกล้วยของกลุ่มเกษตรกรและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การปลูกกล้วยจะพบว่า ในปริมาณพื้นที่ปลูกที่เท่ากันกลุ่มเกษตรกรจะปลูกเต็มพื้นที่ที่มีทั้งหมด โดยไม่คำนึงการตอบสนองปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงสัปดาห์ **มี**ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 229,800 บาท/ปี ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การปลูกกล้วย **จะใช้พื้นที่ปลูก 59 ไร่ มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 225,130 บาท/ปี จะเห็นว่าลดลง 4,670 บาท/ปี ซึ่ง ลดลง 2.03 เปอร์เซ็นต์ จากค่าใช้จ่ายการปลูกกล้วยก่อนนำแบบจำลองมาช่วย เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงอาจไม่มากแต่ถ้ามองในด้านของปริมาณผลผลิตกล้วยสดที่เพียงพอสำหรับการผลิต และสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการได้ตลอดทั้งปีนั้น นับว่ามีประโยชน์อย่างมาก โดยแบบจำลองจะแสดงให้เห็นว่าควรจะปลูกไร่ไหน เป็น

จำนวนกี่แถว ในสัปดาห์ใดๆ ถ้าปริมาณที่ทำการปลูกนั้นสามารถตอบสนองความต้องการในแต่ละสัปดาห์ก็ไม่จำเป็นต้องทำการปลูกจนเต็มพื้นที่ที่มีอยู่ และยังสามารถให้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ จากพื้นที่ได้อีกด้วย ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการได้ และยังเหลือพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกด้วย

4.4.2 Model Validation

คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Optimization Software Package ในการหาคำตอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ จึงนำคำตอบดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ผล

จากการประมวลผลคำตอบที่ได้จะเห็นว่าปริมาณผลผลิตที่ได้จากแผนการปลูกกล้วยในแต่ละสัปดาห์ (กิโลกรัม/สัปดาห์) มีปริมาณที่สามารถตอบสนองความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิตในแต่ละสัปดาห์ (กิโลกรัม/สัปดาห์) ได้ และไม่เกินปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์) ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าปริมาณผลผลิตกล้วยสดที่ได้จากแผนการปลูกในแต่ละสัปดาห์ (กิโลกรัม/สัปดาห์) จากแบบจำลองนั้นต้องมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิตในแต่ละสัปดาห์ (กิโลกรัม/สัปดาห์) และต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์ไว้สำหรับผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์) และผลลัพธ์จากการประมวลผล ไม่มีการปลูกกล้วยซ้ำตำแหน่งเดิมที่มีการเลือกปลูกไปแล้ว ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าผลรวมการปลูกกล้วยทุกสัปดาห์ ในแต่ละไร่ แต่ละแถว ต้องมีจำนวนไม่เกิน 1 แถว ยกตัวอย่างมาแสดงเพียงบางส่วน โดยตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับ 1 นั้นแสดงว่ามีการปลูก และถ้าเป็น 0 แสดงว่าไม่มีการปลูก ดังแสดงในตารางที่ 4.16 นั้นแสดงให้เห็นว่า คำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงปริมาณผลผลิตที่ได้จากแผนการการปลูกกล้วย (กิโลกรัม/สัปดาห์) เทียบกับปริมาณความต้องการกล้วยสดสำหรับผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์) และปริมาณความต้องการกล้วยสดที่คาดการณ์สำหรับผลิต (กิโลกรัม/สัปดาห์)

สัปดาห์ที่ t	(1) จำนวนแถวที่ปลูก $\left(\sum_i \sum_j X_{ij}^t\right)$	(2) จำนวนหน่อต่อแถว (G)	(3) อัตราผลผลิตต่อหน่อ (a^t)	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (1)x(2)x(3)	ความต้องการ (D^t)	ความต้องการ (F^t)
1	8	20	8.5	1360	1200	2400
2	8	20	8.5	1360	1200	2400
3	8	20	8.5	1360	1200	2400
4	8	20	8.5	1360	1200	2400
5	8	20	8.5	1360	1200	2400
6	7	20	7.65	1071	1050	3000
7	7	20	7.65	1071	1050	3000
8	7	20	7.65	1071	1050	3000
9	7	20	7.65	1071	1050	3000
10	16	20	7.65	2448	2400	3000
11	16	20	7.65	2448	2400	3000
12	16	20	7.65	2448	2400	3000
13	16	20	7.65	2448	2400	3000
14	13	20	7.65	1989	1900	2800
15	13	20	7.65	1989	1900	2800
16	13	20	7.65	1989	1900	2800
17	13	20	7.65	1989	1900	2800
18	7	20	7.65	1071	1040	2080
19	7	20	7.65	1071	1040	2080
20	7	20	7.65	1071	1040	2080
21	7	20	7.65	1071	1040	2080
22	7	20	7.65	1071	1040	2080

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

สัปดาห์ที่ t	(1) จำนวนแถวที่ปลูก $\left(\sum_i \sum_j X_{ij}^t\right)$	(2) จำนวนหน่อต่อแถว (G)	(3) อัตราผลผลิตต่อหน่อ (a^t)	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (1)x(2)x(3)	ความต้องการ (D^t)	ความต้องการ (F^t)
23	6	20	9	1080	920	2500
24	6	20	9	1080	920	2500
25	6	20	9	1080	920	2500
26	6	20	9	1080	920	2500
27	12	20	9	2160	2000	2500
28	12	20	9	2160	2000	2500
29	12	20	9	2160	2000	2500
30	12	20	9	2160	2000	2500
31	10	20	9	1800	1800	1980
32	10	20	9	1800	1800	1980
33	10	20	9	1800	1800	1980
34	10	20	9	1800	1800	1980
35	10	20	9	1800	1800	1980
36	14	20	9	2520	2500	2600
37	14	20	9	2520	2500	2600
38	14	20	9	2520	2500	2600
39	14	20	9	2520	2500	2600
40	14	20	8.5	2380	2240	2500
41	14	20	8.5	2380	2240	2500
42	14	20	8.5	2380	2240	2500
43	14	20	8.5	2380	2240	2500
44	14	20	8.5	2380	2240	2500
45	15	20	8.5	2550	2500	3000
46	15	20	8.5	2550	2500	3000

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

สัปดาห์ที่ t	(1) จำนวนแถวที่ปลูก $\left(\sum_i \sum_j X_{ij}^t\right)$	(2) จำนวนหน่อต่อแถว (G)	(3) อัตราผลผลิตต่อหน่อ (a^t)	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (1)x(2)x(3)	ความต้องการ (D^t)	ความต้องการ (F^t)
47	15	20	8.5	2550	2500	3000
48	15	20	8.5	2550	2500	3000
49	15	20	8.5	2550	2500	3000
50	15	20	8.5	2550	2500	3000
51	15	20	8.5	2550	2500	3000
52	15	20	8.5	2550	2500	3000

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงตำแหน่งการปลูกกล้วยไร่ที่ 2 และ 3

ไร่ที่	แถวที่	สัปดาห์ที่							
		1	2	3	4	5	6	7	8
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	1	0	0	0	0	0	0
	7	0	1	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0

4.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)

เพื่อทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หลังจากการคำนวณจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว เนื่องจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เราหาได้นั้น เป็นคำตอบที่เกิดจากการที่เราสมมุติค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดคงที่ ซึ่งในชีวิตจริงค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นอาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอ

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Optimization Software Package ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) คือ ค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 225,130 บาท/ปี และเมื่อเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective function) ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำการเพิ่มค่าใช่จ่ายในการเตรียมดิน (บาท/ไร่) ขึ้น 5% ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร Y_i (ไร่/ปี) จากการประมวลผลพบว่าค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยในระยะเวลา 1 ปี มีเพิ่มขึ้นเป็น 227,284 บาท/ปี หลังจากนั้นทำการลงค่าใช่จ่ายในการเตรียมดิน (บาท/ไร่) ลง 5% ค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยในระยะเวลา 1 ปี มีค่าลดลงเหลือ 222,977 บาท/ปี ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินแปรผันตรงต่อค่าใช้จ่ายในการปลูกกล้วยในระยะเวลา 1 ปี

Part 2: **การผลิตกล้วยตาก**

4.2 **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** (Mathematical model)

จากการสอบถามกระบวนการจัดหากล้วยสดเข้าบ่ม เพื่อทำการผลิตกล้วยตากของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู พบว่าแหล่งวัตถุดิบ แบ่งออกได้ 2 แหล่ง คือ สวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู และสวนของเครือข่ายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู ซึ่งอยู่หมู่บ้านใกล้เคียงต่างๆ ที่ซื้อหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องจากกลุ่มฯ ไปปลูก โดยกล้วยสดที่สามารถตัดได้จะอยู่ในช่วงอายุ 49, 50, 51 และ 52 สัปดาห์ เนื่องจากเป็นช่วงที่กล้วยสดมีความแก่ที่เหมาะสมสำหรับนำมาบ่มเพื่อทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ แต่อายุของกล้วยนั้นก็มีผลต่อระยะเวลาในการบ่ม คือ กล้วยที่มี 51 และ 52 สัปดาห์จะใช้เวลาในการบ่ม 5 วัน ส่วนกล้วยที่มีอายุ 49 และ 50 สัปดาห์จะใช้เวลาในการบ่ม 6 วันซึ่งระยะเวลาในการบ่มกล้วยที่นานขึ้นส่งผลต่อค่าเสียโอกาสของล็อคบ่ม ทำให้เกิดปัญหาที่ว่าจะทำการเก็บเกี่ยวกล้วยจากสวนของกลุ่มฯ เอง ที่มีอายุต่างๆ ในปริมาณกี่เครือ และต้องทำการสั่งซื้อกล้วยจากสวนเครือข่ายของกลุ่มฯ จำนวนกี่เครือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายในส่วนราคากล้วยสำหรับการซื้อกล้วยจากสวนเครือข่ายกลุ่มฯ ที่มีราคาสูงกว่าสวนของกลุ่มฯ กับค่าเสียโอกาสของล็อคบ่มที่เกิดขึ้นเมื่อมีการบ่มกล้วยของสวนของกลุ่มฯ ที่มีอายุ 49 และ 50 สัปดาห์ ส่วนด้านกระบวนการผลิตนั้น ในกระบวนการอบนั้นจะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการอบซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า เช่นมีกล้วยตากจากกระบวนการตากจำนวน 200 กิโลกรัม โดยจะเลือกทำการอบที่ตู้อบขนาด 200 กิโลกรัม ทำการอบล๊อตเดียว หรืออบที่ตู้อบขนาด 100 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็น 2 ล๊อต เมื่อล๊อตแรกเสร็จจากนั้นก็ทำการอบล๊อตสอง ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อดูว่าการจัดหากล้วยสดแบบไหนทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดหา และการเลือกทางเลือกใดในการอบที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุด จึงทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยตัดสินใจการจัดหากล้วยสดสำหรับการผลิต และการเลือกทางเลือกสำหรับการผลิต กล้วยตากของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู เพื่อให้ทราบปริมาณกล้วยที่ต้องการทั้งสวนของกลุ่มฯ เอง และสวนเครือข่ายของกลุ่มฯ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการกล้วยสดเพื่อการผลิตในแต่ละปริมาณการสั่งซื้อ และทราบปริมาณกล้วยตากที่ได้ว่า **จะทำการอบกี่ล๊อตและจะทำการอบในตู้ใดโดยให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดหากล้วยสด และการผลิตต่ำที่สุด**

<u>ความเชื่อมโยงระหว่าง Part 1 และ Part 2</u>

แผนการปลูกกล้วยจาก Part 1 ทำให้ทราบว่าในแต่ละสัปดาห์ตลอด 1 ปี จะทำการปลูกในไร่ใด เป็นจำนวนกี่แถว จึงจะสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการในแต่ละสัปดาห์ตลอด 1 ปี ได้ ซึ่งปริมาณกล้วยสดจากสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูที่เลือกตัด (X'_{ij}) สำหรับ

นำมาทำการผลิตในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Part 2 ได้จากแผนการปลูกกล้วยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Part 1 เมื่อกล้วยที่ทำการปลูกใน Part 1 นั้นมีอายุ 52, 51, 50 และ 49 สัปดาห์หลังจากสัปดาห์ที่ทำการปลูก

การสร้างแบบจำลองโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Mixed-Integer Linear Programming Model) สำหรับการวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขอบเขต คือ stage ของ supplier เฉพาะส่วนผู้ปลูกกล้วยเพื่อผลิต และผู้ปลูกกล้วยเพื่อจำหน่าย และ stage ของ producer ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงการไหลของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกล้วยตากของกลุ่มเกษตรกรบ้านเกาะคู ตั้งแต่การจัดหากล้วยสดผ่านการผลิตจนถึงขั้นตอนการบรรจุ อันเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต

1) เมื่อมีความต้องการกล้วยสดเพื่อจัดเตรียมสำหรับการผลิต ทางกลุ่มเกษตรกรจะตัดสินใจว่าจะตัดกล้วยสดที่มีในสวนที่ได้ปลูกไว้จำนวนเท่าไร (X_{ij}^{t}) และถ้าหากกล้วยสดที่ตัดได้จากสวนมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ จะสั่งซื้อกล้วยสด (Y_{n}) เพิ่มจากเครือข่ายที่ขายกล้วยให้กับกลุ่มเกษตรกรให้เพียงพอกับความต้องการ

2) กล้วยสดที่จัดเตรียมไว้ ($X_{ij}^{t} + Y_{n}$) จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแรกนั่นก็คือ กระบวนการบ่ม ซึ่งจะบ่มกล้วยสดทิ้งไว้เป็นเวลา 5 -6 วัน จนกล้วยสุก

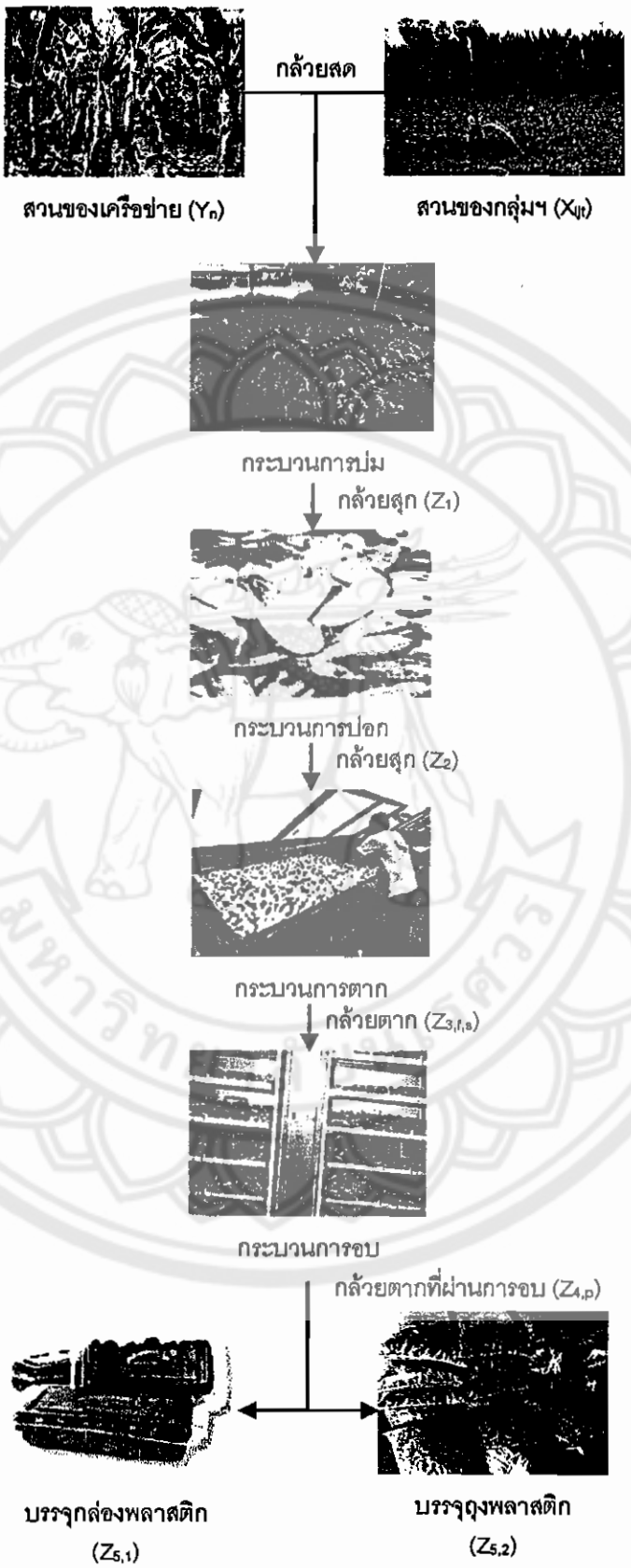
3) หลังจากการบ่มจนได้กล้วยสุกแล้ว (Z_{1}) จะนำกล้วยสุกเข้าสู่กระบวนการปอก โดยจะปอกเปลือกออกเอาแต่ผลกล้วยสุก

4) เมื่อกล้วยสุกผ่านกระบวนการปอกแล้ว (Z_{2}) ขั้นตอนต่อไป คือ กระบวนการตาก โดยนำกล้วยสุกไปตากในตู้ตากพลังงานแสงอาทิตย์ ในกระบวนการตากนี้จะใช้ระยะเวลาในการตาก 5 วัน จึงจะได้ผลผลิตกล้วยตาก

5) หลังจากนั้นเก็บกล้วยตากที่ผ่านกระบวนการตาก เข้าห้องเตรียมบรรจุผลิตภัณฑ์ และนำกล้วยตากเข้าสู่กระบวนการอบในตู้อบร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ ($Z_{3_{fs}}$) อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งมีตู้ 2 ตู้ ขนาดการอบ 100 กิโลกรัมและ 200 กิโลกรัม โดยใช้เวลาอบประมาณ 1-2 ชั่วโมงในแต่ละล๊อตของการอบ

6) กล้วยตากที่ทำการอบเสร็จแล้วจะนำออกจากตู้มากองไว้ให้หายร้อน และแบ่งกล้วยตากออกเป็น 2 ส่วนเพื่อเตรียมไว้สำหรับบรรจุตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ ($Z_{4_{p}}$)

7) กระบวนการสุดท้ายของการผลิต นำกล้วยตากที่จัดเตรียมไว้มาบรรจุตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ ($Z_{5_{p}}$)



รูปที่ 4.4 โครงสร้างการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.1 **ข้อกำหนด**

1) กำหนดให้การปลูกกล้วย 1 แถว ให้ผลผลิต
   - ให้ผลผลิต 153 กิโลกรัม ถ้าอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ทำการปลูกในสัปดาห์นั้น เท่ากับ 7.65
   - ให้ผลผลิต 170 กิโลกรัม ถ้าอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ทำการปลูกในสัปดาห์นั้น เท่ากับ 8.5
   - ให้ผลผลิต 180 กิโลกรัม ถ้าอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตของกล้วยสดต่อหน่อกล้วยที่ทำการปลูกในสัปดาห์นั้น เท่ากับ 9
2) กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู มีโรงบ่มจำนวน 1 หลัง ประกอบด้วยล็อคบ่มจำนวน 3 ล็อคบ่ม โดยกำหนดให้ 1 ล็อคบ่ม สามารถบ่มกล้วยได้ 650 กิโลกรัม
3) กลุ่มฯ มีตู้ตากจำนวน 117 ตู้ โดยแต่ละตู้สามารถตากกล้วยได้ 10 กิโลกรัม
4) กลุ่มฯ มีตู้อบฆ่าเชื้อ จำนวน 2 ตู้ โดยมีขนาดความจุ 100 และ 200 กิโลกรัม ตามลำดับ
5) กล้วยที่ปอกเสร็จแล้วน้ำหนักจะหายไป 30% เมื่อเทียบกับกล้วยที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปอก
6) กล้วยที่ปอกเสร็จแล้วและผ่านการตากน้ำหนักจะหายไป 60% เมื่อเทียบกับกล้วยที่ปอกเสร็จแล้วแต่ยังไม่ผ่านกระบวนการตาก
7) กล้วยที่ตากเสร็จและผ่านการอบน้ำหนักจะหายไป 10% เมื่อเทียบกับกล้วยตากที่ยังไม่ผ่านกระบวนการอบ
8) น้ำหนักสุทธิของกล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติกเท่ากับ 500 กรัม และน้ำหนักสุทธิของกล้วยตากบรรจุถุงพลาสติกเท่ากับ 25 กิโลกรัม

4.2.2 **ข้อสมมุติ** (Assumptions)

1) ปริมาณความต้องการกล้วยสดและปริมาณความต้องการกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์คงที่ และมีความต้องการทุกสัปดาห์
2) ไม่มีการสูญเสียกล้วยเนื่องจากการเน่าเสียจากการผลิตในกระบวนการต่างๆ
3) ในกระบวนการตากมีแสงอาทิตย์สม่ำเสมอ ทำให้กล้วยที่ได้มีสีและรูปร่างเหมือนกัน

4.2.3 Notations

Indices

f = ขนาดตู้อบกล้วยตาก

i = ไร่ที่ตัดกล้วยสด

j = แถวที่ตัดกล้วยสด

n = เครือข่ายที่สั่งซื้อกล้วยสด

p = ชนิดบรรจุภัณฑ์

s = ล๊อตการอบกล้วยตาก

t = อายุกล้วยสด

Parameters

A'_{ij} = ปริมาณกล้วยสด ที่มีในสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู ไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ (กิโลกรัม)

A_{1i} = ปริมาณกล้วยสด ที่มีในสวนของกลุ่มฯ ไร่ที่ i (กิโลกรัม)

A_2' = ปริมาณกล้วยสด ที่มีในสวนของกลุ่มฯ ที่อายุ t สัปดาห์ (กิโลกรัม)

B_n = ปริมาณกล้วยสด ที่มีในสวนของเครือข่ายที่ n (กิโลกรัม)

c = ราคากล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร (บาท/กิโลกรัม)

D = ปริมาณความต้องการกล้วยสดเพื่อผลิตใน 1 รอบการผลิต (กิโลกรัม)

D_{1p} = ปริมาณความต้องการกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ p (ถุง, กล่อง)

e = จำนวนอายุกล้วยสดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้

E = ปริมาณกล้วยสดที่สามารถบ่มได้ (กิโลกรัม)

F = ปริมาณกล้วยสุกที่สามารถตากได้ (กิโลกรัม)

g = จำนวนเท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่ม

G_f = ปริมาณกล้วยตากที่สามารถอบได้ในตู้อบขนาด f (กิโลกรัม)

h = จำนวนเท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอก

H_p = น้ำหนักสุทธิของบรรจุภัณฑ์ชนิด p (กิโลกรัม/ถุง, กล่อง)

J_{1i} = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร ไร่ที่ i ใน (บาท/ไร่)

J_{2n} = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่ายที่ n (บาท/เครือข่าย)

k = จำนวนเท่าของปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตาก

K' = ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยสดที่อายุ t สัปดาห์ (บาท/อายุกล้วย)

L = ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วยสด (บาท/กิโลกรัม)

M = ค่าแรงงานในกระบวนการปอกกล้วยสุก (บาท/กิโลกรัม)

N = ค่าแรงงานในกระบวนการตากกล้วยสุก (บาท/กิโลกรัม)

P = ค่าแรงงานในกระบวนการอบกล้วยตาก (บาท/กิโลกรัม)

R_f = ค่าอบกล้วยตากด้วยพลังงานไฟฟ้าในตู้อบขนาด f (บาท/ตู้)

U_p = ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบรรจุกล้วยตาก
ตามบรรจุภัณฑ์ชนิด p (บาท/ถุง, กล่อง)

$U_p = U_{1p} + U_{1p}$

U_{1p} = ค่าแรงงานในการบรรจุกล้วยตากตามบรรจุภัณฑ์
ชนิด p (บาท/ถุง, กล่อง)

U_{2p} = ค่าบรรจุภัณฑ์ชนิด p (บาท/ถุง, กล่อง)

v = ราคากล้วยสดจากสวนของเครือข่าย (บาท/กิโลกรัม)

Decision Variables

Q_i = 1 ถ้าตัดกล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกรไร่ที่ i ไม่เช่นนั้นเป็นศูนย์

Q_i' = 1 ถ้าตัดกล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร
ที่อายุ t สัปดาห์ ไม่เช่นนั้นเป็นศูนย์

S_f = 1 ถ้าเลือกอบกล้วยตากในตู้อบขนาด f ไม่เช่นนั้นเป็นศูนย์

W_n = 1 ถ้าเลือกสั่งซื้อกล้วยจากเครือข่ายที่ n ไม่เช่นนั้นเป็นศูนย์

X_{ij}^t = ปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร
ไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ (กิโลกรัม)

Y_n = ปริมาณกล้วยสดที่สั่งซื้อจากเครือข่ายที่ n (กิโลกรัม)

Z_1 = ปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่มเข้าสู่กระบวนการปอก (กิโลกรัม)

Z_2 = ปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอกเข้าสู่กระบวนการตาก (กิโลกรัม)

Z_{3fs} = ปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่กระบวนการอบ
ในตู้อบขนาด f ล๊อตการอบที่ s (กิโลกรัม)

Z_{4p} = ปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่กระบวนการบรรจุ
ตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ p (กิโลกรัม)

Z_{5p} = ปริมาณกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ p (ถุง, กล่อง)

4.2.4 **แบบจำลองเชิงภาษาพูด** (Verbal model)

สมการเป้าหมายเป็นการหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการจัดหากล้วยสด (ไร่ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู และสวนเครือข่ายของกลุ่ม) และการผลิต (กระบวนการบ่ม, ปอก, ตาก, อบ และบรรจุ) โดยค่าใช้จ่ายโดยรวมในการจัดหากล้วยสดและการผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายด้านต่างๆ ดังนี้

Minimize;

[ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู + ค่าใช้จ่ายของกล้วยสดจากสวนของกลุ่มฯ + ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่าย + ค่าใช้จ่ายของกล้วยสดจากเครือข่าย + ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยในกระบวนการบ่ม + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วย + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการปอกกล้วย + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการตากกล้วย +ค่าอบกล้วยตากด้วยพลังงานไฟฟ้า +ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในกระบวนการอบกล้วย+ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบรรจุ]

Subject to;

- ข้อจำกัดด้านปริมาณกล้วยสดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในแต่ละสัปดาห์ ต้องไม่เกินปริมาณที่มีอยู่ทั้งของไร่ของกลุ่มฯ และสวนเครือข่ายของกลุ่มฯ
- ข้อจำกัดด้านปริมาณความจุของสถานที่บ่ม ในการบ่มแต่ละครั้งปริมาณกล้วยสดทั้งหมดที่เข้าบ่มต้องไม่เกินปริมาณความจุที่กำหนดไว้
- ข้อจำกัดด้านอายุกล้วยสด คือกล้วยสดที่สามารถเก็บเกี่ยวเพื่อทำการผลิตต้องมีอายุ 52, 51, 50 และ 49 สัปดาห์
- ข้อจำกัดด้านตู้ตาก ปริมาณกล้วยสุกที่จะเข้ากระบวนการตากนั้นต้องไม่เกินปริมาณความจุของตู้ตากที่กำหนดไว้
- ข้อจำกัดด้านตู้อบ ปริมาณกล้วยตากที่จะเข้าสู่กระบวนการอบต้องไม่เกินปริมาณความจุที่กำหนดไว้ของแต่ละตู้ในแต่ละล๊อตของการอบ

4.2.5 **สมการกำหนดเป้าหมาย** (Objective function)

สมการเป้าหมายเป็นผลรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในรอบการผลิต 1 ครั้ง ประกอบด้วย 11 ส่วนดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู

เกิดจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกรไร่ที่ i (บาท/ไร่) คูณกับจำนวนไร่ที่ตัดกล้วยสด

2) ค่าใช้จ่ายการของกล้วยสดจากสวนของกลุ่มฯ

เกิดจากราคากล้วยสดจากสวนของกลุ่มฯ (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากแถวที่ i ไร่ที่ j อายุ t สัปดาห์ (กิโลกรัม)

3) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่าย

เกิดจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่ายที่ n (บาท/เครือข่าย) คูณกับจำนวนเครือข่ายที่สั่งซื้อกล้วยสด

4) ค่าใช้จ่ายการของกล้วยสดจากเครือข่าย

เกิดจากราคากล้วยสดจากสวนของเครือข่าย (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยสดที่สั่งซื้อจากเครือข่ายที่ n (กิโลกรัม)

5) ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยสดในกระบวนการบ่ม

เกิดจาก ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยสดในกระบวนการบ่มที่มีอายุ t สัปดาห์ (บาท/อายุกล้วย) คูณกับผลรวมของปริมาณกล้วยสดที่มีอายุ t สัปดาห์ ที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร

6) ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วยสด

เกิดจากค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วยสด (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยสดที่ออกจากกระบวนการบ่มเข้าสู่กระบวนการปอก (กิโลกรัม)

7) ค่าใช้จ่ายในกระบวนการปอกกล้วยสด

เกิดจากค่าแรงงานในกระบวนการปอกกล้วยสด (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยสดที่ออกจากกระบวนการปอกเข้าสู่กระบวนการตาก (กิโลกรัม)

8) ค่าใช้จ่ายในกระบวนการตากกล้วยสุก

เกิดจากค่าแรงงานในกระบวนการตากกล้วยสุก (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่กระบวนการอบในตู้อบขนาด f ล๊อตการอบที่ s (กิโลกรัม)

9) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในกระบวนการอบกล้วยตาก

เกิดจากค่าอบกล้วยตากด้วยพลังงานไฟฟ้าในตู้อบขนาด f (บาท/ตู้) คูณกับจำนวนตู้ที่อบกล้วยตาก

10) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในกระบวนการอบกล้วยตาก

เกิดจากค่าแรงงานในกระบวนการอบกล้วยตาก (บาท/กิโลกรัม) คูณกับปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่กระบวนการบรรจุตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ p (กิโลกรัม)

11) ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบรรจุ

เกิดจากค่าแรงงานในกระบวนการบรรจุกล้วยตากตามบรรจุภัณฑ์ชนิด p (บาท/ถุง, กล่อง) คูณกับ ปริมาณกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ p (ถุง, กล่อง)

$$Min \quad \sum_i J_{1i}Q_i + \sum_i \sum_j \sum_t cX_{ij}^t + \sum_n J_{2n}W_n + \sum_n vY_n + \sum_t K^t Q_1^t + LZ_1 + MZ_2 + N\sum_f \sum_s Z_{3fs} + \sum_f R_f S_f + P\sum_n Z_{4p} + \sum_p U_p Z_{5p} \quad (4.11)$$

4.2.6 สมการแสดงขอบข่าย (Constraints)

1) ปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร มีเงื่อนไขดังนี้

1.1) ปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ ไม่สามารถตัดได้มากกว่าปริมาณกล้วยสดที่มีอยู่ในไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ได้

$$X_{ij}^t \le A_{ij}^t \quad ,\forall_{i,j,t} \quad (4.12)$$

1.2) ผลรวมของปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากไร่ที่ i ไม่สามารถตัดได้มากกว่าปริมาณกล้วยสดที่มีอยู่ในไร่ที่ i ได้ แสดงสถานะว่าการตัดกล้วยสดในแต่ละไร่ไม่มีการตัดกล้วยสดเกินปริมาณที่มีอยู่

$$\sum_j \sum_t X_{ij}^t \le A_{1i}Q_i \quad ,\forall_i \quad (4.13)$$

1.4) ผลรวมของปริมาณกล้วยสดที่ตัดแต่ละอายุ t สัปดาห์ ไม่สามารถตัดได้มากกว่าปริมาณกล้วยสดที่มีอยู่ในแต่ละอายุ t สัปดาห์ ได้ แสดงสถานะว่าการตัดกล้วยสดในแต่ละอายุไม่มีการตัดกล้วยสดเกินปริมาณที่มีอยู่

$$\sum_i \sum_j X_{ij}^t \le A_2^t Q_1^t \quad ,\forall_t \quad (4.14)$$

1.5) กล้วยสดที่ตัดต้องมีอายุที่สามารถนำมาบ่มได้

$$\sum_{l} Q_l^t \le e \tag{4.15}$$

2) ปริมาณกล้วยสดที่สั่งซื้อจากเครือข่ายที่ n ไม่สามารถสั่งซื้อได้มากกว่าปริมาณกล้วยสดที่มีอยู่ในสวนของเครือข่ายที่ n ได้

$$Y_n \le B_n W_n \qquad , \forall_n \tag{4.16}$$

3) ผลรวมของปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกรไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ และปริมาณกล้วยสดที่สั่งซื้อจากเครือข่ายที่ n มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

3.1) ต้องมีเพียงพอกับปริมาณความต้องการกล้วยสดใน 1 รอบการผลิต

$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} X_{ij}^t + \sum_{n} Y_n \ge D \tag{4.17}$$

3.2) ปริมาณกล้วยสดดังกล่าวจะนำเข้าสู่กระบวนการบ่ม ดังนั้นจะต้องมีปริมาณไม่เกินปริมาณกล้วยสดที่สามารถบ่มได้

$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} X_{ij}^t + \sum_{n} Y_n \le E \tag{4.18}$$

3.3) มีปริมาณเท่ากับปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่มเข้าสู่กระบวนการปอก

$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} X_{ij}^t + \sum_{n} Y_n = Z_1 \tag{4.19}$$

4) จากกระบวนการปอก มีการสูญเสียน้ำหนักกล้วยสุก 30% คิดเป็น 0.3 เท่าของน้ำหนักกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่ม ดังนั้น ปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอก เพื่อนำเข้ากระบวนการตาก มีค่าเท่ากับ g เท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่ม

$$Z_1 = gZ_2 \tag{4.20}$$

5) ปริมาณกล้วยสุกที่ปอกเสร็จแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการตาก จะต้องไม่เกินปริมาณกล้วยสุกที่สามารถตากได้

$$Z_2 \le F \tag{4.21}$$

6) กล้วยสุกที่ตากเสร็จแล้วจะนำเข้ากระบวนการอบ โดยกล้วยสุกที่ผ่านกระบวนการตากมีการ สูญเสียน้ำหนัก 60% คิดเป็น 0.6 เท่าของน้ำหนักกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอก ดังนั้น ปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่กระบวนการอบ มีค่าเท่ากับ h เท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอก

$$\sum_f \sum_s Z_{3fs} = hZ_2 \tag{4.22}$$

7) ปริมาณกล้วยตากที่เข้าสู่กระบวนการอบตามขนาดตู้อบที่ f ล๊อตการอบที่ s จะต้องไม่ เกินปริมาณกล้วยตากที่สามารถอบได้ตามขนาดตู้อบที่ f

$$Z_{3fs} \le G_f S_f \qquad ,\forall_{fs} \tag{4.23}$$

8) จากกระบวนการอบมีการสูญเสียน้ำหนัก 10% คิดเป็น 0.1 เท่าของน้ำหนักกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตาก ดังนั้นปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่กระบวนการบรรจุ มีค่าเท่ากับ k เท่าของปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตาก

$$\sum_p Z_{4p} = k \sum_f \sum_s Z_{3fs} \tag{4.24}$$

9) จำนวนกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ชนิด p ที่ได้ มีค่าเท่ากับจำนวนกล้วยตากที่จัดเตรียมสำหรับบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ที่ p หารด้วยน้ำหนักสุทธิของบรรจุภัณฑ์ชนิด p

$$Z_{5p} = \frac{Z_{4p}}{H_p} \qquad ,\forall_p \qquad (4.25)$$

10) จำนวนกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ชนิด p ที่ได้สามารถตอบสนองต่อปริมาณความต้องการกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ p ได้

$$Z_{5p} \geq D_{1p} \qquad ,\forall_p \qquad (4.26)$$

11) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับตัวแปรต้องมีค่ามากกว่าศูนย์

$$X_{ij}^t \geq 0 \qquad ,\forall_{i,j,t} \qquad (4.27)$$

$$Y_n \geq 0 \qquad ,\forall_n \qquad (4.28)$$

$$Z_1 \geq 0 \qquad (4.29)$$

$$Z_2 \geq 0 \qquad (4.30)$$

$$Z_{3fs} \geq 0 \qquad ,\forall_{f,s} \qquad (4.31)$$

$$Z_{4p} \geq 0 \qquad ,\forall_p \qquad (4.32)$$

$$Z_{5p} \geq 0 \qquad ,\forall_p \qquad (4.33)$$

12) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับตัวแปร Binary

$$Q_i \in \{0,1\} \qquad ,\forall_i \qquad (4.34)$$

$$Q_1' \in \{0,1\} \qquad ,\forall_t \qquad (4.35)$$

$$S_f \in \{0,1\} \qquad ,\forall_f \qquad (4.36)$$

$$W_n \in \{0,1\} \qquad ,\forall_n \qquad (4.37)$$

4.2.7 Model

Min;

$$\sum_i J_{1i}Q_i + \sum_i \sum_j \sum_t cX_{ij}^t + \sum_n J_{2n}W_n + \sum_n vY_n + \sum_t K^t Q_1^t + LZ_1 + MZ_2 + N\sum_f \sum_s Z_{3fs} + \sum_f R_f S_f + P\sum_n Z_{4p} + \sum_p U_p Z_{5p} \quad (4.11)$$

Subject to;

$$X_{ij}^t \le A_{ij}^t \quad ,\forall_{i,j,t} \quad (4.12)$$

$$\sum_j \sum_t X_{ij}^t \le A_{1i}Q_i \quad ,\forall_i \quad (4.13)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij}^t \le A_2^t Q_1^t \quad ,\forall_t \quad (4.14)$$

$$\sum_t Q_1^t \le e \quad (4.15)$$

$$Y_n \le B_n \quad ,\forall_n \quad (4.16)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij}^t + \sum_n Y_n \ge D \quad (4.17)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij}^t + \sum_n Y_n \le E \quad (4.18)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij}^t + \sum_n Y_n = Z_1 \quad (4.19)$$

$$Z_1 = gZ_2 \quad (4.20)$$

$$Z_2 \le F \quad (4.21)$$

$$\sum_f \sum_s Z_{3fs} = hZ_2 \quad (4.22)$$

$$Z_{3fs} \le G_f S_f \quad ,\forall_{fs} \quad (4.23)$$

$$\sum_p Z_{4p} = k\sum_f \sum_s Z_{3fs} \quad (4.24)$$

$$Z_{5p} = \frac{Z_{4p}}{H_p} \quad ,\forall_p \quad (4.25)$$

$$Z_{5p} \ge D_{1p} \quad ,\forall_p \quad (4.26)$$

$$X_{ij}^t \ge 0 \quad ,\forall_{i,j,t} \quad (4.27)$$

$$Y_n \ge 0 \quad ,\forall_n \quad (4.28)$$

$$Z_1 \ge 0 \quad (4.29)$$

$$Z_2 \ge 0 \quad (4.30)$$

$$Z_{3fs} \geq 0 \quad ,\forall_{f,s} \quad (4.31)$$

$$Z_{4p} \geq 0 \quad ,\forall_{p} \quad (4.32)$$

$$Z_{5p} \geq 0 \quad ,\forall_{p} \quad (4.33)$$

$$Q_i \in \{0,1\} \quad ,\forall_{i} \quad (4.34)$$

$$Q_i' \in \{0,1\} \quad ,\forall_{i} \quad (4.35)$$

$$S_f \in \{0,1\} \quad ,\forall_{f} \quad (4.36)$$

$$W_n \in \{0,1\} \quad ,\forall_{n} \quad (4.37)$$

4.3 ตัวอย่างการคำนวณ (An illustrative example)

4.3.1 ข้อมูลป้อนเข้า (Input data)

ในการสร้างแบบจำลองการวางแผนการผลิตนี้ ใช้ข้อมูลจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยตากพลังงานแสงอาทิตย์ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในส่วนการวางแผนการผลิต ดังต่อไปนี้

4.3.1.1 ตัวแปรของตัวอย่างในการคำนวณ (กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู)

ตารางที่ 4.17 ตาราง Indices

	รายการ	
f	ขนาดตู้อบกล้วยตาก	1,...,2
i	ไร่ที่ตัดกล้วยสด	1,...,60
j	แถวที่ตัดกล้วยสด	1,...,10
n	เครือข่ายที่สั่งซื้อกล้วยสด	1,...,24
p	ชนิดบรรจุภัณฑ์	1,...,2
s	ล๊อตการอบกล้วยตาก	1,...,2
t	**อายุกล้วยสดที่สามารถตัดได้**	52 51 50 49

4.3.1.2 **ข้อมูลค่า Parameters ในการวางแผนการผลิต**

ข้อมูลค่า Parameters ในการผลิตกล้วยตาก ประกอบด้วย 26 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงค่า Parameters ในการปลูกกล้วย

ลำดับที่	Parameters	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	A_{ij}^{t}	ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคูไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์	ในตารางที่ 4.19	กิโลกรัม
2	A_{1i}	ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ไร่ที่ i	ในตารางที่ 4.20	กิโลกรัม
3	A_{2}^{t}	ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ที่อายุ t สัปดาห์	ในตารางที่ 4.21	กิโลกรัม
5	B_{n}	ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของเครือข่ายที่ n	ในตารางที่ 4.22	กิโลกรัม
6	c	ราคากล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร	-	บาท/กิโลกรัม
7	D	ปริมาณความต้องการกล้วยสดเพื่อผลิต	1,500	กิโลกรัม
8	D_{1p}	ปริมาณความต้องการกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ p - กล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก - กล้วยตากบรรจุถุงพลาสติก	 100 10	 กล่อง ถุง
9	e	จำนวนอายุกล้วยสดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้	4	อายุ
10	E	ปริมาณกล้วยสดที่สามารถบ่มได้	1,950	กิโลกรัม
11	F	**ปริมาณกล้วยสุกที่สามารถตากได้**	**1,170**	**กิโลกรัม**
12	g	**จำนวนเท่าขององปริมาณสุกที่ออกจากกระบวนการบ่ม**	0.7	

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงค่า Parameters ในการปลูกกล้วย (ต่อ)

ลำดับที่	Parameters	รายการ	จำนวน	หน่วย
13	G_f	ปริมาณกล้วยตากที่สามารถอบได้ในตู้อบขนาด f - ตู้อบขนาดที่ 1 - ตู้อบขนาดที่ 2	 100 200	กิโลกรัม
14	h	จำนวนเท่าของปริมาณสุกที่ออกจากกระบวนการปอก	0.4	
15	H_p	น้ำหนักสุทธิของบรรจุภัณฑ์ชนิด p - กล่องพลาสติก - ถุงพลาสติก	 0.5 25	 กิโลกรัม/กล่อง กิโลกรัม/ถุง
16	J_{1i}	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากไร่ที่ i ในสวนของกลุ่มเกษตรกร	ในตารางที่ 4.23	บาท/ไร่
17	J_{2n}	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่ายที่ n	ในตารางที่ 4.24	บาท/เครือข่าย
18	k	จำนวนเท่าของปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตาก	0.9	
19	K^t	ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยสดที่อายุ t สัปดาห์	ในตารางที่ 4.25	บาท/อายุกล้วย
20	L	ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วยสด	3	บาท/กิโลกรัม
21	M	ค่าแรงงานในกระบวนการปอกกล้วยสุก	0.1	บาท/กิโลกรัม
22	N	ค่าแรงงานในกระบวนการตากกล้วยสุก	1.4	บาท/กิโลกรัม
23	P	ค่าแรงงานในกระบวนการอบกล้วยตาก	0.1	บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงค่า Parameters ในการปลูกกล้วย (ต่อ)

ลำดับที่	Parameters	รายการ	จำนวน	หน่วย
24	R_f	ค่าอบกล้วยตากด้วยพลังงานไฟฟ้าในตู้อบขนาด f		บาท/ตู้
		- ตู้อบขนาดที่ 1	50	
		- ตู้อบขนาดที่ 2	100	
25	U_p	ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบรรจุกล้วยตากตามบรรจุภัณฑ์ชนิด p		
		- ค่าแรงงานบรรจุกล้วยตากลงกล่องพลาสติก	0.7	บาท/กล่อง
		- ค่าแรงงานบรรจุกล้วยตากลงถุงพลาสติก	10	บาท/ถุง
		- ค่ากล่องพลาสติก	1.5	บาท/กล่อง
		- ค่าถุงพลาสติก	3	บาท/ถุง
26	v	ราคากล้วยสดจากสวนของเครือข่าย	5	บาท/กิโลกรัม

4.3.1.3 **ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มเกษตรกร และสวนของเครือข่าย**

1) ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯไร่ที่ i แถวที่ j อายุ t สัปดาห์ เป็นผลผลิตจากการปลูกกล้วยที่ได้จากผลลัพธ์ของ X'_{ij} ที่ได้จาก Model Part 1 ดังแสดงในตารางที่ 4.19 จะแสดงปริมาณกล้วยสดที่มีอายุที่สามารถเก็บผลผลิตได้ คือ 52, 51, 50 และ 49 สัปดาห์ โดยกล้วยสดที่มีอายุ 50, 51, 50 และ 49 สัปดาห์นี้ มีในพื้นที่ 4 ไร่ คือ ไร่ที่ 1, 2, 3 และไร่ที่ 4 จากพื้นที่ปลูกทั้งหมด 60 ไร่ตามที่ได้ปลูกกล้วยไว้ใน 1 ปี (แต่ละไร่มีจำนวน 10 แถว สามารถปลูกกล้วยได้แถวละจำนวน 20 ต้น หน่อกล้วยจะให้ผลผลิตตามอัตราส่วนน้ำหนักกล้วย เท่ากับ 9, 8.5 และ 7.65 กิโลกรัม/หน่อ/สัปดาห์/ปี แตกต่างกันไปในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกกล้วย) ซึ่งหลังจากปลูกกล้วยผ่านไป 1 ปี จึงจะสามารถเก็บผลผลิตได้ ดังนั้นหน่อกล้วยที่ปลูกในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีอายุ 52, 51, 50 และ 49 สัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงอายุที่สามารถเก็บผลผลิตได้นั่นเอง และปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ในแต่ละไร่ (A_{i_t}) (กิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 4.20 รวมทั้งแสดง

ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ในแต่ละอายุกล้วย $\left(A_2'\right)$ (กิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงปริมาณกล้วยสดในสวนของกลุ่มฯ $\left(A_{ij}'\right)$ (กิโลกรัม)

ไร่	แถว	อายุกล้วย (สัปดาห์)			
		52	51	50	49
1	1	0	170	0	0
	2	170	0	0	0
	3	170	0	0	0
	4	170	0	0	0
	5	170	0	0	0
	6	170	0	0	0
	7	170	0	0	0
	8	170	0	0	0
	9	0	0	0	0
	10	170	0	0	0
2	1	0	170	0	0
	2	0	170	0	0
	3	0	170	0	0
	4	0	170	0	0
	5	0	170	0	0
	6	0	170	0	0
	7	0	170	0	0
	8	0	0	170	0
	9	0	0	170	0
	10	0	0	170	0

ไร่	แถว	อายุกล้วย (สัปดาห์)			
		52	51	50	49
3	1	0	0	170	0
	2	0	0	170	0
	3	0	0	170	0
	4	0	0	170	0
	5	0	0	170	0
	6	0	0	0	170
	7	0	0	0	170
	8	0	0	0	170
	9	0	0	0	170
	10	0	0	0	170
4	1	0	0	0	170
	2	0	0	0	170
	3	0	0	0	170
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	7	0	0	0	0
	8	0	0	0	0
	9	0	0	0	0
	10	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ในแต่ละไร่ (A_{1i}) (กิโลกรัม)

ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน
1	1700	16	1530	31	1800	46	1700
2	1700	17	1530	32	1800	47	1700
3	1700	18	360	33	1800	48	1700
4	1683	19	1530	34	1800	49	1700
5	1537	20	1530	35	1800	50	1700
6	1530	21	1530	36	1800	51	1700
7	1530	22	1557	37	1800	52	1700
8	1547	23	1800	38	1800	53	1700
9	1530	24	1800	39	1800	54	1700
10	1530	25	1800	40	1780	55	1700
11	1530	26	1800	41	1700	56	1700
12	1530	27	1800	42	1700	57	1700
13	1530	28	1800	43	1700	58	1700
14	1530	29	1800	44	1700	59	1190
15	1530	30	1773	45	1700	60	0

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของกลุ่มฯ ในแต่ละอายุกล้วย (A_2') (กิโลกรัม)

อายุกล้วย (สัปดาห์)	จำนวน
52	1,360
51	1,360
50	1,360
49	1,360

2) ปริมาณกล้วยสดที่มีในสวนของเครือข่ายที่ n ที่จะสั่งซื้อ ดังแสดงในตารางที่ 4.22 หากปริมาณกล้วยสดจากสวนของกลุ่มเกษตรกรมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงปริมาณกล้วยสดในสวนของเครือข่าย ในแต่ละเครือข่าย (B_n) (กิโลกรัม)

เครือข่าย	จำนวน	เครือข่าย	จำนวน
1	540	13	0
2	360	14	360
3	180	15	360
4	180	16	0
5	180	17	0
6	0	18	180
7	720	19	720
8	0	20	0
9	0	21	540
10	720	22	0
11	0	23	900
12	360	24	180

4.3.1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.23 ตารางค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากไร่ที่ i ในสวนของกลุ่มเกษตรกร (J_{1i}) (บาท/ไร่)

ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน
1	20	6	120	11	220	16	320
2	40	7	140	12	240	17	340
3	60	8	160	13	260	18	360
4	80	9	180	14	280	19	380
5	100	10	200	15	300	20	400

ตารางที่ 4.23 ตารางค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากไร่ที่ i ในสวนของกลุ่มเกษตรกร (J_{1i}) (บาท/ไร่) (ต่อ)

ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน	ไร่ที่	จำนวน
21	420	31	620	41	820	51	1020
22	440	32	640	42	840	52	1040
23	460	33	660	43	860	53	1060
24	480	34	680	44	88	54	1080
25	500	35	700	45	900	55	1100
26	520	36	720	46	920	56	1120
27	540	37	740	47	940	57	1140
28	560	38	760	48	960	58	1160
29	580	39	780	49	980	59	1180
30	600	40	800	50	1000	60	1200

ตารางที่ 4.24 ตารางค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่ายที่ n (J_{2n}) (บาท/เครือข่าย)

เครือข่าย	จำนวน	เครือข่าย	จำนวน	เครือข่าย	จำนวน
1	16.5	9	148.5	17	280.5
2	33	10	165	18	297
3	49.5	11	181.5	19	313.5
4	66	12	198	20	330
5	82.5	13	214.5	21	346.5
6	99	14	231	22	363
7	115.5	15	247.5	23	379.5
8	132	16	264	24	396

ตารางที่ 4.25 ตารางค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยสด (K^t) (บาทต่ออายุกล้วย)

อายุกล้วย(สัปดาห์)	จำนวน
52	30
51	30
50	50
49	50

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$Min \quad \sum_{i=1}^{60} J_{1i} Q_i + \sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=52}^{49} 0 X_{ij}^t + \sum_{n=1}^{24} J_{2n} W_n + \sum_{n=1}^{24} 5 Y_n + \sum_{t=52}^{49} K^t Q_1^t + 3Z_1 + 0.1Z_2 + 1.4\sum_{f=1}^{2}\sum_{s=1}^{2} Z_{3fs} + \sum_{f=1}^{2} R_f S_f + 0.1\sum_{p=1}^{2} Z_{4p} + \sum_{p=1}^{2} U_p Z_{5p} \tag{4.11}$$

Subject to ;

$$X_{ij}^t \le A_{ij}^t \quad , \forall_{i,j,t} \tag{4.12}$$

$$\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=52}^{49} X_{ij}^t \le A_{1i} Q_i \quad , \forall_i \tag{4.13}$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10} X_{ij}^t \le A_2^t Q_1^t \quad , \forall_t \tag{4.14}$$

$$\sum_{t=52}^{49} Q_1^t \le 4 \tag{4.15}$$

$$Y_n \le B_n \quad , \forall_n \tag{4.16}$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=52}^{49} X_{ij}^t + \sum_{n=1}^{24} Y_n \ge 1500 \tag{4.17}$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=52}^{49} X_{ij}^t + \sum_{n=1}^{24} Y_n \ge 1950 \tag{4.18}$$

$$\sum_{i=1}^{60}\sum_{j=1}^{10}\sum_{t=52}^{49} X_{ij}^t + \sum_{n=1}^{24} Y_n = Z_1 \tag{4.19}$$

$$Z_2 = 0.7 Z_1 \tag{4.20}$$

$$Z_2 \le 1170 \tag{4.21}$$

$$\sum_{f=1}^{2}\sum_{s=1}^{2} Z_{3fs} = 0.4Z_2 \qquad (4.22)$$

$$Z_{3fs} \le G_f S_f \quad ,\forall_s \qquad (4.23)$$

$$\sum_{p=1}^{2} Z_{4p} = 0.9\sum_{f=1}^{2}\sum_{s=1}^{2} Z_{3fs} \qquad (4.24)$$

$$Z_{5p} = \frac{Z_{4p}}{H_p} \quad ,\forall_p \qquad (4.25)$$

$$Z_{5p} \ge D_{1p} \quad ,\forall_p \qquad (4.26)$$

$$X'_{ij} \ge 0 \quad ,\forall_{i,j,l} \qquad (4.27)$$

$$Y_n \ge 0 \quad ,\forall_n \qquad (4.28)$$

$$Z_1 \ge 0 \qquad (4.29)$$

$$Z_2 \ge 0 \qquad (4.30)$$

$$Z_{3fs} \ge 0 \quad ,\forall_{f,s} \qquad (4.31)$$

$$Z_{4p} \ge 0 \quad ,\forall_p \qquad (4.32)$$

$$Z_{5p} \ge 0 \quad ,\forall_p \qquad (4.33)$$

$$Q_i \in \{0,1\} \quad ,\forall_i \qquad (4.34)$$

$$Q'_1 \in \{0,1\} \quad ,\forall_l \qquad (4.35)$$

$$S_f \in \{0,1\} \quad ,\forall_f \qquad (4.36)$$

$$W_n \in \{0,1\} \quad ,\forall_n \qquad (4.37)$$

4.3.2 **ผลลัพธ์** (Optimal solutions)

จากการแทนค่าตัวแปรลงในสมการข้างต้น ใช้โปรแกรม Optimization Software Package ในการประมวลผลหาผลลัพธ์ จากการ RUN พบว่าผลรวมของค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากสวนของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเกาะคู + ค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อกล้วยสดจากสวนของกลุ่มฯ + ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกล้วยสดจากเครือข่าย + ค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อกล้วยสดจากเครือข่าย + ค่าใช้จ่ายในการดูแลกล้วยในกระบวนการบ่ม + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบ่มกล้วย + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการปอกกล้วย + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการตากกล้วย +ค่าอบกล้วยตากด้วยพลังงานไฟฟ้า+ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในกระบวนการอบกล้วย + ค่าใช้จ่ายในกระบวนการบรรจุ) สำหรับรอบการผลิตนี้ ที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) มีค่าเท่ากับ 1,651.36 บาท ในส่วนคำตอบของการจัดหากล้วยสดเพื่อผลิตนั้นผลปรากฏว่ามีการตักกล้วยสดจากสวนของเกษตรกรในไร่ที่ 1 เท่านั้น เลือกตัดกล้วยสดที่มีอายุ 51และ 52 สัปดาห์ โดย

ปริมาณที่ตัดทั้งหมดเท่ากับ 1,500 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.26 และคำตอบปริมาณกล้วยสดที่ได้ในกระบวนการผลิต จะแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.26 ตารางแสดงปริมาณกล้วยที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร (กิโลกรัม)

ไร่	แถว	อายุกล้วย (สัปดาห์)			
		52	51	50	49
1	1	0	140	0	0
	2	170	0	0	0
	3	170	0	0	0
	4	170	0	0	0
	5	170	0	0	0
	6	170	0	0	0
	7	170	0	0	0
	8	170	0	0	0
	9	0	0	0	0
	10	170	0	0	0
รวม		1,360	140	0	0
		1,500			

ตารางที่ 4.27 ตารางแสดงปริมาณกล้วยในกระบวนการผลิตกล้วยตาก

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. ปริมาณกล้วยที่จัดหาสำหรับผลิต		
- ปริมาณกล้วยที่ตัดจากสวนของ		
กลุ่มเกษตรกร (X'_{ij})	1,500	กิโลกรัม
- ปริมาณกล้วยที่สั่งซื้อจากสวน		
ของเครือข่าย (Y_n)	0	กิโลกรัม
2. ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการบ่มเข้าสู่ กระบวนการปอก (Z_1)	1,500	กิโลกรัม
3. ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการปอกเข้าสู่ กระบวนการตาก (Z_2)	1,050	กิโลกรัม
4. ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่ กระบวนการอบ ($Z_{3_{fs}}$)		
- ตู้อบขนาด 1 ล๊อตการอบที่ 1 ($Z_{3(11)}$)	0	กิโลกรัม
- ตู้อบขนาด 1 ล๊อตการอบที่ 2 ($Z_{3(12)}$)	20	กิโลกรัม
- ตู้อบขนาด 2 ล๊อตการอบที่ 1 ($Z_{3(21)}$)	200	กิโลกรัม
- ตู้อบขนาด 2 ล๊อตการอบที่ 2 ($Z_{3(22)}$)	200	กิโลกรัม
5. ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่ กระบวนการบรรจุตามชนิดของบรรจุ ภัณฑ์ (Z_{4_p})		
-กล่องพลาสติก ($Z_{4(1)}$)	50	กิโลกรัม
-ถุงพลาสติก ($Z_{4(2)}$)	328	กิโลกรัม
6. ปริมาณกล้วยตากตามชนิดบรรจุภัณฑ์ (Z_{5_p})		
- กล่องพลาสติก ($Z_{5(1)}$)	100	กล่อง
- ถุงพลาสติก ($Z_{5(2)}$)	13.12	ถุง

4.4 การวิเคราะห์ผล

4.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างก่อน และเมื่อนำ Model มาช่วย

ก่อนนำ Model มาช่วยในการวางแผนการจัดหากล้วยและการผลิตกล้วยตาก กลุ่มเกษตรกรได้จัดหากล้วย 2 แหล่ง คือ จากสวนของตัวเองและซื้อจากเครือข่ายหากปริมาณกล้วยในสวนไม่พอ โดยแต่ละรอบของการผลิตจะจัดหาปริมาณกล้วยสดให้พอดีกับพื้นที่บ่ม โดยไม่ได้คำนึงถึงพื้นที่ตากที่มี capacity เพียง 1,170 กิโลกรัม โดยปริมาณกล้วยสดที่จัดหามา แสดงในตารางที่ 4.28 มีมากกว่าพื้นที่ตาก ทำให้มีกล้วยเหลือ จำนวน 195 กิโลกรัม (กล้วยสด 1,950 กิโลกรัม เมื่อปอกเปลือกแล้วน้ำหนักจะหายไป 30% เมื่อเทียบกับกล้วยสดที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก ดังนั้นหนักกล้วยที่ปอกเปลือกแล้วจึงเหลือ 1,365 กิโลกรัม) ที่ต้องเน่าเสียไปเนื่องจากตากไม่ทัน ดังแสดงในตารางที่ 4.29 และการผลิตกล้วยก่อนนำ Model เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา กลุ่มเกษตรกรจะจัดเตรียมกล้วยตากเพื่อบรรจุลงกล่องพลาสติกในปริมาณ 30% ของกล้วยตากที่มีทั้งหมด โดยไม่คำนึงถึงความต้องการกล้วยตากในแต่ละบรรจุภัณฑ์ ทำให้ แต่ละรอบของการผลิตมีปริมาณกล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก มากกว่าปริมาณความต้องการจำนวนมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.30

เมื่อนำ Model เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้ปริมาณกล้วยที่จัดหามานั้นไม่เกินพื้นที่ตากที่มีอยู่ และปริมาณกล้วยตากในแต่ละบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตเหลือค้างน้อยลงและมีเพียงพอกับความต้องการ โดยมีค่าใช้จ่ายลดลงจาก 2,964.06 บาท เป็น 1,651.36 บาท ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายลดลง 1,312.7 บาท คิดเป็น 55.71%

ตารางที่ 4.28 ตารางแสดงปริมาณการจัดหากล้วยเพื่อผลิต (กิโลกรัม) ก่อนใช้ Model

แหล่งกล้วย	ปริมาณ	หน่วย
กล้วยจากสวนของกลุ่มเกษตรกร	1,870	กิโลกรัม
กล้วยจากสวนของเครือข่าย	80	กิโลกรัม
รวม	**1,950**	**กิโลกรัม**

ตารางที่ 4.29 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณกล้วยที่นำเข้ากระบวนการบ่มและกระบวนการตากกับพื้นที่ที่รองรับกล้วยได้ (กิโลกรัม) ก่อนใช้ Model

ปริมาณกล้วยในกระบวนการบ่ม		**ปริมาณกล้วยในกระบวนการตาก**	
Input	Capacity	Input	Capacity
1,950	1,950	1,365	1,170

ตารางที่ 4.30 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณกล้วยตากตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ได้ก่อนใช้ Model และปริมาณความต้องการกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ (กิโลกรัม)

	ปริมาณกล้วยตากตามชนิดของบรรจุภัณฑ์	
	กล่องพลาสติก (กล่อง)	**ถุงพลาสติก (ถุง)**
Output	294	13.12
Demand	100	10

4.4.2 Model validation

เมื่อทราบคำตอบของ Model จากการประมวลผลโดยโปรแกรม Optimization Software Package แล้ว เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง จึงได้นำคำตอบ (Optimal Solution) มาวิเคราะห์

จะเห็นว่า ปริมาณกล้วยสดที่ตัดจากสวนของกลุ่มเกษตรกร (X_{ij}^{t}) ไม่มีการตัดเกินปริมาณกล้วยสดที่มีอยู่ และปริมาณกล้วยที่ตัดก็เพียงพอกับความต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 4.31 และเนื่องจากปริมาณกล้วยที่ตัดได้เพียงพอกับความต้องการแล้วจึงไม่มีการสั่งซื้อกล้วยจากเครือข่าย ($Y_n = 0$)

ตารางที่ 4.31 ตารางแสดงเปรียบเทียบปริมาณกล้วยที่มีในสวนกับปริมาณกล้วยที่ตัดจากสวน

ไร่	แถว	Input				Output			
		ปริมาณกล้วยที่มีในสวน				ปริมาณกล้วยที่ตัด			
		A_{ij}^{52}	A_{ij}^{51}	A_{ij}^{50}	A_{ij}^{49}	X_{ij}^{52}	X_{ij}^{51}	X_{ij}^{50}	X_{ij}^{49}
1	1	0	170	0	0	0	140	0	0
	2	170	0	0	0	170	0	0	0
	3	170	0	0	0	170	0	0	0
	4	170	0	0	0	170	0	0	0
	5	170	0	0	0	170	0	0	0
	6	170	0	0	0	170	0	0	0
	7	170	0	0	0	170	0	0	0
	8	170	0	0	0	170	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	170	0	0	0	170	0	0	0
รวม		1,360	170	0	0	1,360	140	0	0
		1,530				1,500			
Demand						1,500			

ส่วนปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการบ่มเข้าสู่กระบวนการปอก (Z_1), ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการปอกเข้าสู่กระบวนการตาก (Z_2), ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่กระบวนการอบ (Z_{3fs}), ปริมาณกล้วยที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่กระบวนการบรรจุ (Z_{4p}) และปริมาณกล้วยตากแต่ละบรรจุภัณฑ์ (Z_{5p}) ค่าที่ได้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ตารางแสดงปริมาณกล้วยที่ได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. ปริมาณกล้วยสดที่จัดหาสำหรับผลิต - เพียงพอต่อความต้องการ (1,500 กิโลกรัม) - ไม่เกินปริมาณกล้วยสดที่สามารถบ่มได้(1,950 กิโลกรัม)	1,500	กิโลกรัม
2. ปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากระบวนการบ่มเข้าสู่กระบวนการปอก - มีปริมาณเท่ากับปริมาณกล้วยสดที่จัดหาสำหรับผลิต	1,500	กิโลกรัม
3. ปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอกเข้าสู่กระบวนการตาก - มีปริมาณเท่ากับ 0.7 เท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการบ่ม (0.7×1,500)	1,050	กิโลกรัม
4.ปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการตากเข้าสู่กระบวนการอบ - มีปริมาณเท่ากับ 0.4 เท่าของปริมาณกล้วยสุกที่ออกจากกระบวนการปอก (0.4×1,050) (ตู้อบขนาด 1 อบได้ 100 กิโลกรัม ,ตู้อบขนาด 2 อบได้ 200 กิโลกรัม) - ตู้อบขนาด 1 ล็อตการอบที่ 1 - ตู้อบขนาด 1 ล็อตการอบที่ 2 - ตู้อบขนาด 2 ล็อตการอบที่ 1 - ตู้อบขนาด 2 ล็อตการอบที่ 2	420 0 20 200 200	กิโลกรัม กิโลกรัม กิโลกรัม กิโลกรัม กิโลกรัม
5. ปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนการอบเข้าสู่กระบวนการบรรจุ ตามชนิดของบรรจุภัณฑ์ - มีปริมาณเท่ากับ 0.9 เท่าของปริมาณกล้วยตากที่ออกจากกระบวนตาก (0.9×420) - กล่องพลาสติก - ถุงพลาสติก	378 50 328	กิโลกรัม กิโลกรัม กิโลกรัม
6. ปริมาณกล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก - เพียงพอต่อความต้องการ (100 กล่อง)	100	กล่อง

ตารางที่ 4.32 ตารางแสดงปริมาณกล้วยที่ได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
7. ปริมาณกล้วยตากบรรจุถุงพลาสติก - เพียงพอต่อความต้องการ (10 ถุง)	13.12	ถุง

4.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)

เพื่อทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หลังจากการคำนวณจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว เนื่องจากคำตอบที่ดีที่สุดที่เราหาได้นั้น เป็นคำตอบที่เกิดจากการที่เราทำการประมาณค่าพารามิเตอร์บางตัว ดังนั้นเพื่อทำการปรับปรุงค่าของ Sensitive parameter ให้ดีขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนค่าของ parameter ดังกล่าวแล้วทำการ RUN เพื่อดูผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Optimization Software Package ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยตาก เท่ากับ 1651.36 บาท/รอบการผลิต และเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ทางด้านขวามือ (RHS) ของสมการเงื่อนไข ในส่วนของปริมาณความต้องกล้วยสดสำหรับผลิต (D) ปริมาณความต้องการกล้วยตากบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ 1 $(D_{1(1)})$ และชนิดที่ 2 $(D_{1(2)})$ โดยเพิ่มขึ้น 10% และลดลง 10% ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตมีค่าเท่ากับ 1833.5 บาท/รอบการผลิต คิดเป็น 11.03% และ 1438.92 บาท/รอบการผลิต คิดเป็น 12.86% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แสดงผลลัพธ์ของการเพิ่มและลดค่า $D, D_{1(1)}, D_{1(2)}$ ทางด้านขวา (RHS) ของสมการเงื่อนไข

รายการ	ผลลัพธ์	เพิ่ม 10%		ลด 10%	
		ผลลัพธ์	คิดเป็น %	ผลลัพธ์	คิดเป็น %
Objective Value (บาท/รอบการผลิต)	1651.36	1833.5	11.03	1438.92	-12.86
Z_1 (กิโลกรัม)	1500	1650	10	1350	-10
Z_2 (กิโลกรัม)	1050	1155	10	945	-10
$Z_{3(11)}$ (กิโลกรัม)	0	0	-	0	-
$Z_{3(12)}$ (กิโลกรัม)	20	62	10	0	0

ตารางที่ 4.33 แสดงผลลัพธ์ของการเพิ่มและลดค่า $D, D_{I(1)}, D_{I(2)}$ ทางด้านขวา (RHS) ของสมการเงื่อนไข (ต่อ)

รายการ	ผลลัพธ์	เพิ่ม 10%		ลด 10%	
		ผลลัพธ์	คิดเป็น %	ผลลัพธ์	คิดเป็น %
$Z_{3(21)}$ (กิโลกรัม)	200	200	-	200	-
$Z_{3(22)}$ (กิโลกรัม)	200	200	-	200	-
$Z_{4(1)}$ (กิโลกรัม)	50	55	10	45	-10
$Z_{4(2)}$ (กิโลกรัม)	328	360.8	10	295.2	-10
$Z_{5(1)}$ (กล่อง)	100	110	10	90	-10
$Z_{5(2)}$ (ถุง)	13.12	14.43	9.98	11.80	-10.06

<u>ข้อสังเกต</u>

จากการประมวลผลจะได้กล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก ($Z_{5(1)}$) จำนวน 100 กล่อง กล้วยตากบรรจุถุง ($Z_{5(2)}$) จำนวน 13 ถุง และค่าใช้จ่ายในการผลิตกล้วยตากมีค่าเท่ากับ 1,651.36 บาท/รอบการผลิต ถ้ากำหนดค่าตัวแปร Z_{5p} ให้เป็นจำนวนเต็ม (Integer) แล้วส่งผลให้กล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก ($Z_{5(1)}$) จำนวน 106 กล่อง กล้วยตากบรรจุถุง ($Z_{5(2)}$) จำนวน 13 ถุง และค่าใช้จ่ายในการผลิตกล้วยตากมีค่าเท่ากับ 1,663 บาท/รอบการผลิต เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายแล้วพบว่าถ้าทำการกำหนดค่าตัวแปร Z_{5p} ให้เป็นจำนวนเต็ม (Integer) ค่าใช้จ่ายที่ได้จะสูง และกล้วยตากบรรจุกล่องพลาสติก ($Z_{5(1)}$) จำนวน 106 กล่อง ซึ่งมากกว่าความต้องการเมื่อเทียบกับผลที่ได้ก่อนหน้า เพียง 100 กล่องเท่านั้น