บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาและเก็บข้อมูล

4.1.1 เก็บข้อมูลปฐมภูมิ

เพื่อที่จะศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทาน จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยการสัมภาษณ์ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ฝ่ายการผลิต เช่น ข้อมูลด้านคุณภาพของขิงสด น้ำหนัก ขั้นตอนในการผลิตเพื่อหาปัญหาต่างๆ ในด้านการผลิต เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1.2 เก็บข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลจากโรงงาน ที่ได้จัดทำไว้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขิงดอง เช่น ข้อมูลต้นทุนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ขิงดอง เช่น ค่าน้ำดอง, ค่าขิงสด, ค่าแรงของพนักงาน เป็นต้น และ ความต้องการผลิตภัณฑ์ขิงดองในปี 2550

4.1.3 โครงสร้างโซ่อุปทานผลิตภัณฑ์ขิงดอง

i.วัตถุดิบสำหรับทำขิงดอง

จากการเก็บข้อมูลปฐมภูมิการทำขิงดองจากโรงงาน โดยการสัมภาษณ์ทำให้ทราบว่าในการทำผลิตภัณฑ์ขิงดองมีวัตถุดิบที่ต้องใช้ได้แก่

(1) ขิงสดจะเข้าโรงงานในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน ของทุกปีและขิงสดจะถูกแบ่ง ออกเป็น 3 ชนิด คือ Gari (ขิงอ่อน), Half (ขิงกลาง), Kizami (ขิงแก่) ซึ่งแบ่งแยกตามความอ่อนแก่ของขิงโดยพิจารณาจากลักษณะเสี้ยนของขิง

(2) น้ำดองขิง มี 2 ประเภท คือ น้ำดองเค็มและน้ำดองจืด

- น้ำดองเค็ม ประกอบไปด้วย เกลือ, กรดซิตริก, แคลเซียม, น้ำประปา
- น้ำดองจืด ประกอบไปด้วย เกลือ, กรดซิตริก, แคลเซียม, น้ำประปา

ซึ่งสัดส่วนของสารที่ใช้ในการทำน้ำดองแต่ละประเภทไม่เท่ากัน

(3) ลังไม้ จะทำการประกอบเองในโรงงาน

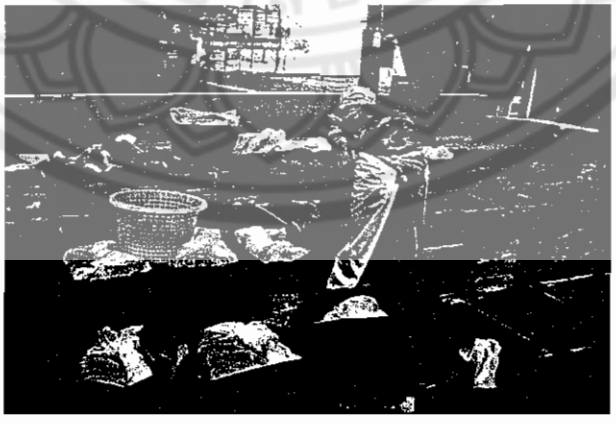
ii.สินค้าที่จำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย คือ ขิงสดแก่มีอยู่ประมาณ 5% ของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย โดยตลาดของการจำหน่ายจะอยู่ในประเทศ ส่วนขิงดองมีอยู่ประมาณ 95% ของผลิตภัณฑ์ที่

จำหน่าย โดยตลาดของการจำหน่ายจะอยู่ในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ซึ่งขิงดองมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ คือ ขิงดองเค็มและขิงดองจืด แล้วแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ขิงดอง ยังแบ่งออกตามขนาดและชนิดขิง โดย size ของขิงดองแบ่งออกเป็นทั้งหมด 11 ชนิด คือ MIX, L, M, S, SS, SSS, SSSS, S+SS, SS+SSS, SSK, OS ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ขนาดของขิงดอง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ทั้งขิงดองเค็มและขิงดองจืดที่จะจำหน่ายจะถูกบรรจุอยู่ในถุงพลาสติก 3 ชั้นแล้วนำใส่ลังไม้โดยที่ผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มและขิงดองจืดที่บรรจุอยู่ในลังไม้จะมีน้ำหนักขิงดอง 45 กิโลกรัม (ไม่รวมลังไม้) ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขิงดองที่บรรจุในถุงในลังไม้

iii.ลักษณะธุรกิจ

โครงสร้างโซ่อุปทานขิงดองประกอบด้วย 5 Stage โดยมีการไหลของผลิตภัณฑ์ในโครงสร้างโซ่อุปทาน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งส่วนต่างๆ ประกอบไปด้วย

1.) Supplier ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

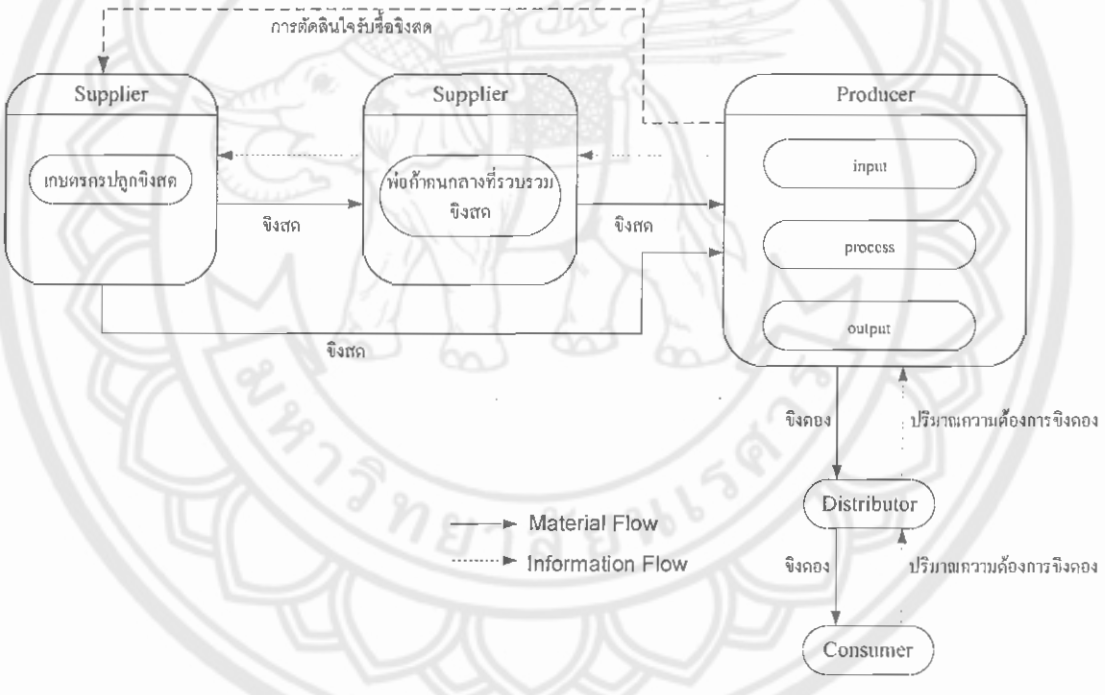
(1) เกษตรกรผู้ปลูกขิงสด

(2) พ่อค้าคนกลางที่รวบรวมขิงสดจากเกษตรกรมาส่งที่โรงงาน

2.) Producer เป็นในส่วนของการผลิตโดยการแปรรูปขิงสดเป็นขิงดอง

3.) Distributor เป็นส่วนที่รับคำสั่งซื้อและกระจายผลิตภัณฑ์ขิงดองออกสู่ลูกค้า

4.) Consumer เป็นโรงงานที่นำผลิตภัณฑ์ไปแปรรูป



รูปที่ 4.3 โครงสร้างโซ่อุปทานขิงดอง

ในลักษณะของโครงสร้างโซ่อุปทานมีการไหลทั้งหมด 2 ส่วน คือ การไหลของข้อมูลและการไหลของวัตถุดิบ/สินค้า ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับ Stage ต่างๆ ดังต่อไปนี้

การไหลของข้อมูล

1.) ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการขิงดองของลูกค้า (Consumer) ไปสู่ศูนย์กระจายสินค้า (Distributor)

2.) ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการขิงดองของศูนย์กระจายสินค้า (Distributor) ไปสู่โรงงานผลิต(Producer)

3.) ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบของ Producer จากพ่อค้าคนกลางและเกษตรกร

4.) การตัดสินใจให้ปลูกขิงของพ่อค้าคนกลางแก่เกษตรกรผู้ปลูก

การไหลของวัตถุดิบ/สินค้า

การไหลของวัตถุดิบประกอบไปด้วย ขิงสด น้ำดอง ลังไม้ ถุงพลาสติก

1.) ปริมาณขิงสดจากเกษตรกรส่งให้กับพ่อค้าคนกลาง

2.) ปริมาณขิงสดจากเกษตรกรส่งให้กับโรงงาน (Producer)

3.) ปริมาณขิงสดจากพ่อค้าคนกลางส่งให้กับโรงงาน (Producer)

4.) ปริมาณขิงดองจากโรงงาน (Producer) ส่งให้กับศูนย์กระจายสินค้า (Distributor)

5.) ปริมาณขิงดองจากศูนย์กระจายสินค้า (Distributor) ส่งให้กับลูกค้า (Consumer)

กระบวนการผลิตขิงดอง (Producer)

กระบวนการผลิตขิงดอง (Producer) มีขั้นตอนในการผลิต ดังนี้

1. เกษตรกรหรือพ่อค้าคนกลางนำขิงสดมาส่งที่หน้าโรงงาน

2. ขนขิงสดลงจากรถเพื่อทำการล้างโดยระหว่างนั้นจะทำการสุ่มตรวจวัด น้ำหนักขิง, ขนาดขิงและคุณภาพของขิงสด ประมาณ 5% ของน้ำหนักขิงสดทั้งหมดในรถแต่ละคัน

3. นำขิงสดที่ผ่านการล้างแล้วลงบ่อดอง ซึ่ง บ่อดองมีทั้งหมด 88 บ่อดอง อยู่ใน 4 โรงดอง

4. ในการดองขิงต้องใช้ระยะเวลาในการดองอย่างน้อย 14 วันจึงจะสามารถนำขิงดองไปผลิตได้ แต่ถ้าบ่อดองเต็มและมีขิงสดเข้ามา แล้วขิงที่ดองอยู่ในบ่อยังมีอายุไม่ถึง 14 วัน ก็ต้องนำขิงดองมาใส่ลังไม้ไว้ก่อนเพื่อให้ขิงสดที่เข้ามาสามารถดองได้ โดยขิงดองที่จะนำขึ้นมาใส่ลังไม้นั้นต้องมีอายุอย่างน้อย 10 วัน ส่วนขิงดองในลังไม้ที่มีอายุยังไม่ครบกำหนด 14 วันนั้นจะต้องนำกลับมาดองในบ่อดองใหม่ เพื่อปรับสภาพให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการก่อนที่จะนำไปผลิตในขั้นตอนต่อไป

5. นำขิงดองที่มีอายุการดองครบ 14 วันมาเข้าเครื่องล้างสลัดเปลือก

6. นำขิงดองที่ผ่านการล้างสลัดเปลือกแล้วมาตัดแต่ง โดยการตัดแต่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

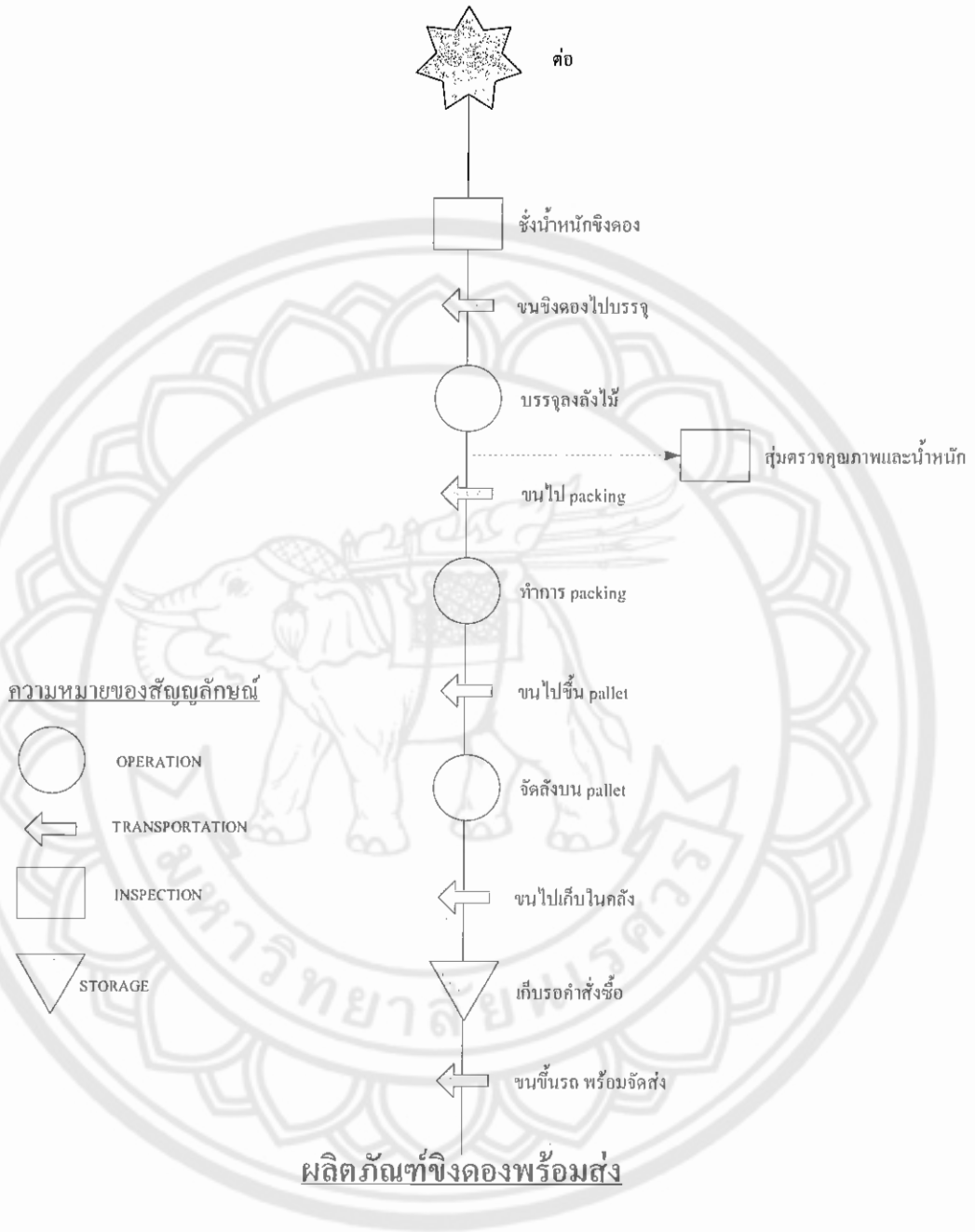
6.1 การตัดแต่งภายนอกโรงงาน โดย มี subcontractor จำนวน 14 ราย

6.2 การตัดแต่งภายในโรงงาน

7. ชั่งน้ำหนักขิงดองแล้วนำไปคัดขนาดเพื่อแยกเป็น size ต่างๆ
8. ชั่งน้ำหนักขิงดองแล้วบรรจุลงในลังไม้
9. นำลังไม้ที่บรรจุขิงดองไปจัดลงบน pallet พร้อมส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.4

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 4.4 กระบวนการผลิตขิงดอง



รูปที่ 4.4 (ต่อ) กระบวนการผลิตขิงดอง

4.1.4 ปัญหาที่ต้องใช้ Mathematical Model ในการหาคำตอบ

จากการศึกษาการดำเนินงานของโรงงานพบปัญหาดังต่อไปนี้

ปัญหาด้านกระบวนการผลิต

Part 1

เนื่องจากทางโรงงานไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะมีปริมาณขิงสดเข้ามาวันไหน จำนวนเท่าไร รวมถึงอายุขิงสดหน้าโรงงานเมื่อมาถึงแล้วจะต้องทำการดองให้เสร็จภายใน 2 วัน และในการรับซื้อขิงสดทางโรงงานจะรับซื้อไว้หมด จึงทำให้เกิดปัญหาในการผลิตก็คือ จำนวนบ่อในการดองขิงไม่พอกับปริมาณขิงสดที่เข้ามา (บ่อดองในโรงงาน มี 88) เนื่องจากขิงสดที่มีปริมาณมากในบางวัน (ขิงสดจะมีเข้ามามากในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน) และในการดองขิงต้องใช้เวลาในการดองถึง 14 วัน จึงต้องมีการนำขิงดองที่ยังไม่ครบกำหนดเวลาในการดองนำมาใส่ลังไม้เพื่อที่จะทำบ่อให้ว่างเพื่อที่จะรับขิงสดที่จะเข้ามาใหม่

Part 2

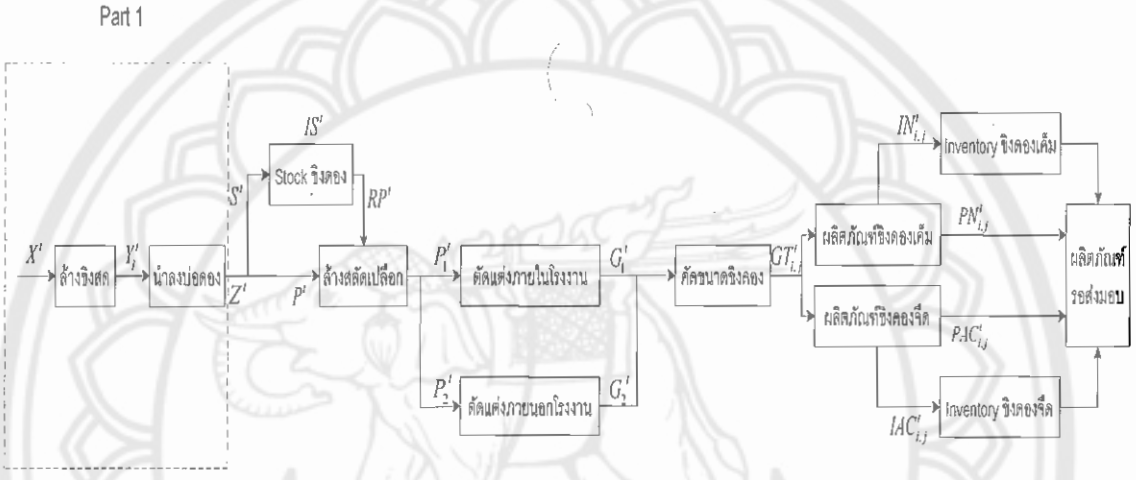
เนื่องจาก Order ขิงดองที่สั่งไม่คงที่แต่ทางโรงงานได้ทำการผลิตแบบ make to stock และ make to order ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สูงและ ทางโรงงานมีกำลังการผลิตในส่วนของการตัดแต่งไม่พอกับความต้องการจึงต้องแบ่งขิงดอง โดยจ้าง Subcontractor ตัดแต่งข้างนอกโรงงาน

จากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มเชิงเส้น (Mixed Integer Linear Programming) ขึ้นมาเพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในสมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขของปัญหาจะอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นตรง

- 3 ก.ย. 2552
14654110
สำนักหอสมุด
ป
HD
38.5
อ873ก
2551

Part 1: การจัดขิงสดลงบ่อดอง

Part 1 เป็นการจัดขิงสด (X') ลงในบ่อดอง ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนบ่อดอง, ความจุของบ่อดอง และในการดองขิงสดทุกขนาด ต้องดองอย่างน้อย 14 วัน โดยค่าใช้จ่ายต่างๆ ขึ้นอยู่กับจำนวนขิงสดที่จะทำการดองในแต่ละวันและ การตัดสินใจเลือกบ่อดอง (Y_i') ซึ่งตัวแปรต่างๆ และขอบเขตของ part 1 แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ขอบเขตของ part 1

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

4.2.1 **ข้อกำหนด**

1) การขนขิงสดลงบ่อดองเสียค่าใช้จ่ายกระสอบละ 1.5 บาท(1 กระสอบ =30 กิโลกรัม)

2) ค่าแรงพนักงานตรวจสอบคุณภาพวันละ 154 บาท/คน

3) โรงดองมี 4 โรง โรงละ 22 บ่อดอง

4) บ่อดอง สามารถดองขิงสดได้บ่อละ 30 ตัน

5) ในการดองขิงสดทุกขนาด ต้องดองอย่างน้อย 14 วัน

4.2.2 ข้อสมมุติ

1) ปริมาณขิงสดที่จะดองในแต่ละวัน ต้องพอดีกับจำนวนบ่อดองที่จะเปิด (ดองเต็มบ่อทุกครั้ง)

2) ในการเลือกใช้บ่อดองแต่ละบ่อ มีค่าใช้จ่ายคิดตามระยะทางโดยให้บ่อดองที่ใกล้จุดล้างขิงสดมากที่สุดมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดและมีค่าใช้สูงสุดเมื่อบ่อดองอยู่จากจุดล้างขิงสดมากที่สุด

3) การดองขิงสดในแต่ละวันต้องเสร็จภายในวันนั้น

4) ไม่คิดค่าใช้จ่ายโสหุ้ย (ค่าน้ำค่าไฟ)

5) Supplier ขิงสด ป้อนขิงสดเข้าโรงงานเป็นเวลาทั้งหมด 118 วัน (ตั้งแต่วันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ถึงวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551)

4.2.3 Notations

Indices

i = บ่อดอง

t = วัน

Parameters

C_{1i} = ค่าใช้จ่ายในการเลือกบ่อที่ i (บาท/บ่อ)

C_2 = ค่าขนขิงสดลงบ่อดอง (บาท/ตัน)

C_3 = ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพขิงสด (บาท/วัน)

E = ความจุของบ่อดอง (ตัน/บ่อ)

F = ค่าเฉลี่ยการใช้บ่อแต่ละบ่อ (ครั้ง/รอบการผลิต)

M = ตัวแปรเทียม (Artificial Variable) (บ่อ/วัน)

X^t = ปริมาณขิงสดที่จะดองในวันที่ t (ตัน/วัน)

Decision Variables

B^t = 1 ถ้า $X^t > 0$ ไม่เช่นนั้นเป็น 0

Y_i^t = 1 ถ้าใช้บ่อดองที่ i ในวันที่ t ไม่เช่นนั้นเป็น 0

4.2.4 Verbal model

สมการเป้าหมายเป็นการวางแผนในการจัดสรรการใช้บ่อดองเพื่อให้สามารถรองรับกับปริมาณขิงสดที่จะเข้ามาในโรงงานป้องกันปัญหาบ่อดองไม่พอใช้ในการดอง เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ในการขนถ่ายขิงสดและการควบคุมคุณภาพให้ต่ำสุด และให้การดองเป็นไปตามข้อกำหนด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังต่อไปนี้

Minimize:

[ค่าใช้จ่ายในการใช้บ่อดอง + ค่าใช้จ่ายในการขนขิงสดลงบ่อดอง + ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพขิงสดก่อนนำลงบ่อดอง]

Subject to:

ข้อจำกัดเกี่ยวกับการใช้บ่อดองขิงสดในแต่ละบ่อดองต้องรออย่างน้อย 14 วัน สำหรับ 1 รอบการดอง

ข้อจำกัดด้านจำนวนบ่อที่ใช้ดอง

ข้อจำกัดของความจุของบ่อ

ข้อจำกัดของปริมาณขิงสดที่จะดอง

4.2.5 Objective function

ค่าใช้จ่ายในการดองขิง(บาท/วัน) มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในการเลือกบ่อดองโดยคำนวณได้จากผลรวมของบ่อดองที่ i ในวันที่ t คูณกับค่าใช้จ่ายของการเลือกบ่อที่ i (บาท/วัน) = $\sum_t \sum_i C_{1i} Y_i^t$

2) ค่าใช้จ่ายในการขนขิงสดลงบ่อดองโดยคำนวณได้จากจำนวนขิงสดที่จะทำการดองในวันที่ t คูณกับค่าใช้จ่ายในการขนขิงสดลงบ่อดอง (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_t C_2 X^t$

3) ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพขิงสดก่อนนำลงบ่อดองโดยคำนวณได้จากจำนวนวันที่มีการดองขิงคูณกับค่าแรงพนักงานตรวจสอบคุณภาพขิงสดก่อนนำลงบ่อดอง (บาท/วัน) = $\sum_t C_3 B^t$

เพื่อหาบ่อดองที่จะใช้ดองขิงสดในแต่ละวันซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้ง 3 ส่วนต่ำที่สุด (บาท)โดยทำการสร้างแบบจำลองโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Integer Linear Programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังแสดงในสมการที่ 1 และสมการเงื่อนไขต่างๆ (constraints) ดังแสดงในสมการที่ 2-7

$$Min \sum_t \sum_i C_{1i} Y_i^t + \sum_t C_2 X^t + \sum_t C_3 B^t \qquad (1)$$

4.2.6 Constraints

1) จำนวนบ่อที่ทำการดองในวันที่ t (บ่อ) ต้องเท่ากับปริมาณขิงสดที่จะดองในแต่ละวันหารความจุของบ่อดอง เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_i Y_i^t = \frac{X^t}{E} \qquad \forall_t \qquad (2)$$

2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ บ่อดองที่ถูกเลือกในวันที่ t ต้องไม่เลือกซ้ำอีกในวันที่ t+1, t+2, t+3, ... , t+13 เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$Y_i^{t+1} + Y_i^{t+2} + Y_i^{t+3} + ... + Y_i^{t+13} \le 1 \qquad 0<t\le 118,\ \forall_i \qquad (3)$$

3) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ ผลรวมของการใช้บ่อดองแต่ละบ่อไม่เกิน 3 ครั้งต่อรอบการดองในแต่ละปี (เพื่อเฉลี่ยให้แต่ละบ่อถูกใช้เท่าๆ กัน) เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\sum_i Y_i^t \le F \qquad \forall_i \qquad (4)$$

4) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับการตัดสินใจว่าจะทำการดองหรือไม่ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$MB^t \ge \frac{X^t}{E} \qquad \forall_t \qquad (5)$$

5) เงื่อนไขของตัวแปรตัดสินใจมีดังต่อไปนี้

5.1) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ การเลือกใช้บ่อดองที่ i ในวันที่ t โดยจะเลือกหรือไม่ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$Y_i^t \in \{0,1\} \qquad \forall_{i,t} \qquad (6)$$

5.2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ การเลือกที่จะจ่ายค่าแรงพนักงานตรวจสอบคุณภาพในวันที่ t โดยจะเลือกหรือไม่ เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$B^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (7)$$

4.2.7 Mathematical Model

$$Min \sum_t \sum_i C_{1i} Y_i^t + \sum_t C_2 X^t + \sum_t C_3 B^t \qquad (1)$$

Subject to:

$$\sum_i Y_i^t = \frac{X^t}{E} \qquad \forall_t \qquad (2)$$

$$Y_i^{t+1} + Y_i^{t+2} + Y_i^{t+3} + \ldots + Y_i^{t+13} \le 1 \qquad 0<t\le 118,\ \forall_i \qquad (3)$$

$$\sum_t Y_i^t \le F \qquad \forall_i \qquad (4)$$

$$MB^t \ge \frac{X^t}{E} \qquad \forall_t \qquad (5)$$

$$Y_i^t \in \{0,1\} \qquad \forall_{i,t} \qquad (6)$$

$$B^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (7)$$

4.3 ตัวอย่างการคำนวณ (An illustrative example)

4.3.1 ข้อมูลนำเข้า (Input data)

1) Indices

i : 1, 2, 3, ..., 88 บ่อ

t : 1, 2, 3, ..., 131 วัน

(เนื่องจากเพื่อให้ Model นั้นสามารถ run ได้ จึงต้องใช้จำนวน 131 วัน เพื่อให้ Model นั้นผ่านเงื่อนไขเกี่ยวกับบ่อดองที่ถูกเลือกในวันที่ t = 118 ต้องไม่เลือกซ้ำอีกในวันที่ t+1, t+2, t+3, ... , t+13 คือ ต้องไม่เลือกซ้ำอีกในวันที่ t = 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131)

2) Parameters

ค่า Parameters ในการเลือกบ่อดองประกอบด้วย 6 รายการดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่า Parameter

No.	Parameter	Value
1	X'	ในตาราง 4.2
2	C_{1i}	ในตาราง 4.3
3	C_2	0.00015 บาท/ตัน
4	C_3	308 บาท/วัน
5	E	30 ตัน/บ่อ
6	F	3 ครั้ง/รอบการดองในแต่ละปี
7	M	1,000

ปริมาณขิงสดที่จะทำการดอง(X') โดยเริ่มต้นวันที่ 1 ในวันที่ 25 กรกฎาคม 2550 โดยสิ้นสุดวันที่ 131 ในวันที่ 03 ธันวาคม 2550 ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงปริมาณขิงสดที่ทำการดอง

t	X^t	t	X^t	t	X^t	t	X^t	t	X^t
1	30	27	120	53	30	79	0	105	0
2	30	28	180	54	0	80	30	106	0
3	30	29	180	55	60	81	0	107	0
4	60	30	180	56	30	82	0	108	0
5	0	31	210	57	30	83	30	109	0
6	0	32	180	58	30	84	30	110	30
7	90	33	180	59	60	85	0	111	0
8	90	34	180	60	60	86	30	112	0
9	120	35	180	61	0	87	0	113	0
10	90	36	120	62	60	88	0	114	0
11	120	37	90	63	30	89	0	115	0
12	90	38	180	64	0	90	60	116	30
13	60	39	150	65	30	91	0	117	0
14	60	40	150	66	90	92	60	118	30
15	60	41	180	67	30	93	30	119	0
16	120	42	150	68	0	94	30	120	0
17	120	43	120	69	0	95	0	121	0
18	90	44	90	70	0	96	0	122	0
19	90	45	90	71	0	97	30	123	0
20	90	46	90	72	0	98	30	124	0

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ตารางแสดงปริมาณขิงสดที่ทำการดอง

t	X'	t	X'	t	X'	t	X'	t	X'
21	60	47	0	73	0	99	30	125	0
22	120	48	30	74	0	100	0	126	0
23	120	49	0	75	0	101	30	127	0
24	150	50	0	76	30	102	30	128	0
25	150	51	30	77	0	103	0	129	0
26	120	52	0	78	30	104	0	130	0
								131	0

ค่าใช้จ่ายในการเลือกบ่อดองทั้งหมด 88 บ่อ พิจารณาจากระยะทางความใกล้ไกลของบ่อดองจากจุดที่รับขิงสดโดยค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตามระยะทาง ดังแสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการเลือกบ่อดอง

บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}
1	1.00	23	1.22	45	1.44	67	1.66
2	1.01	24	1.23	46	1.45	68	1.67
3	1.02	25	1.24	47	1.46	69	1.68
4	1.03	26	1.25	48	1.47	70	1.69
5	1.04	27	1.26	49	1.48	71	1.70
6	1.05	28	1.27	50	1.49	72	1.71
7	1.06	29	1.28	51	1.50	73	1.72
8	1.07	30	1.29	52	1.51	74	1.73
9	1.08	31	1.30	53	1.52	75	1.74

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการเลือกบ่อดอง

บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}	บ่อที่	C_{1i}
10	1.09	32	1.31	54	1.53	76	1.75
11	1.10	33	1.32	55	1.54	77	1.76
12	1.11	34	1.33	56	1.55	78	1.77
13	1.12	35	1.34	57	1.56	79	1.78
14	1.13	36	1.35	58	1.57	80	1.79
15	1.14	37	1.36	59	1.58	81	1.80
16	1.15	38	1.37	60	1.59	82	1.81
17	1.16	39	1.38	61	1.60	83	1.82
18	1.17	40	1.39	62	1.61	84	1.83
19	1.18	41	1.40	63	1.62	85	1.84
20	1.19	42	1.41	64	1.63	86	1.85
21	1.20	43	1.42	65	1.64	87	1.86
22	1.21	44	1.43	66	1.65	88	1.87

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$Min \sum_{t=1}^{131} \sum_{i=1}^{88} C_{1i} Y_t^i + \sum_{t=1}^{131} (0.00015) X^t + \sum_{t=1}^{131} (308) B^t \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{88} Y_i^t = \frac{X^t}{30} \qquad \forall_t \quad (2)$$

$$Y_i^{t+1} + Y_i^{t+2} + Y_i^{t+3} + \ldots + Y_i^{t+13} \leq 1 \qquad 0 < t \leq 118,\ \forall_i \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^{131} Y_i^t \leq 3 \qquad \forall_i \quad (4)$$

$$MB^t \geq \frac{X^t}{30} \qquad \forall_t \quad (5)$$

$$Y_i^t \in \{0,1\} \qquad \forall_{i,t} \qquad (6)$$

$$B^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (7)$$

4.3.2 ผลลัพธ์ (optimal solutions)

เมื่อสร้าง Model สำหรับการจัดขิงสดลงบ่อดองเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการเขียน Model โดยใช้ภาษา AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) แล้วใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 run หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) ทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายรวมในการวางแผนการใช้บ่อดองในระยะเวลา 131 วัน มีค่าเท่ากับ 23,697.4 บาท โดยแสดงดังรูปที่ 4.6 (ตารางผลลัพธ์แสดงในภาคผนวก)

```
Times (seconds):
Input =  0.187
Solve =  1.625
Output = 0.047
CPLEX 11.1.0: optimal integer solution within mipgap or absmipgap; objective 23697.418
4255 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
absmipgap = 0.73, relmipgap = 3.0805e-05
_solve_time = 1.90625

Total_cost = 23697.4
```

รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ของการจัดขิงสดลงบ่อดองจากโปรแกรม CPLEX V.11.1.0

4.4 การวิเคราะห์ผล

4.4.1 Model validation

คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 ในการหาคำตอบเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ จึงนำคำตอบดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ผล

จากการประมวนผลคำตอบที่ได้จะเห็นได้ว่า ผลรวมของบ่อดองที่เลือกในแต่ละวัน (Y^t) ต้องเท่ากับ ขิงสดที่จะดองในวันนั้น (X^t) หารกับความจุของบ่อดอง (E) เช่นในวันที่ 4 มีปริมาณขิงสดที่จะทำการดองเท่ากับ 60 ตัน เมื่อหารกับความจุของบ่อดองได้เท่ากับ 2 ดังนั้นจึงตัดสินใจเลือกบ่อดองที่จะทำการดองเพียง 2 บ่อ , ในวันที่ 5 มีปริมาณขิงสดที่จะทำการดองเท่ากับ 0 ตัน ดังนั้น จึงทำให้ไม่มีการเลือกบ่อดอง เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงตัวอย่างเพียง 5 วัน

ตารางที่ 4.4 validations 1 (แสดงตัวอย่างเพียง 5 วัน)

t	$\sum_{i=1}^{88} Y_i^t$	X^t / E
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	2	2
5	0	0

และค่า B^t ต้องเท่ากับ 1 ในวันที่มีขิงสดเข้ามาทำการดอง เช่น วันที่ 4 มีปริมาณขิงสดที่จะทำการดองเท่ากับ 60 ตัน ดังนั้น ค่า B^t จึงเท่ากับ 1 ส่วนวันที่ 5 ไม่มีปริมาณขิงสดที่จะทำการดอง ดังนั้น ค่า B^t จึงเท่ากับ 0 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 validations 2

t	X^t	B^t
1	30	1
2	30	1
3	30	1
4	60	1
5	0	0

4.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)

เพื่อทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หลังจากการคำนวณจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว เนื่องจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เราหาได้นั้น เป็นคำตอบที่เกิดจากการที่เราสมมุติค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดคงที่ ซึ่งในชีวิตจริงค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นอาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอ

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ค่าใช้จ่ายในการจัดขิงสดลงบ่อดองใน 1 รอบการดองมีค่าเท่า 23,697.4

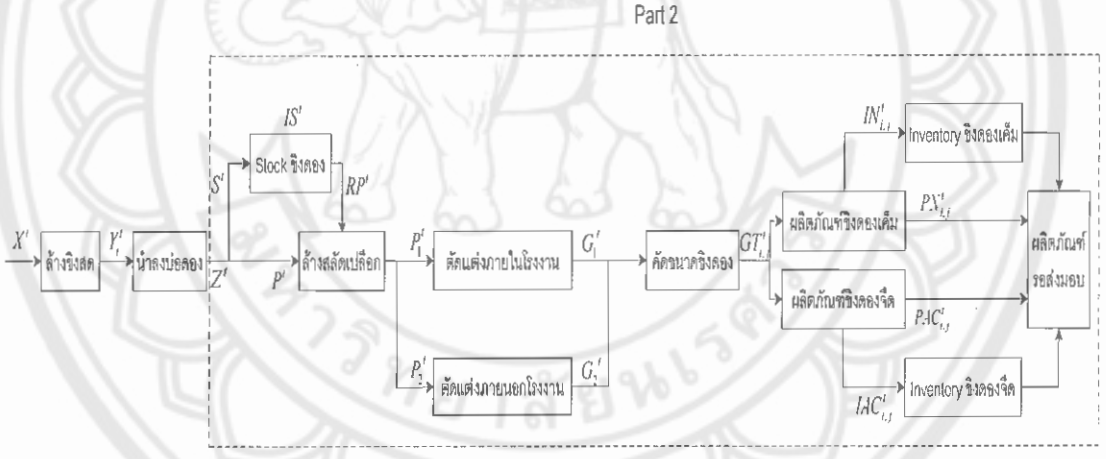
บาท/ปี และเมื่อเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective function) ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำการเพิ่มค่าขนขิงสดลงบ่อดอง (C_2) บาท/ตัน ขึ้น 20 % จากการประมวลผลพบว่าค่าใช้จ่ายในการจัดขิงสดลงบ่อดองใน 1 รอบการดองเพิ่มขึ้นเป็น 28,379 บาท/ปี หลังจากนั้นทำการลดค่าขนขิงสดลงบ่อดอง (C_2) บาท/ตัน ลง 20 % ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดขิงสดลงบ่อดองใน 1 รอบการดองลดลงเหลือ 19015.8 บาท/ปี ซึ่งจะเห็นว่าค่าขนขิงสดลงบ่อดอง (C_2) แปรผันตรงต่อค่าใช้จ่ายในการจัดขิงสดลงบ่อดองใน 1 รอบการดอง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความไว part 1

ค่าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ C_2 (บาท/ตัน)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
ลดลง 20% เท่ากับ 0.00004	19,015.8 (ลดลง 19.75%)
ปกติ เท่ากับ 0.00005	23,697.4
เพิ่มขึ้น 20% เท่ากับ 0.00006	28,379.0 (เพิ่มขึ้น 19.75%)

Part 2: การผลิตขิงดอง

ในส่วนของ Part 2 นี้ เป็นการผลิตขิงดองโดยเริ่มจากปริมาณขิงดองที่ออกจากบ่อในวันที่ t (Z^t)แล้วทำการตัดสินใจว่าจะผลิต(P^t)เท่าไร และจะทำการ stock ขิงดองใส่ลัง(S^t) เท่าไร ทำให้ทราบจำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ (IS^t) ในวันที่ t จากนั้นนำ (P^t) รวมกับจำนวนขิงดองที่จะนำออกมาจาก stock มาตัดแต่ง(RP^t) แล้วทำการเลือกว่าจะเลือกว่าจะตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน (P_1^t) เท่าไร หรือจะตัดแต่งขิงดองภายนอก (P_2^t) เท่าไรและเมื่อขิงดองที่ตัดแต่งแล้วภายในโรงงาน (G_1^t) กับขิงดองที่ตัดแต่งแล้วภายนอกโรงงาน (G_2^t) นำมาคัดขนาดได้เป็น ($GT_{i,j}^t$) แล้วนำ ($GT_{i,j}^t$) ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็ม ($PN_{i,j}^t$) และผลิตภัณฑ์ขิงดองจืด ($PAC_{i,j}^t$) โดยผลิตภัณฑ์ขิงดองที่ได้จะสอบสนองตาม order ลูกค้า ($ON_{i,j}^t$ และ $OAC_{i,j}^t$) ส่วนที่เหลือจะไปอยู่ในส่วนของ Inventory ($IN_{i,j}^t$ และ $IAC_{i,j}^t$) ซึ่งตัวแปรต่างๆ และขอบเขตของ part 2 แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ขอบเขตของ part 2

4.2 **แบบจำลองทางคณิตสาสตร์** (Mathematical model)

4.2.1 ข้อกำหนด

1) น้ำหนักสุทธิของขิงดองหลังบรรจุกล่องเท่ากับ 45 กิโลกรัม
2) ความสามารถในการผลิตในโรงงานเท่ากับ 150 ลัง/วัน
3) ความสามารถในการผลิตนอกโรงงานเท่ากับ 200 ลัง/วัน
4) ขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งในโรงงานน้ำหนักจะหายไป 25 %
5) ขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งนอกโรงงานน้ำหนักจะหายไป 30 %

6) ผลิตภัณฑ์ขิงดองมี 2 ชนิด คือ ดองเค็ม, ดองจืด

7) ผลิตภัณฑ์ขิงดองมี 8 ขนาด L = ขิงดองขนาด L, M = ขิงดองขนาด M, S = ขิงดองขนาด S, SS = ขิงดองขนาด SS, SSS = ขิงดองขนาด SSS, SSSS = ขิงดองขนาด SSSS, SSK = ขิงแก่, OS= ขิงดองสีคล้ำ

8) ผลิตภัณฑ์ขิงดองมี 3 ประเภท ขิงอ่อน, ขิงกลาง, ขิงแก่

9) ในการบรรจุขิงดองต้องใช้ถุงขาวราคาถุงละ 7 บาท และถุงดำราคาถุงละ 5 บาท

10) ค่าแรงพนักงานตรวจสอบคุณภาพวันละ 154 บาท/คน (4คน)

4.2.2 ข้อสมมุติ

1) ปริมาณขิงดองที่จะผลิต(ขิงดองที่ออกจากบ่อดอง)ในแต่ละวันกำหนดดังตารางที่ 4.5

2) ไม่คิดค่าใช้จ่ายโสหุ้ย (ค่าน้ำค่าไฟ)

3) จำนวนวันที่ทำการผลิตทั้งหมด 30 วัน โดยไม่มีวันหยุด

4) ปริมาณของ Inventory ของขิงดองเค็ม ทุกชนิดและทุกขนาดมีค่าเท่ากับ 0 ในวันที่ t=0

5) ปริมาณของ Inventory ของขิงดองจืด ทุกชนิดและทุกขนาดมีค่าเท่ากับ 0 ในวันที่ t=0

4.2.3 Notations

Indices

i = ชนิดขิง

j = ขนาดขิง

t = วัน

Parameters

$A_{i,j}$ = % ของขิงดองชนิดที่ i ขนาดที่ j เทียบจากปริมาณขิงดองที่ตัดแต่งแล้ว

C_1 = ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองขึ้นจากบ่อ (บาท/กิโลกรัม)

C_2 = ค่าใช้จ่ายในการส่งขิงดองสำหรับการผลิตภายในโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)

C_3 = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองสำหรับการตัดแต่งภายนอกโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)

C_4 = ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)

C_5 = ค่าใช้จ่ายในการดัดแต่งขิงดองภายนอกโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)

C_6 = ค่าใช้จ่ายในการ Stock ขิงดองใส่ลัง (บาท/ลัง)

C_7 = ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองที่ Stock ไว้มาผลิต (บาท/ลัง)

C_8 = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาขิงดองที่ stock ใส่ลังไว้ (บาท/ลัง/วัน)

C_9 = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขิงดอง (บาท/ลัง/วัน)

C_{10} = ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพและคัดขนาดขิงดอง (บาท/วัน)

C_{11} = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองไปผลิตนอกโรงงาน (บาท/วัน)

C_{12} = ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็ม (บาท/ลัง)

C_{13} = ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขิงดองจืด (บาท/ลัง)

$ON^t_{i,j}$ = Order ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t (ลัง)

$OAC^t_{i,j}$ = Order ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t (ลัง)

U_1 = น้ำหนักขิงดองบรรจุต่อลัง (กิโลกรัม)

U_2 = ตัวแปรเทียม (Artificial Variable)

U_3 = ความสามารถของการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน (กิโลกรัม)

U_4 = ความสามารถของการตัดแต่งขิงดองภายนอกโรงงาน (กิโลกรัม)

U_5 = น้ำหนักขิงดองที่หายไปจากการตัดแต่งภายในโรงงาน %

U_6 = น้ำหนักขิงดองที่หายไปจากการตัดแต่งภายนอกโรงงาน %

Z^t = ปริมาณขิงดองที่ออกจากบ่อในวันที่ t (กิโลกรัม)

Decision Variables

G_1^t = จำนวนขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว จากภายในโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

G_2^t = จำนวนขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว จากภายนอกโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

$GT^t_{i,j}$ = จำนวนขิงดองที่ผ่านการคัดแล้วชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (กิโลกรัม)

$IN^t_{i,j}$ = จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

$IAC^t_{i,j}$ = จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

IS^t = จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t (กิโลกรัม)

L^t = 1 ถ้ามีการผลิตขิงดองในวันที่ t ไม่เช่นนั้นเป็น 0

P^t = จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดอง เพื่อนำมาตัดแต่งในวันที่ t (กิโลกรัม)

P_1^t = จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดอง เพื่อนำมาตัดแต่งในโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

P_2^t = จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดอง เพื่อนำมาตัดแต่งนอกโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

$PN^t_{i,j}$ = จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

$PAC^{t}_{i,j}$ = จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

RP^{t} = จำนวนขิงดองที่จะนำออกมาจาก stock มาตัดแต่งในวันที่ t (กิโลกรัม)

S^{t} = จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดองที่จะ stock ในวันที่ t (กิโลกรัม)

T^{t} = 1 ถ้ามีการผลิตภายนอกโรงงานในวันที่ t ไม่เช่นนั้นเป็น 0

4.2.4 Verbal model

สมการเป้าหมายเป็นการวางแผนการผลิต โดยจะเลือกผลิตขิงดองวันละเท่าไร , จะ stock ขิงดองวันละเท่าไร, ปริมาณขิงดองที่ตัดแต่งภายในและภายนอกโรงงานจำนวนเท่าไร, จะผลิตขิงดองแต่ละชนิด แต่ละขนาดวันละเท่าไร ให้ตรงตาม Order ที่สั่ง โดยมีการคำนึงถึง Inventory ด้วย เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด และให้การผลิตเป็นไปตามข้อกำหนด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังต่อไปนี้

Minimize:

[ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองขึ้นจากบ่อดอง+ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองสำหรับผลิตในโรงงาน+ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองสำหรับผลิตนอกโรงงาน + ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน + ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงดองภายนอกโรงงาน + ค่าใช้จ่ายในการ Stock ขิงดอง + ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองที่ Stock ไว้มาผลิต + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาขิงดองที่ stock ไว้+ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขิงดอง+ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพและคัดขนาดขิงดอง + ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองไปผลิตนอกโรงงาน + ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็ม + ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ดองจืด]

Subject to:

ข้อจำกัดเกี่ยวกับ Order ของขิงดองแต่ละวัน

ข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน

ข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการตัดแต่งขิงดองภายนอกโรงงาน

ข้อจำกัดเกี่ยวกับขิงดองที่จะผลิต(ขิงดองที่ออกจากบ่อ)

4.2.5 Objective function

สมการเป้าหมายเป็นผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในรอบการผลิต 365 วัน (บาท/ปี) ประกอบไปด้วย 13 ส่วน

1) ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองขึ้นจากบ่อ คำนวณได้จากผลรวมของขิงดองที่จะผลิตในวันที่ t คูณกับค่าใช้จ่ายในการล้างและลำเลียงขิงดอง (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_{t} C_1 P^{t}$

2) ค่าใช้จ่ายในการลำเลียงขิงดองสำหรับผลิตในโรงงาน คำนวณได้จากผลรวมของขิงดองที่จะผลิตในโรงงาน คูณกับค่าในการขนขิงดองส่งภายในโรงงาน (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_t C_2 P_1^t$

3) ค่าใช้จ่ายในการลำเลียงขิงดองสำหรับตัดแต่งภายนอกโรงงาน คำนวณได้จากผลรวมของขิงดองที่จะผลิตนอกโรงงาน คูณกับค่าขนส่งขิงดองนอกโรงงาน (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_t C_3 P_2^t$

4) ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน คำนวณได้จากผลรวมของขิงดอง ที่ตัดแต่งในโรงงานในวันที่ t คูณกับค่าตัดแต่งขิงดอง (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_t C_4 G_1^t$

5) ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงดองภายนอกโรงงาน คำนวณได้จากผลรวมของขิงดอง ที่ตัดแต่งนอกโรงงานในวันที่ t คูณกับค่าตัดแต่งขิงดอง (บาท/กิโลกรัม) = $\sum_t C_5 G_2^t$

6) ค่าใช้จ่ายในการ Stock ขิงดองใส่ลังไม้ คำนวณได้จากจำนวนขิงดองที่จะ stock ในวันที่ t หาร 45 (แปลงหน่วยให้เป็นลัง) คูณกับค่าลัง, ค่าถุง, ค่าน้ำดอง (บาท/ลัง) = $\sum_t C_6 \left(\frac{S^t}{U_1} \right)$

7) ค่าใช้จ่ายในการนำขิงดองที่ Stock ไว้ในลังไม้มาผลิต คำนวณได้จากผลรวมของขิงดองที่จะนำมาผลิตในวันที่ t คูณกับค่าขนและค่านำขิงดองออกจากลัง (บาท/ลัง) = $\sum_t C_7 \left(\frac{RP^t}{U_1} \right)$

8) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาขิงดองที่ stock ไว้ในลังไม้ คำนวณได้จากผลรวมของขิงดองที่ stock ไว้ในลังไม้ในวันที่ t คูณค่าเก็บค่าเก็บรักษาขิงดองต่อลังต่อวัน (บาท) = $\sum_t C_8 \left(\frac{IS^t}{U_1} \right)$

9) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขิงดอง คำนวณได้จากผลรวมของจำนวนลังของผลิตภัณฑ์ขิงดองที่อยู่ในคลังในวันที่ t ชนิดที่ i ขนาดที่ j คูณค่าเก็บรักษาขิงดองต่อลังต่อวัน (บาท) = $\sum_t \sum_i \sum_j C_9 \left(IN_{i,j}^t + IAC_{i,j}^t \right)$

10) ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพและคัดขนาดขิงดอง คำนวณได้จากวันที่มีการผลิตคูณกับค่าตรวจสอบคุณภาพและคัดขนาดขิงดอง (บาท) = $\sum_t C_{10} L^t$

11) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงดองไปตัดแต่งภายนอกโรงงาน คำนวณได้จากวันที่มีการตัดแต่งภายนอกโรงงานคูณกับค่าขนส่งขิงดองนอกโรงงาน (บาท) = $\sum_t C_{11}T^t$

12) ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็ม คำนวณได้จากผลรวมของผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มในวันที่ t ชนิดที่ i ขนาดที่ j คูณกับค่าลัง, ค่าถุง, น้ำดองเค็ม, ค่าชั่ง, และบรรจุ (บาท) = $\sum_t \sum_i \sum_j C_{12}PN^t_{i,j}$

13) ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ขิงดองจืด คำนวณได้จากผลรวมของผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดในวันที่ t ชนิดที่ i ขนาดที่ j คูณกับค่าลัง, ค่าถุง, น้ำดองจืด, ค่าชั่ง, และบรรจุ (บาท) = $\sum_t \sum_i \sum_j C_{13}PAC^t_{i,j}$

เพื่อหาแผนในการผลิตขิงดองที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้ง 13 ส่วนต่ำที่สุดโดยทำการสร้างแบบจำลองโปรแกรมผสมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Mixed Integer Linear Programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังแสดงในสมการที่ 8 สมการเงื่อนไขต่างๆ (constraints) ดังแสดงในสมการที่ 9-42

$$Min \sum_t C_1P^t + \sum_t C_2P_1^t + \sum_t C_3P_2^t + \sum_t C_4G_1^t + \sum_t C_5G_2^t + \sum_t C_6\left(\frac{S^t}{U_1}\right)$$
$$+\sum_t C_7\left(\frac{RP^t}{U_1}\right) + \sum_t C_8\left(\frac{IS^t}{U_1}\right) + \sum_t \sum_i \sum_j C_9\left(IN^t_{i,j} + IAC^t_{i,j}\right) + \sum_t C_{10}L^t \qquad (8)$$
$$+\sum_t C_{11}T^t + \sum_t \sum_i \sum_j C_{12}PN^t_{i,j} + \sum_t \sum_i \sum_j C_{13}PAC^t_{i,j}$$

4.2.6 Constraints

1) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่ออกจากบ่อในวันที่ t ต้องเท่ากับจำนวนขิงดองที่จะผลิตในวันที่ t รวมกับขิงดองที่จะ stock ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$P^t + S^t = Z^t \qquad \forall_t \qquad (9)$$

2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่จะตัดแต่งรวมทั้งในและนอกโรงงานในวันที่ t ต้องเท่ากับจำนวนขิงดองที่จะทำการผลิตในวันที่ t บวกกับ จำนวนขิงดองที่นำกลับมาผลิตในวันที่ t (จากที่ stock ไว้ในลังไม้) เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$P^t + RP^t = P_1^t + P_2^t \qquad \forall_t \qquad (10)$$

3) จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้

3.1) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t ต้องเท่ากับจำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t-1 บวกกับจำนวนขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t แล้วลบกับจำนวนขิงดองที่จะนำออกมาจาก stock มาตัดแต่งในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IS^t = IS^{t-1} + S^t - RP^t \qquad \forall_t \qquad (11)$$

3.2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t = 0 เท่ากับ 0 เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IS^t = 0 \qquad \text{for } t = 0 \qquad (12)$$

4) ความสามารถในการตัดแต่งขิงดอง

4.1) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่จะผลิตในวันที่ t ต้องน้อยกว่าเท่ากับความสามารถในการผลิตรวมคูณกับการตัดสินใจผลิตในโรงงานในวันที่ tเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$P^t + RP^t \le U_2 L^t \qquad \forall_t \qquad (13)$$

4.2) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่จะตัดแต่งภายในโรงงานในวันที่ t ต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตในโรงงานได้เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$P_1^t \le U_3 \qquad \forall_t \qquad (14)$$

4.3) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่จะตัดแต่งภายนอกโรงงานในวันที่ t ต้องน้อยกว่าเท่ากับความสามารถในการผลิตนอกโรงงานคูณกับการตัดสินใจผลิตนอกโรงงานในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$P_2^t \le U_4 T^t \qquad \forall_t \qquad (15)$$

4.4) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ ขิงดองที่ตัดแต่งแล้วภายในโรงงานในวันที่ t เท่ากับขิงดองที่ผลิตในโรงงานในวันที่ t คูณกับสัดส่วนของการการตัดแต่งในโรงงานเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$G_1^t = U_5 P_1^t \qquad \forall_t \qquad (16)$$

4.5) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ ขิงดองที่ตัดแต่งแล้วนอกโรงงานในวันที่ t เท่ากับขิงดองที่ผลิตนอกโรงงานในวันที่ t คูณกับสัดส่วนของการตัดแต่งขิงดองนอกโรงงานเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$G_2^t = U_6 P_2^t \qquad \forall_t \qquad (17)$$

5) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนขิงดองที่ผ่านการคัดแล้วชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t เท่ากับจำนวนขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว ภายในโรงงานในวันที่ t รวมกับจำนวนขิงดองที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว นอกโรงงานในวันที่ t คูณกับสัดส่วนของขิงดองชนิดที่ i ขนาดที่ j เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$GT_{i,j}^t = A_{i,j}\left(G_1^t + G_2^t\right) \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (18)$$

6) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ต้องไม่เกินจำนวนขิงดองที่ผ่านการคัดแล้วชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t หารสัดส่วนลังเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$PN_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (19)$$

7) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ต้องไม่เกินจำนวนขิงดองที่ผ่านการคัดแล้วชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t หารสัดส่วนลังเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$PAC_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (20)$$

8) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ ผลรวมของผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t กับผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ต้องเท่ากับจำนวนขิงดองที่ผ่านการคัดแล้วชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t หารสัดส่วนลังเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$PN_{i,j}^t + PAC_{i,j}^t = \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (21)$$

9) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ order ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$PN_{i,j}^{t} \geq ON_{i,j}^{t} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (22)$$

10) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ order ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$PAC_{i,j}^{t} \geq OAC_{i,j}^{t} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (23)$$

11) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t เท่ากับจำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t-1 รวมกับจำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ลบ order ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IN_{i,j}^{t} = IN_{i,j}^{t-1} + PN_{i,j}^{t} - ON_{i,j}^{t} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (24)$$

12) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t เท่ากับจำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t-1 รวมกับจำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ลบ order ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IAC_{i,j}^{t} = IAC_{i,j}^{t-1} + PAC_{i,j}^{t} - OAC_{i,j}^{t} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (25)$$

13) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t = 0 เท่ากับ 0 เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IN_{i,j}^{t} = 0 \qquad \text{for } t=0 \; \forall_{i,j} \qquad (26)$$

14) สมการเงื่อนไขเกี่ยวกับ จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t=0 เท่ากับ 0เขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$IAC_{i,j}^{t} = 0 \qquad \text{for } t=0 \; \forall_{i,j} \qquad (27)$$

15) เงื่อนไขของตัวแปรตัดสินใจมีดังต่อไปนี้

15.1) ตัวแปรที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

$$P^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (28)$$

$$P_1^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (29)$$

$$P_2^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (30)$$

$$S^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (31)$$

$$RP^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (32)$$

$$G_1^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (33)$$

$$G_2^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (34)$$

$$GT_{i,j}^t \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (35)$$

$$PN_{i,j}^t \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (36)$$

$$PAC_{i,j}^t \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (37)$$

$$IN_{i,j}^t \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (38)$$

$$IAC_{i,j}^t \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (39)$$

$$IS^t \geq 0 \qquad \forall_t \qquad (40)$$

15.2) ตัวแปร Binary

$$L^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (41)$$

$$T^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (42)$$

4.2.7 Mathematical Model

$$\begin{aligned} Min & \sum_t C_1 P^t + \sum_t C_2 P_1^t + \sum_t C_3 P_2^t + \sum_t C_4 G_1^t + \sum_t C_5 G_2^t + \sum_t C_6 \left(\frac{S^t}{U_1} \right) \\ & + \sum_t C_7 \left(\frac{RP^t}{U_1} \right) + \sum_t C_8 \left(\frac{IS^t}{U_1} \right) + \sum_t \sum_i \sum_j C_9 \left(IN_{i,j}^t + IAC_{i,j}^t \right) + \sum_t C_{10} L^t \\ & + \sum_t C_{11} T^t + \sum_t \sum_i \sum_j C_{12} PN_{i,j}^t + \sum_t \sum_i \sum_j C_{13} PAC_{i,j}^t \end{aligned} \qquad (8)$$

Subject to:

$$P^t + S^t = Z^t \qquad \forall_t \qquad (9)$$

$$P^t + RP^t = P_1^t + P_2^t \qquad \forall_t \qquad (10)$$

$$IS^t = IS^{t-1} + S^t - RP^t \qquad \forall_t \qquad (11)$$

$$IS^t = 0 \qquad \text{for } t = 0 \qquad (12)$$

$$P^t + RP^t \le U_2 L^t \qquad \forall_t \qquad (13)$$

$$P_1^t \le U_3 \qquad \forall_t \qquad (14)$$

$$P_2^t \le U_4 T^t \qquad \forall_t \qquad (15)$$

$$G_1^t = U_5 P_1^t \qquad \forall_t \qquad (16)$$

$$G_2^t = U_6 P_2^t \qquad \forall_t \qquad (17)$$

$$GT_{i,j}^t = A_{i,j}\left(G_1^t + G_2^t\right) \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (18)$$

$$PN_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (19)$$

$$PAC_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (20)$$

$$PN_{i,j}^t + PAC_{i,j}^t = \frac{GT_{i,j}^t}{U_1} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (21)$$

$$PN_{i,j}^t \ge ON_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (22)$$

$$PAC_{i,j}^t \ge OAC_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (23)$$

$$IN_{i,j}^t = IN_{i,j}^{t-1} + PN_{i,j}^t - ON_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (24)$$

$$IAC_{i,j}^t = IAC_{i,j}^{t-1} + PAC_{i,j}^t - OAC_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (25)$$

$$IN_{i,j}^t = 0 \qquad \text{for } t=1,\ \forall_{i,j} \qquad (26)$$

$$IAC_{i,j}^t = 0 \qquad \text{for } t=1,\ \forall_{i,j} \qquad (27)$$

$$P^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (28)$$

$$P_1^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (29)$$

$$P_2^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (30)$$

$$S^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (31)$$

$$RP^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (32)$$

$$G_1^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (33)$$

$$G_2^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (34)$$

$$GT_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (35)$$

$$PN_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (36)$$

$$PAC_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (37)$$

$$IN_{i,j}^{t} \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (38)$$

$$IAC_{i,j}^{t} \geq 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (39)$$

$$IS^{t} \geq 0 \qquad \forall_{t} \qquad (40)$$

$$L^{t} \in \{0,1\} \qquad \forall_{t} \qquad (41)$$

$$T^{t} \in \{0,1\} \qquad \forall_{t} \qquad (42)$$

4.3 **ตัวอย่างการคำนวณ** (An illustrative example)

4.3.1 **ข้อมูลนำเข้า** (Input data)

1) Indices

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ Model ในการวางแผนผลิตจำนวนวันถูกกำหนดให้เป็น 30 วัน ดังนี้

t :1, 2, 3, ..., 30วัน

ส่วน Indices ตัวอื่นๆ ยังคงเท่าเดิม

i :1 = ขิงชนิดอ่อน(G) 2 = ขิงชนิดกลาง(H) 3 = ขิงชนิดแก่(K)

j :1 = ขิงขนาด L 2 = ขิงขนาด M 3 = ขิงขนาด S

4 = ขิงขนาด SS 5 = ขิงขนาด SSS 6 = ขิงขนาด SSSS

7 = ขิงขนาด SSK 8 = ขิงขนาด OS

2) Parameters

ค่า Parameters ในการวางแผนการผลิตขิงดองประกอบด้วย 6 รายการดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่า Parameters

No.	Parameter	Value
1	Z^{t}	ในตาราง 4.5
2	$A_{i,j}$	ในตาราง 4.6
3	$C_1, C_2, C_3, ..., C_{13}$	ในตาราง 4.7
4	$ON_{i,j}^{t}$	ในตาราง 4.8
5	$OAC_{i,j}^{t}$	ในตาราง 4.9
6	$U_1, U_2, U_3, ..., U_6$	ในตาราง 4.10

ปริมาณขิงดองที่ออกจากบ่อ (Z^t) ทั้งหมด 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าปริมาณขิงดองที่ออกจากบ่อ

วันที่ t	Z^t (กิโลกรัม)	วันที่ t	Z^t (กิโลกรัม)
0	0	16	20,000
1	13,000	17	15,000
2	15,000	18	0
3	20,000	19	15,000
4	20,000	20	20,000
5	25,000	21	20,000
6	25,000	22	0
7	22,000	23	20,000
8	28,000	24	20,000
9	15,000	25	20,000
10	15,000	26	0
11	20,000	27	0
12	20,000	28	10,000
13	0	29	0
14	25,000	30	10,000
15	20,000		

% ของขิงดอง ($A_{i,j}$) แต่ละชนิด, แต่ละขนาด โดยแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่า % ของขิงดอง ($A_{i,j}$) แต่ละชนิด, แต่ละขนาด

ชนิดขิง	ขนาดขิง							
	L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
G	7.65 %	7.81 %	8.32 %	12.48 %	6.6 %	1.59 %	8.74 %	2.54 %
H	8.97 %	9.85 %	10.05 %	10.16 %	1.76 %	0 %	0.01 %	0.01 %
K	1.66 %	1.5 %	1.43 %	0.07 %	0 %	0 %	0 %	0 %

ต้นทุนต่างๆ ในการผลิตขิงดอง ($C_1, C_2, C_3, ..., C_{13}$) ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงค่าต้นทุนต่างๆ

Parameter	รายการ	จำนวน	หน่วย
C_1	ค่าใช้จ่ายในการนำขิงขึ้นจากบ่อ	1.07	บาท/กิโลกรัม
C_2	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสำหรับการผลิตในโรงงาน	0.07	บาท/กิโลกรัม
C_3	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสำหรับการผลิตนอกโรงงาน	0.1	บาท/กิโลกรัม
C_4	ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงภายในโรงงาน	1.25	บาท/กิโลกรัม
C_5	ค่าใช้จ่ายในการตัดแต่งขิงนอกโรงงาน	1.25	บาท/กิโลกรัม
C_6	ค่าใช้จ่ายในการ Stock ขิง	86.2	บาท/ลัง
C_7	ค่าใช้จ่ายในการนำขิงที่ Stock ไว้มาผลิต	7.2	บาท/ลัง
C_8	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาขิงที่ stock ไว้	0.1	บาท/ลัง/วัน
C_9	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์	0.2	บาท/ลัง/วัน
C_{10}	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพและคัดขนาด	2,800	บาท/วัน
C_{11}	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งขิงไปผลิตนอกโรงงาน	954	บาท/วัน
C_{12}	ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ดองเค็ม	171.075	บาท/ลัง
C_{13}	ค่าใช้จ่ายในการบรรจุผลิตภัณฑ์ดองจืด	211.925	บาท/ลัง

Order ขิงดองเค็ม ชนิดที่ i ขนาดที่ j และวันที่ t ($ON^{t}_{i,j}$) โดยแสดงในตารางที่ 4.11 (แสดงตัวอย่าง เพียง 5 วัน ส่วนที่เหลือแสดงในภาคผนวก)

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงตัว อย่าง order ขิงดองเค็ม (ลัง)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
1	G	15	10	10	20	5	2	10	3
	H	10	15	20	10	1	0	0	0
	K	2	2	1	0	0	0	0	0
2	G	10	5	15	20	8	2	10	2
	H	15	10	20	10	2	0	0	0
	K	2	1	1	0	0	0	0	0
3	G	15	20	10	20	10	2	10	4
	H	10	15	15	20	3	0	0	0
	K	2	3	2	0	0	0	0	0
4	G	10.4	6	7	20	5	1	10	2
	H	5	10	5	10	1	0	0	0
	K	1	1	1	0	0	0	0	0
5	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

Order ขิงดองจืด ชนิดที่ i ขนาดที่ j และวันที่ t ($OAC^{t}_{i,j}$) โดยแสดงในตารางที่ 4.12 (แสดงตัวอย่างเพียง 5 วัน ส่วนที่เหลือแสดงในภาคผนวก)

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดง ตัวอย่าง Order ขิงดองจืด (ลัง)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
1	G	15	10	10	20	5	2	10	3
	H	10	15	20	10	1	0	0	0
	K	2	2	1	0	0	0	0	0
2	G	10	5	15	20	8	2	10	2
	H	15	10	20	10	2	0	0	0
	K	2	1	1	0	0	0	0	0
3	G	15	20	10	20	10	2	10	4
	H	10	15	15	20	3	0	0	0
	K	2	3	2	0	0	0	0	0
4	G	10.4	6	7	20	5	1	10	2
	H	5	10	5	10	1	0	0	0
	K	1	1	1	0	0	0	0	0
5	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ค่าคงที่ต่างๆ โดยแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดง ค่าคงที่ต่างๆ

parameter	value	หน่วย
U_1	45	กิโลกรัม
U_2	10,000	-
U_3	6,750	กิโลกรัม
U_4	9,000	กิโลกรัม
U_5	75	%
U_6	70	%

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถแทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} Min & \sum_t (1.07)P^t + \sum_t (0.07)P_1^t + \sum_t (0.1)P_2^t + \sum_t (1.25)G_1^t \\ & + \sum_t (1.25)G_2^t + \sum_t (8.62)\left(\frac{S^t}{U_1}\right) + \sum_t (7.2)\left(\frac{RP^t}{U_1}\right) + \sum_t (0.1)\left(\frac{IS^t}{U_1}\right) \\ & + \sum_t \sum_i \sum_j (0.2)\left(IN_{i,j}^t + IAC_{i,j}^t\right) + \sum_t (2{,}800)L^t + \sum_t (954)T^t \\ & + \sum_t \sum_i \sum_j (171.075)PN_{i,j}^t + \sum_t \sum_i \sum_j (211.925)PAC_{i,j}^t \end{aligned} \quad (8)$$

Subject to:

$$P^t + S^t = Z^t \qquad \forall_t \qquad (9)$$

$$P^t + RP^t = P_1^t + P_2^t \qquad \forall_t \qquad (10)$$

$$IS^t = IS^{t-1} + S^t - RP^t \qquad \forall_t \qquad (11)$$

$$IS^t = 0 \qquad \text{for t = 0} \qquad (12)$$

$$P^t + RP^t \le (10{,}000)L^t \qquad \forall_t \qquad (13)$$

$$P_1^t \le 6{,}750 \qquad \forall_t \qquad (14)$$

$$P_2^t \le (9{,}000)T^t \qquad \forall_t \qquad (15)$$

$$G_1^t = (0.75)P_1^t \qquad \forall_t \qquad (16)$$

$$G_2^t = (0.7)P_2^t \qquad \forall_t \qquad (17)$$

$$GT_{i,j}^t = A_{i,j}\left(G_1^t + G_2^t\right) \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (18)$$

$$PN_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{45} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (19)$$

$$PAC_{i,j}^t \le \frac{GT_{i,j}^t}{45} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (20)$$

$$PN_{i,j}^t + PAC_{i,j}^t = \frac{GT_{i,j}^t}{45} \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (21)$$

$$PN_{i,j}^t \ge ON_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (22)$$

$$PAC_{i,j}^t \ge OAC_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (23)$$

$$IN_{i,j}^t = IN_{i,j}^{t-1} + PN_{i,j}^t - ON_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (24)$$

$$IAC_{i,j}^t = IAC_{i,j}^{t-1} + PAC_{i,j}^t - OAC_{i,j}^t \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (25)$$

$$IN_{i,j}^t = 0 \qquad \text{for } t=1,\ \forall_{i,j} \qquad (26)$$

$$IAC_{i,j}^t = 0 \qquad \text{for } t=1,\ \forall_{i,j} \qquad (27)$$

$$P^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (28)$$

$$P_1^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (29)$$

$$P_2^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (30)$$

$$S^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (31)$$

$$RP^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (32)$$

$$G_1^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (33)$$

$$G_2^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (34)$$

$$GT_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (35)$$

$$PN_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (36)$$

$$PAC_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (37)$$

$$IN_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (38)$$

$$IAC_{i,j}^t \ge 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (39)$$

$$IS^t \ge 0 \qquad \forall_t \qquad (40)$$

$$L^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (41)$$

$$T^t \in \{0,1\} \qquad \forall_t \qquad (42)$$

4.3.2 **ผลลัพธ์** (optimal solutions)

เมื่อสร้าง Model สำหรับการวางแผนการผลิตขิงดองเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการเขียน Model โดยใช้ภาษา AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) แล้วใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 run หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) ทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายรวมในการวางแผนการผลิตขิงดองในระยะเวลา 30 วัน มีค่าเท่ากับ 1,899,490 บาท ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.8

```
Times (seconds):
Input =  0.078
Solve =  0.531
Output = 0.078
CPLEX 11.1.0: optimal integer solution within mipgap or absmipgap; objective 1899490.625
2423 MIP simplex iterations
292 branch-and-bound nodes
absmipgap = 161.001, relmipgap = 8.47603e-05
Tried aggregator 2 times
167 flow-cover cuts
5 Gomory cuts
52 implied-bound cuts
_solve_time = 0.671875

Total_cost = 1899490
```

รูปที่ 4.8 ผลลัพธ์แผนการผลิตจากโปรแกรม CPLEX V.11.1.0

ค่าตัวแปรตัดสินใจต่างๆ ดังนี้

1.) จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดองที่จะ Stock ในวันที่ t (S^t) แสดงในตารางที่ 4.14

2.) จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดอง เพื่อนำมาตัดแต่งในวันที่ t (P^t) แสดงในตารางที่ 4.15

3.) จำนวนขิงดองที่จะนำออกมาจาก Stock มาตัดแต่งในวันที่ t (RP^t) แสดงในตารางที่ 4.16

4.) จำนวนขิงดองที่ตัดแต่งภายในโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม) (P_1^t) แสดงในตารางที่ 4.17

5.) จำนวนขิงดองที่ตัดแต่งภายนอกโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม) (P_2^t) แสดงในตารางที่ 4.18

6.) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($PN_{i,j}^t$) แสดงในตารางที่ 4.19

7.) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($PAC_{i,j}^t$) แสดงในตารางที่ 4.20

8.) จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN^t_{i,j}$) แสดงในตารางที่ 4.21

9.) จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^t_{i,j}$) แสดงในตารางที่ 4.22

10.) จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t (IS^t) แสดงในตารางที่ 4.23

11.) ค่า L^t แสดงในตารางที่ 4.24 และค่า T^t แสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.14 จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดองที่จะ stock ในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	S^t	t	S^t	t	S^t
0	0	11	4,250	21	4,250
1	0	12	4,250	22	0
2	0	13	0	23	20,000
3	4,250	14	9,250	24	20,000
4	4,250	15	6,218.98	25	4,644.62
5	9,250	16	4,250	26	0
6	9,250	17	15,000	27	0
7	6,250	18	0	28	3,250
8	12,250	19	292.245	29	0
9	0	20	4,250	30	10,000
10	0				

ตารางที่ 4.15 จำนวนขิงดองที่ได้จากบ่อดอง เพื่อนำมาตัดแต่งในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	P^t	t	P^t	t	P^t
0	0	11	15,750	21	15,750
1	13,000	12	15,750	22	0
2	15,000	13	0	23	0
3	15,750	14	15,750	24	0
4	15,750	15	13,781	25	15,355.4
5	15,750	16	15,750	26	0
6	15,750	17	0	27	0
7	15,750	18	0	28	6,750
8	15,750	19	14,707.8	29	0
9	15,000	20	15,750	30	0
10	15,000				

ตารางที่ 4.16 จำนวนขิงดองที่จะนำออกมาจาก stock มาตัดแต่งในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	RP^t	t	RP^t	t	RP^t
0	0	11	0	21	0
1	0	12	0	22	0
2	0	13	3,795.1	23	0
3	0	14	0	24	0
4	0	15	0	25	0
5	0	16	0	26	0
6	0	17	0	27	0
7	0	18	0	28	0
8	0	19	0	29	0
9	0	20	0	30	0
10	0				

ตารางที่ 4.17 จำนวนขิงดองที่ตัดแต่งภายในโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	P_1'	t	P_1'	t	P_1'
0	0	11	6,750	21	6,750
1	6,750	12	6,750	22	0
2	6,750	13	3,795.1	23	0
3	6,750	14	6,750	24	0
4	6,750	15	4,781.02	25	6,355.38
5	6,750	16	6,750	26	0
6	6,750	17	0	27	0
7	6,750	18	0	28	6,750
8	6,750	19	5,707.76	29	0
9	6,750	20	6,750	30	0
10	6,750				

ตารางที่ 4.18 จำนวนขิงดองที่ตัดแต่งภายนอกโรงงานในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	P_2'	t	P_2'	t	P_2'
0	0	11	9,000	21	9,000
1	6,250	12	9,000	22	0
2	8,250	13	0	23	0
3	9,000	14	9,000	24	0
4	9,000	15	9,000	25	9,000
5	9,000	16	9,000	26	0
6	9,000	17	0	27	0
7	9,000	18	0	28	0
8	9,000	19	9,000	29	0
9	8,250	20	9,000	21	9,000
10	8,250	11	9,000		

ตารางที่ 4.19 จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
0	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
1	G	16.0437	16.3793	15.5908	20	13.8417	3.33458	10	0
	H	17.5538	10	20.6571	0	3.69111	0	0.020972	0.020972
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.146806	0	0	0	0
2	G	18.4238	13.5803	20.0373	0	0	0	0	0
	H	0	5.03264	0	0	0	0	0.024083	0.024083
	K	0	0	0	0.168583	0	0	0	0
3	G	19.3163	19.7203	21.008	17.7413	16.665	0	0	6.4135
	H	0	23.3562	0	0	2.01467	0	0.02525	0.02525
	K	0	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
4	G	19.3163	19.7203	21.008	31.512	0	3.903	13.5156	0
	H	12.4262	0	25.3763	0	0	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
5	G	19.3163	19.7203	21.008	30.7467	7.555	0	6.48444	5.68461
	H	6.13425	8.35625	0	0	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	0	0	0.17675	0	0	0	0
6	G	19.3163	19.7203	21.008	0	0	0	11.7896	0
	H	12.7515	0	0	0	0	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ชิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดชิงดอง	ขนาดชิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
7	G	19.3163	19.7203	21.008	3.78933	0	0	0	6.4135
	H	21.1342	23.2549	23.9667	19.7004	0	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
8	G	19.3163	19.7203	21.008	6.512	6.665	4.01475	0	6.4135
	H	10	10	10	0	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
9	G	18.4238	18.8091	20.0373	30.056	15.895	3.82925	0	6.11717
	H	9.67475	19.091	24.2038	0	4.23867	0	0.024083	0.024083
	K	3.99783	3.6125	3.44392	0.168583	0	0	0	0
10	G	18.4238	18.8091	0	9.64267	0	3.82925	0	6.11717
	H	10.1578	22.2771	24.2038	8.93733	4.23867	0	0.024083	0.024083
	K	3.99783	3.6125	3.44392	0.168583	0	0	0	0
11	G	19.3163	19.7203	21.008	0	0	1.76806	0	6.4135
	H	13.4028	23.3562	9.64762	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
12	G	19.3163	19.7203	21.008	22.8431	0	4.01475	0	6.4135
	H	21.1343	6.81374	0	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
13	G	4.83875	4.93995	5.26254	0	0	1.0057	0	1.60659
	H	5.29416	0	0	6.42637	1.11323	0	0.006325	0.006325
	K	1.04998	0.948775	0.904498	0.044276	0	0	0	0

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
14	G	19.3163	19.7203	21.008	0	10.0646	0	5.10021	6.4135
	H	21.1342	23.3562	25.3763	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
15	G	0	11.6364	0	27.4165	0	3.49297	0	5.57996
	H	18.3875	0	22.0782	22.3199	3.86643	0	0.021968	0.021968
	K	3.64675	3.29525	3.14148	0.153779	0	0	0	0
16	G	12.0126	0	21.008	11.512	11.1641	4.01475	0	6.4135
	H	21.1343	23.3562	25.3763	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
17	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
18	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
19	G	17.9874	18.3636	19.5628	29.3441	15.5185	0	0	5.97228
	H	19.6803	21.7495	23.6305	23.8891	4.13827	0	0.023513	0.023513
	K	3.90315	3.52694	3.36235	0.16459	0	0	0	0
20	G	17.7419	19.7203	21.008	31.512	16.665	4.01475	22.0685	6.4135
	H	0	23.3562	25.3763	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
21	G	0	5.19014	16.1811	31.512	16.665	4.01475	12.6188	6.4135
	H	0	6.07027	25.3763	25.654	4.444	0	0.02525	0.02525
	K	4.1915	3.7875	3.61075	0.17675	0	0	0	0
22	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
23	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
24	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
25	G	3.8131	4.20658	14.8208	30.6912	16.2309	3.91017	21.4937	6.24644
	H	20	22.7479	24.7153	24.9858	4.32824	0	0.024592	0.024592
	K	4.08232	3.68884	3.5167	0.172146	0	0	0	0
26	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
27	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
28	G	8.60625	8.78625	0	14.04	7.425	1.78875	9.8325	2.8575
	H	0	10.4062	11.3063	11.43	1.98	0	0.01125	0.01125
	K	1.8675	1.6875	1.60875	0.07875	0	0	0	0
29	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
30	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
0	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
1	G	0	0	1.85809	6.17333	0	0	8.32972	5.32694
	H	0	9.39931	0.42	21.3078	0	0	0	0
	K	1.81067	2.6	2.94533	0	0	0	0	0
2	G	0	5.22876	0	30.056	15.895	3.82925	21.0488	6.11717
	H	20.1578	17.2444	24.2038	24.4687	4.23867	0	0	0
	K	3.99783	3.6125	3.44392	0	0	0	0	0
3	G	0	0	0	13.7707	0	4.01475	22.0685	0
	H	21.1343	0	25.3763	25.654	2.42933	0	0	0
	K	4.1915	0	0	0	0	0	0	0
4	G	0	0	0	0	16.665	0.11175	8.55294	6.4135
	H	8.708	23.3562	0	25.654	4.444	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
5	G	0	0	0	0.765333	9.11	4.01475	15.5841	0.728889
	H	15	15	25.3763	25.654	0	0	0	0
	K	0	3.7875	3.61075	0	0	0	0	0
6	G	0	0	0	31.512	16.665	4.01475	10.2789	6.4135
	H	8.38275	23.3562	25.3763	25.654	4.444	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
7	G	0	0	0	27.7227	16.665	4.01475	22.0685	0
	H	0	0.101389	1.40958	5.95356	4.444	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
8	G	0	0	0	25	10	0	22.0685	0
	H	11.1342	13.3563	15.3763	25.654	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
9	G	0	0	0	0	0	0	21.0488	0
	H	10.483	3.18611	0	24.4687	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
10	G	0	0	20.0373	20.4133	15.895	0	21.0488	0
	H	10	0	0	15.5313	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
11	G	0	0	0	31.512	16.665	2.24669	22.0685	0
	H	7.7315	0	15.7286	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
12	G	0	0	0	8.66886	16.665	0	22.0685	0
	H	0	16.5425	25.3763	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
13	G	0	0	0	7.8938	4.17461	0	5.52819	0
	H	0	5.85078	6.35679	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
14	G	0	0	0	31.512	6.60039	4.01475	16.9683	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
15	G	16.8058	5.52089	18.2777	0	14.4991	0	19.2003	0
	H	0	20.3207	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
16	G	7.30364	19.7203	0	20	5.50088	0	22.0685	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
17	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
18	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
19	G	0	0	0	0	0	3.73856	20.5503	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
20	G	1.57431	0	0	0	0	0	0	0
	H	21.1343	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
21	G	19.3163	14.5301	4.8269	0	0	0	9.4497	0
	H	21.1343	17.286	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
22	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
23	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
24	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
25	G	15	15	5.64	0	0	0	0	0
	H	0.58375	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
26	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
27	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์ขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
28	G	0	0	9.36	0	0	0	0	0
	H	9.41625	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
29	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
30	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN_{i,j}^{t}$) (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
0	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
1	G	16.0437	16.3793	15.5908	20	13.8417	3.33458	0	0
	H	7.55375	0	10.6571	0	3.69111	0	0.020972	0.020972
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.146806	0	0	0	0
2	G	24.4675	19.9596	25.6281	0	13.8417	3.33458	0	0
	H	7.55375	5.03264	10.6571	0	3.69111	0	0.045056	0.045056
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.315389	0	0	0	0
3	G	13.7838	9.67988	16.6361	17.7413	0.506667	3.33458	0	6.4135
	H	7.55375	28.3889	10.6571	0	5.70578	0	0.070306	0.070306
	K	1.67072	4.33333	3.66444	0.492139	0	0	0	0
4	G	18.1	14.4001	22.6441	19.2533	0.506667	7.23758	13.5156	6.4135
	H	19.98	28.3889	36.0333	0	5.70578	0	0.095556	0.095556
	K	5.86222	8.12083	7.27519	0.668889	0	0	0	0
5	G	17.4163	14.1204	23.6521	0	8.06167	7.23758	0	2.09811
	H	26.1142	36.7451	36.0333	0	10.1498	0	0.120806	0.120806
	K	10.0537	8.12083	7.27519	0.845639	0	0	0	0
6	G	11.7325	8.84063	19.6601	0	8.06167	7.23758	11.7896	2.09811
	H	8.86575	6.74514	6.03333	0	10.1498	0	0.146056	0.146056
	K	14.2452	11.9083	10.8859	1.02239	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN_{i,j}^{t}$) (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
7	G	11.0488	8.56088	20.6681	3.78933	8.06167	7.23758	11.7896	8.51161
	H	0	0	0	19.7004	10.1498	0	0.171306	0.171306
	K	18.4367	15.6958	14.4967	1.19914	0	0	0	0
8	G	20.365	18.2811	31.6761	10.3013	14.7267	11.2523	11.7896	14.9251
	H	0	0	0	19.7004	14.5938	0	0.196556	0.196556
	K	12.6282	9.48333	8.10744	1.37589	0	0	0	0
9	G	18.7888	17.0902	31.7135	30.3573	0.621667	15.0816	11.7896	21.0423
	H	9.67475	19.091	24.2038	19.7004	18.8324	0	0.220639	0.220639
	K	16.6261	13.0958	11.5514	1.54447	0	0	0	0
10	G	17.2125	15.8993	11.7135	0	0.621667	18.9108	1.78956	27.1594
	H	19.8325	41.3681	48.4075	28.6378	23.0711	0	0.244722	0.244722
	K	20.6239	16.7083	14.9953	1.71306	0	0	0	0
11	G	36.5288	35.6195	32.7215	0	0.621667	20.6789	1.78956	33.5729
	H	33.2352	64.7243	58.0551	54.2918	27.5151	0	0.269972	0.269972
	K	24.8154	20.4958	18.606	1.88981	0	0	0	0
12	G	55.845	55.3398	53.7295	22.8431	0.621667	24.6936	1.78956	39.9864
	H	54.3695	71.538	58.0551	79.9458	31.9591	0	0.295222	0.295222
	K	29.0069	24.2833	22.2168	2.06656	0	0	0	0
13	G	60.6838	60.2797	58.992	22.8431	0.621667	25.6993	1.78956	41.593
	H	59.6637	71.538	58.0551	86.3721	33.0723	0	0.301547	0.301547
	K	30.0569	25.2321	23.1213	2.11083	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN_{i,j}^{t}$) (ล้ง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
14	G	0	0	0	22.8431	10.6863	25.6993	6.88976	48.0065
	H	40.7979	54.8943	43.4314	112.026	37.5163	0	0.326797	0.326797
	K	34.2484	29.0196	26.732	2.28758	0	0	0	0
15	G	0	11.6364	0	50.2597	10.6863	29.1923	6.88976	53.5865
	H	19.1854	14.8943	25.5096	54.346	41.3828	0	0.348766	0.348766
	K	37.8951	32.3149	29.8735	2.44136	0	0	0	0
16	G	12.0126	11.6364	21.008	61.7717	21.8504	33.2071	6.88976	60
	H	20.3197	18.2505	30.8858	0	45.8268	0	0.374016	0.374016
	K	42.0866	36.1024	33.4843	2.61811	0	0	0	0
17	G	12.0126	11.6364	21.008	61.7717	21.8504	33.2071	6.88976	60
	H	20.3197	18.2505	30.8858	0	45.8268	0	0.374016	0.374016
	K	42.0866	36.1024	33.4843	2.61811	0	0	0	0
18	G	12.0126	11.6364	21.008	61.7717	21.8504	33.2071	6.88976	60
	H	20.3197	18.2505	30.8858	0	45.8268	0	0.374016	0.374016
	K	42.0866	36.1024	33.4843	2.61811	0	0	0	0
19	G	0	0	10.5708	91.1158	37.3689	33.2071	6.88976	65.9723
	H	0	0	14.5163	23.8891	49.965	0	0.397529	0.397529
	K	45.9898	39.6293	36.8466	2.7827	0	0	0	0
20	G	17.7419	19.7203	31.5788	122.628	54.0339	37.2218	28.9583	72.3858
	H	0	23.3562	39.8926	49.5431	54.409	0	0.422779	0.422779
	K	50.1813	43.4168	40.4574	2.95945	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN_{i,j}^{t}$) (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
21	G	17.7419	24.9104	47.7599	154.14	70.6989	41.2366	41.5771	78.7993
	H	0	29.4265	65.2688	75.1971	58.853	0	0.448029	0.448029
	K	54.3728	47.2043	44.0681	3.1362	0	0	0	0
22	G	17.7419	24.9104	47.7599	154.14	70.6989	41.2366	41.5771	78.7993
	H	0	29.4265	65.2688	75.1971	58.853	0	0.448029	0.448029
	K	54.3728	47.2043	44.0681	3.1362	0	0	0	0
23	G	17.7419	24.9104	47.7599	154.14	70.6989	41.2366	41.5771	78.7993
	H	0	29.4265	65.2688	75.1971	58.853	0	0.448029	0.448029
	K	54.3728	47.2043	44.0681	3.1362	0	0	0	0
24	G	17.7419	24.9104	47.7599	154.14	70.6989	41.2366	41.5771	78.7993
	H	0	29.4265	65.2688	75.1971	58.853	0	0.448029	0.448029
	K	54.3728	47.2043	44.0681	3.1362	0	0	0	0
25	G	21.555	29.117	62.5806	184.831	86.9298	45.1467	63.0707	85.0457
	H	0	32.1744	69.9841	100.183	63.1813	0	0.472621	0.472621
	K	48.4551	40.8931	37.5848	3.30835	0	0	0	0
26	G	21.555	29.117	62.5806	184.831	86.9298	45.1467	63.0707	85.0457
	H	0	32.1744	69.9841	100.183	63.1813	0	0.472621	0.472621
	K	48.4551	40.8931	37.5848	3.30835	0	0	0	0
27	G	21.555	29.117	62.5806	184.831	86.9298	45.1467	63.0707	85.0457
	H	0	32.1744	69.9841	100.183	63.1813	0	0.472621	0.472621
	K	48.4551	40.8931	37.5848	3.30835	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IN_{i,j}^{t}$) (ล้ง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
28	G	30.1613	37.9032	62.5806	198.871	94.3548	46.9355	72.9032	87.9032
	H	0	42.5806	81.2903	111.613	65.1613	0	0.483871	0.483871
	K	50.3226	42.5806	39.1935	3.3871	0	0	0	0
29	G	30.1613	37.9032	62.5806	198.871	94.3548	46.9355	72.9032	87.9032
	H	0	42.5806	81.2903	111.613	65.1613	0	0.483871	0.483871
	K	50.3226	42.5806	39.1935	3.3871	0	0	0	0
30	G	30.1613	37.9032	62.5806	198.871	94.3548	46.9355	72.9032	87.9032
	H	0	42.5806	81.2903	111.613	65.1613	0	0.483871	0.483871
	K	50.3226	42.5806	39.1935	3.3871	0	0	0	0

ตารางที่ 4.22 จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^{t}_{i,j}$) (ลัง)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
0	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
1	G	0	0	1.85809	6.17333	0	0	8.32972	5.32694
	H	0	9.39931	0.42	21.3078	0	0	0	0
	K	1.81067	2.6	2.94533	0	0	0	0	0
2	G	0	5.22876	1.85809	36.2293	15.895	3.82925	9.37856	11.4441
	H	20.1578	26.6438	24.6237	45.7764	4.23867	0	0	0
	K	5.8085	6.2125	6.38925	0	0	0	0	0
3	G	0	5.22876	1.85809	0	15.895	7.844	11.4471	11.4441
	H	21.292	6.64375	30	41.4304	6.668	0	0	0
	K	10	6.2125	6.38925	0	0	0	0	0
4	G	0	5.22876	1.85809	0	12.56	7.95575	0	17.8576
	H	0	0	0	27.0844	11.112	0	0	0
	K	10	6.2125	6.38925	0	0	0	0	0
5	G	0	5.22876	1.85809	0.765333	21.67	11.9705	15.5841	18.5865
	H	0	0	10.3763	52.7384	11.112	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
6	G	0	5.22876	1.85809	2.27733	8.335	15.9853	5.863	25
	H	8.38275	23.3562	35.7525	78.3924	15.556	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^{t}_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
7	G	0	5.22876	1.85809	0	0	20	2.9315	0
	H	8.38275	23.4576	37.1621	4.346	20	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
8	G	0	5.22876	1.85809	0	0	0	0	0
	H	19.517	36.8139	52.5383	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
9	G	0	5.22876	1.85809	0	0	0	21.0488	0
	H	0	10	22.5383	24.4687	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
10	G	0	5.22876	21.8954	20.4133	15.895	0	42.0977	0
	H	0	0	12.5383	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
11	G	0	5.22876	21.8954	51.9253	32.56	2.24669	64.1662	0
	H	7.7315	0	28.267	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
12	G	0	5.22876	21.8954	60.5942	49.225	2.24669	86.2347	0
	H	7.7315	16.5425	53.6432	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
13	G	0	5.22876	21.8954	68.488	53.3996	2.24669	91.7629	0
	H	7.7315	22.3933	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^{t}_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
14	G	0	5.22876	21.8954	0	0	6.26144	8.73115	0
	H	7.7315	22.3933	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
15	G	16.8058	10.7496	40.1731	0	14.4991	6.26144	27.9315	0
	H	7.7315	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
16	G	24.1094	30.4699	40.1731	20	20	6.26144	0	0
	H	7.7315	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
17	G	24.1094	30.4699	40.1731	20	20	6.26144	0	0
	H	7.7315	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
18	G	24.1094	30.4699	40.1731	20	20	6.26144	0	0
	H	7.7315	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
19	G	24.1094	30.4699	40.1731	20	20	10	20.5503	0
	H	7.7315	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
20	G	25.6837	30.4699	40.1731	20	20	10	20.5503	0
	H	28.8657	42.714	60	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^{t}_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
21	G	15	15	15	20	20	10	30	0
	H	0	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
22	G	15	15	15	20	20	10	30	0
	H	0	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
23	G	15	15	15	20	20	10	30	0
	H	0	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
24	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
25	G	15	15	5.64	0	0	0	0	0
	H	0.58375	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
26	G	15	15	5.64	0	0	0	0	0
	H	0.58375	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
27	G	15	15	5.64	0	0	0	0	0
	H	0.58375	10	10	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) จำนวน Inventory ของขิงดองจืดชนิดที่ i ขนาด j ในวันที่ t ($IAC^{t}_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิงดอง	ขนาดขิงดอง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
28	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
29	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0
30	G	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.23 จำนวน Inventory ของขิงดองที่ stock ไว้ในวันที่ t (กิโลกรัม)

t	IS^{t}	t	IS^{t}	t	IS^{t}
0	0	11	49,750	21	93,716.1
1	0	12	54,000	22	93,716.1
2	0	13	50,204.9	23	113,716
3	4,250	14	59,454.9	24	133,716
4	8,500	15	65,673.9	25	138,361
5	17,750	16	69,923.9	26	138,361
6	27,000	17	84,923.9	27	138,361
7	33,250	18	84,923.9	28	141,611
8	45,500	19	85,216.1	29	141,611
9	45,500	20	89,466.1	30	151,611
10	45,500				

ตารางที่ 4.24 แสดงค่า L'

t	L'	t	L'	t	L'
0	0	11	1	21	1
1	1	12	1	22	0
2	1	13	1	23	0
3	1	14	1	24	0
4	1	15	1	25	1
5	1	16	1	26	0
6	1	17	0	27	0
7	1	18	0	28	1
8	1	19	1	29	0
9	1	20	1	30	0
10	1				

ตารางที่ 4.25 แสดงค่า T'

t	T'	t	T'	t	T'
0	0	11	1	21	1
1	1	12	1	22	0
2	1	13	0	23	0
3	1	14	1	24	0
4	1	15	1	25	1
5	1	16	1	26	0
6	1	17	0	27	0
7	1	18	0	28	0
8	1	19	1	29	0
9	1	20	1	21	0
10	1				

4.4 การวิเคราะห์ผล

4.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างก่อนและเมื่อนำ Model มาช่วย

การเปรียบเทียบแผนการผลิตขิงดองของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการผลิตขิงดองในปัจจุบันของโรงงาน ซึ่งโดยปกติ การผลิตขิงดองของทางโรงงานจะผลิตในอัตราที่คงที่เต็มความสามารถทั้งในและนอกโรงงาน (Make to stock) ทำให้เกิดสินค้าคงคลังจำนวนมากส่งผลเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากแนวคิดที่ว่าจะทำการผลิตโดยการคาดการณ์จากปริมาณความต้องการขิงดองชนิดและขนาดต่างๆ จากข้อมูลในอดีต จะทำให้การผลิตขิงดองในแต่ละวันเพื่อที่จะตอบสนองความต้องการขิงดองตลอดทั้งปี ซึ่งเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแล้วจากเดิม 2,464,850 บาท/ปี ลดลงเหลือ 1,899,490 บาท/ปี ซึ่งคิดเป็น 22.94 %

ข้อสังเกต (Observations)

1.) แผนการผลิตในปัจจุบัน คือ ทำการผลิตแบบเต็มความสามารถทำให้เกิดสินค้าคงคลังจำนวนมากซึ่งต่างจากแผนการผลิตที่ได้จาก Model นั้นจะทำการผลิตตาม Order ทำให้จำนวนสินค้าคงคลังลดลง สั่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตลดลง

2.) ในวันที่ 13, 17, 18, 22, 23, 24, 26, 27, 29 และ 30 ไม่มีการตัดแต่งขิงดองภายในโรงงาน ดังตารางที่ 4.15 แต่ในความเป็นจริงทางโรงงานไม่สามารถให้พนังงานหยุดทำงานได้ จึงต้องมีการกระจายงานไปในทุกๆ วัน เพื่อเป็นการคงไว้ซึ่งจำนวนของพนักงานให้อยู่กับทางโรงงาน เนื่องจากปัจจุบันแรงงานในส่วนนี้มีจำนวนน้อยและหายาก

3.) ในการ Run model ในเดือนกรกฎาคม (เดือนแรกของปี 2550)ไม่สามารถหาคำตอบได้ เนื่องจากปริมาณ order ในเดือนกรกฎาคม ของปี 2550 มีปริมาณมากเกินความสามารถในการผลิต จึงต้องทำการปรับลดปริมาณ order ในเดือนกรกฎาคม ของปี เพื่อให้สามารถหาคำตอบได้ ดั้งนั้น จึงควรเผื่อค่า $IN_{i,j}^{t}$ และ $IAC_{i,j}^{t}$ ที่ t เท่ากับ 0 (ยอด $IN_{i,j}^{t}$ และ $IAC_{i,j}^{t}$ ยกมาจากปีที่แล้ว) เพื่อให้เพียงพอต่อ order ในเดือนกรกฎาคม ของปี 2550

4.) แผนการผลิตขิงดองที่ได้จาก model จะเห็นได้ว่ามีการผลิตทุกวัน ซึ่งในความเป็นจริงทางโรงงานจะทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์

4.4.2 Model validation

คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 ในการหาคำตอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ จึงนำคำตอบดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ผล

จากการประมวนผลคำตอบที่ได้จะเห็นได้ว่า จำนวนขิงดองที่จะผลิตในแต่ละวัน (P^t) รวมกับจำนวนขิงดองที่จะ Stock ในแต่ละวัน (S^t) ต้องเท่ากับจำนวนขิงดองที่ออกจากบ่อในแต่ละวัน (Z^t) เช่น วันที่ 2 เลือกที่จะผลิต (P^2) 15,000 กิโลกรัมและ เลือกที่จะ stock ขิงดองใส่ลัง (S^2) 0 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อรวมกันแล้ว ได้เท่ากับ 15,000 กิโลกรัม เท่ากับ จำนวนขิงดองที่ออกจากบ่อในวันที่ 2 (Z^2), ส่วนในวันที่ 3 เลือกที่จะผลิต (P^3) 15,750 กิโลกรัมและ เลือกที่จะ stock ขิงดองใส่ลัง (S^3) 4,250 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อรวมกันแล้ว ได้เท่ากับ 20,000 กิโลกรัม เท่ากับจำนวนขิงดองที่ออกจากบ่อในวันที่ 3 (Z^3) เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.26 (แสดงตัวอย่างเพียง 5 วัน)

ตารางที่ 4.26 validations 3

t	P^t	S^t	$P^t + S^t$	Z^t
0	0	0	0	0
1	13,000	0	13,000	13,000
2	15,000	0	15,000	15,000
3	15,750	4,250	20,000	20,000
4	15,750	4,250	20,000	20,000
5	15,750	9,250	25,000	25,000

จากตารางที่ 4.27 (แสดงตัวอย่างเพียง 13 วัน) จำนวนของขิงดองที่จะผลิตในโรงงาน (P_1^t) รวมกับจำนวนขิงดองที่จะผลิตนอกโรงงาน (P_2^t) ต้องเท่าจำนวนขิงดองที่จะผลิตในวันนั้น (P^t) รวมกับจำนวนของขิงดองที่นำออกมาจาก Stock และค่า (L^t) ต้องมีค่าเป็น 1 ในวันที่มีการผลิตขิงดอง, ค่า (T^t) ต้องเท่ากับ 1 ในวันที่มีการผลิตขิงดองนอกโรงงาน เช่น วันที่ 12 ปริมาณขิงดองที่จะผลิตภายในโรงงาน (P_1^{12}) รวมกับปริมาณขิงดองที่จะผลิตภายนอกโรงงาน (P_2^{12}) เท่ากับ 15,750 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับผลรวมของขิงดองที่จะผลิตในวันนั้น (P^{12}) กับจำนวนขิงดองที่นำออกมาจาก stock (RP^{12}) และค่า T^t เท่ากับ 1 เนื่องจากมีการผลิตภายนอกโรงงาน($P_2^{12} > 0$) ค่า L^t เท่ากับ 1 เนื่องจากมีการผลิตภายในโรงงาน ($P_1^{12} > 0$)

ส่วน ในวันที่ 13 ปริมาณขิงดองที่จะผลิตภายในโรงงานรวมกับปริมาณขิงดองที่จะผลิตภายนอก (P_2^{13}) โรงงานเท่ากับ 3,795.1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับผลรวมของขิงดองที่จะผลิตในวันนั้น

(P^{13}) กับจำนวนขิงดองที่นำออกมาจาก stock (RP^{13}) และค่า T^t เท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีการผลิตภายนอกโรงงาน (P_2^{13} = 0) ค่า L^t เท่ากับ 1 เนื่องจากมีการผลิตภายในโรงงาน (P_1^{13} = 0)

ตารางที่ 4.27 validations 4

t	P_1^t	P_2^t	$P_1^t + P_2^t$	P^t	RP^t	$P^t + RP^t$	T^t	L^t
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6,750	6,250	13,000	13,000	0	13,000	1	1
2	6,750	8,250	15,000	15,000	0	15,000	1	1
3	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
4	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
5	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
6	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
7	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
8	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
9	6,750	8,250	15,000	15,000	0	15,000	1	1
10	6,750	8,250	15,000	15,000	0	15,000	1	1
11	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
12	6,750	9,000	15,750	15,750	0	15,750	1	1
13	3,795.1	0	3,795.1	0	3,795.1	3,795.1	0	1

จากตารางที่ 4.28 จำนวนของผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t ($PN_{i,j}^t$)ที่ผลิตได้รวมกับจำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t-1 ($IN_{i,j}^t$) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ Order ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t ($ON_{i,j}^t$) เช่น ในวันที่ 2 จำนวนของผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิด G ขนาด L ($ON_{1,1}^2$) มีค่าเท่ากับ 18.4238 ลัง และจำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิด G ขนาด L ในวันที่ 1 ($IN_{1,1}^1$) มีค่าเท่ากับ 16.0437 ลัง เมื่อรวมกันแล้วมีค่าเท่า 34.4675 ลัง ซึ่งมากกว่า Order ของขิงดองเค็มชนิด G ขนาด L ในวันที่ 2 ($ON_{1,1}^2$) ก็จะได้ Inventory ของขิงดองเค็ม ชนิด G ขนาด L ของวันที่ 2 ($IN_{1,1}^2$) เท่ากับ 24.4675 ลัง

ตารางที่ 4.28 validations 5

จำนวนของผลิตภัณฑ์ขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t ($PN^t_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
2	G	18.4238	13.5803	20.0373	0	0	0	0	0
	H	0	5.03264	0	0	0	0	0.024083	0.024083
	K	0	0	0	0.168583	0	0	0	0

จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t-1 ($IN^t_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
1	G	16.0437	16.3793	15.5908	20	13.8417	3.33458	0	0
	H	7.55375	0	10.6571	0	3.69111	0	0.020972	0.020972
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.146806	0	0	0	0

ผลรวมของ($PN^t_{i,j}$) กับ ($IN^{t-1}_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
1	G	34.4675	29.9596	35.6281	20	13.8417	3.33458	0	0
	H	7.55375	5.03264	10.6571	0	3.69111	0	0.045055	0.045055
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.315389	0	0	0	0

Order ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t ($ON^t_{i,j}$)

วันที่	ชนิดขิง	ขนาดขิง							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
2	G	10	10	10	20	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.28 (ต่อ) validations 5

จำนวน Inventory ของขิงดองเค็มชนิดที่ i ขนาดที่ j ในวันที่ t=2 ($IN^{t}_{i,j}$)									
วันที่	**ชนิดขิง**	**ขนาดขิง**							
		L	M	S	SS	SSS	SSSS	SSK	OS
2	G	24.4675	19.9596	25.6281	0	13.8417	3.33458	0	0
	H	7.55375	5.03264	10.6571	0	3.69111	0	0.045056	0.045056
	K	1.67072	0.545833	0.053694	0.315389	0	0	0	0

4.5 **การวิเคราะห์ความไว** (Sensitivity analysis)

เพื่อทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หลังจากการคำนวณจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว เนื่องจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เราหาได้นั้น เป็นคำตอบที่เกิดจากการที่เราสมมุติค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดคงที่ ซึ่งในชีวิตจริงค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นอาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอ

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ค่าใช้จ่ายในการผลิตขิงดองในระยะเวลา 30 วัน ซึ่งมีค่าเท่า 1,899,490 บาท และเมื่อเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective function) ซึ่งส่งผลให้สมการเป้าหมายมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำการเพิ่มค่าใช่จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (C_9) บาท/ลัง/วัน ขึ้น 20 % จากการประมวลผลพบว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตขิงดองในระยะเวลา 30 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 1,900,340 บาท หลังจากนั้นทำการลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (C_9)บาท/ลัง/วัน ลง 20 % ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตขิงดองในระยะเวลา 30 วัน ลดลงเหลือ 1,898,640 บาท ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (C_9) ผันตรงต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตขิงดองในระยะเวลา 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความไว part 2

ค่าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ C_9 (บาท/ลัง/วัน)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
ลดลง 20% เท่ากับ 0.16	1,898,640 (ลดลง 0.045%)
ปกติ เท่ากับ 0.2	1,899,490
เพิ่มขึ้น 20% เท่ากับ 0.24	1,900,340 (เพิ่มขึ้น 0.045%)

4.6 นำ Model หาคำตอบจากข้อมูลของโรงงาน ในระยะเวลา 1 ปี

จากการนำข้อมูลจริงของโรงงาน ตั้งแต่วันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ถึง วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2551 มาหาคำตอบจาก Model โดยใช้โปรแกรม CPLEX V.11.1.0 ปรากฏว่าผลลัพธ์คือ 39,183,700 บาท/ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.9

```
Times (seconds):
Input =  0.453
Solve =  1.187
Output = 2.141
CPLEX 11.1.0: optimal integer solution within mipgap or absmipgap; objective 39183734.7
7286 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
absmipgap = 1746.46, relmipgap = 4.45711e-05
Tried aggregator 2 times
_solve_time = 3.8125

Total_cost = 39183700
```

รูปที่ 4.9 ผลลัพธ์จากโปรแกรม CPLEX V.11.1.0 โดยใช้ข้อมูลของโรงงานในรอบ 1 ปี