อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

    1.1 ฝรั่งแป้นสีทอง
    1.2 น้ำตาลทราย
    1.3 เกลือบริสุทธิ์
    1.4 น้ำสะอาด

2. อุปกรณ์การผลิต

    2.1 ถังความดันขนาด 200 ลิตร
    2.2 เครื่องปั๊มลม

3. อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์และการตรวจสอบคุณภาพ

    3.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Universal Testing Machine ยี่ห้อ Instron รุ่น 5569)
    3.2 เครื่องวัดความหวาน รุ่น MTD-045nD
    3.3 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง รุ่น EcoScan pH5 / pH6
    3.4 เครื่องตรวจสอบคุณภาพสี
    3.5 ตู้อบลมร้อน

4. สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

    4.1 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต
    4.2 สารละลายโปตัสเซียมคลอไรด์
    4.3 สารละลายโปตัสเซียมโครเมต 5%
    4.4 สารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N
    4.5 กรดมะนาว
    4.6 แคลเซียมคลอไรด์

วิธีการ

1. การออกแบบถังความดัน

ออกแบบถังความดัน ขนาด 200 ลิตร มีข้อกำหนดในการออกแบบ ดังนี้

1.1 ถังความดันที่จะออกแบบ เลือกแบบที่เป็นรูปทรงกระบอก และติดตั้งในแนวตั้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 60 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร

1.2 เลือกความดันออกแบบ 7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.3 ถังความดันต้องสามารถเปิด-ปิดได้

1.4 มีการรักษาความดันภายในถังให้คงที่ตลอดเวลา ด้วยการติดเกจวัดความดัน

1.5 วัสดุที่ใช้ในการสร้างถังความดันต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนสูงเนื่องจากในการดองฝรั่ง ปรุงรส แช่อิ่ม ต้องใช้น้ำเกลือและน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง

1.6 การออกแบบถังความดันจะใช้มาตรฐานและวิธีการออกแบบของทฤษฎีการออกแบบภาชนะความดันของสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลของประเทศสหรัฐอเมริกา (ASME, 1980) โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1.6.1 คำนวณขนาดและมิติต่างๆ ของถังความดัน

ก) คำนวณมิติของถังความดันส่วนที่เป็นทรงกระบอก
ข) คำนวณมิติของถังความดันส่วนที่เป็นทรงกลม
ค) คำนวณหน้าแปลนและสลักเกลียว
ง) คำนวณความหนาของรอยเชื่อม

1.6.2 ค่าความเค้นสูงสุดของถังความดัน

ความเค้นในแนวตามแนวยาว สามารถคำนวณได้จาก

$$\sigma_1 = \frac{PD}{4t}$$

ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง สามารถคำนวณได้จาก

$$\sigma_2 = \frac{PD}{2t}$$

โดย P = ความดันออกแบบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
D = เส้นผ่านศูนย์กลางถังความดัน (มิลลิเมตร)
t = ความหนาออกแบบของผนังภาชนะความดัน (มิลลิเมตร)

1.6.3 ค่าความหนาของส่วนทรงกระบอก สามารถคำนวณได้จาก

$$t = \frac{Pr}{2SE + 0.4P}$$

1.6.4 ค่าการออกแบบหน้าแปลน สามารถคำนวณหาความหนาของหน้าแปลนได้

$$t = d\sqrt{0.13P/SE}$$

1.6.5 ค่าความหนาของรอยเชื่อม สามารถคำนวณหาได้จาก

$$t = \frac{Pr}{\eta S_d}$$

N, ค่าความปลอดภัย (Safety Factor) = ความเค้นสูงสุดที่จุดคราก / ความเค้นที่ออกแบบ

2. ศึกษาคุณสมบัติบางประการของฝรั่งสดและฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่มด้วยวิธีปกติ

นำฝรั่งแป้นสีทองที่ผ่านการคัดเลือก และฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่มด้วยวิธีปกติ เป็นเวลา 2, 2 และ 15 วัน ตามลำดับ มาวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น ความต้านทานแรงกด และวิตามินซี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. แผนงานการศึกษาวิธีการทำฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่มโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก

3.1 การเตรียมวัตถุดิบในการทำฝรั่งดอง

3.1.1 เตรียมฝรั่ง จำนวน 80 กิโลกรัม นำฝรั่งแป้นสีทองที่คัดเลือกเอาเฉพาะผลที่ห่ามและสดไม่มีรอยแผล ขนาดและน้ำหนักของผลที่ใกล้เคียงกัน นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาตัดขั้วและปลายลูกให้เรียบร้อย ล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นจึงนำไปทำการทดลองต่อไป

3.1.2 เตรียมน้ำดอง จำนวน 80 กิโลกรัม (เนื้อฝรั่ง:น้ำดอง เท่ากับ 1: 1) น้ำดองที่มีเกลือร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักโดยนำเกลือจำนวน 11.2 กิโลกรัม มาผสมกับน้ำต้มสุก 100.8 กิโลกรัม ใช้ทัพพีคนให้ละลายจนหมด เติมแคลเซียมคลอไรด์ 224 กรัม กรดมะนาว 336 กรัม และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (8 กรัม) (ใช้สำหรับเนื้อฝรั่งจำนวน 80 กิโลกรัม) จากนั้นจึงนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2 การเตรียมวัตถุดิบในการทำฝรั่งปรุงรส

3.2.1 เตรียมฝรั่ง จำนวน 80 กิโลกรัม นำฝรั่งแป้นสีทองที่คัดเลือกเอาเฉพาะผลที่ห่ามและสดไม่มีรอยแผล มีขนาดและน้ำหนักของผลที่ใกล้เคียงกัน นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาตัดขั้วและปลายลูกให้เรียบร้อย ผ่าฝรั่งออกเป็นครึ่งลูกใช้ช้อนคว้านเมล็ดออกให้หมด แล้วนำมาหั่นตามความยาวของฝรั่งให้มีขนาดความหนาประมาณ 2 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำฝรั่งที่หั่นเป็นชิ้นเรียบร้อยแล้วนำไปแช่ในสารละลายกรดมะนาว ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เพื่อช่วยให้ผลไม้คงสีธรรมชาติไว้ (น้ำ 1 ลิตร ใช้กรดมะนาว 5 กรัม) เป็นเวลา 10-15 นาที ล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นนำไปแช่ที่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อขึ้น (แคลเซียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) เป็นเวลา 10-15 นาที ล้างทำความสะอาด แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำจากนั้นจึงนำไปทำการทดลองต่อไป

3.2.2 เตรียมน้ำปรุงรส จำนวน 80 กิโลกรัม (เนื้อฝรั่ง:น้ำปรุงรส เท่ากับ 1: 2 โดยน้ำหนัก) นำเกลือจำนวน 2.66 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 67.2 กิโลกรัม มาผสมกับน้ำต้มสุก 72 กิโลกรัม ใช้ทัพพีคนให้ละลายจนหมด เติมกรดมะนาว 3 กรัม และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 กรัม คนให้ละลายจนหมด จากนั้นจึงนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.3 การเตรียมวัตถุดิบในการทำฝรั่งแช่อิ่ม

3.3.1 การเตรียมฝรั่ง เหมือนข้อ 3.2.1

3.3.2 เตรียมน้ำเชื่อม ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 จำนวน 96 กิโลกรัม (เนื้อฝรั่ง: น้ำเชื่อม เท่ากับ 1: 1.2 โดยน้ำหนัก) โดยใช้น้ำตาลทราย 48 กิโลกรัม ผสมกับน้ำต้มสุก 48 กิโลกรัม ต้มให้เดือดใช้ทัพพีคนให้ละลายจนหมด เติมกรดมะนาวลงไปร้อยละ 0.1 (กรดมะนาว 1 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) ละลายน้ำเล็กน้อย แล้วเติมลงไปในน้ำเชื่อม และเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.02 คนให้ละลายจนหมด (โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) จะได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 จำนวน 96 กิโลกรัม

3.3.3 เตรียมน้ำเชื่อม ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 60 จำนวน 96 กิโลกรัม (เนื้อฝรั่ง: น้ำเชื่อม เท่ากับ 1: 1.2) โดยใช้น้ำตาลทราย 57.6 กิโลกรัม ผสมกับน้ำต้มสุก 38.4 กิโลกรัม ต้มให้เดือดใช้ทัพพีคนให้ละลายจนหมด เติมกรดมะนาวลงไปร้อยละ 0.1 (กรดมะนาว 1 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) ละลายน้ำเล็กน้อย แล้วเติมลงไปในน้ำเชื่อม และเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.02 คนให้ละลายจนหมด (โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) จะได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 60

3.3.4 เตรียมน้ำเชื่อม ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 จำนวน 96 กิโลกรัม (เนื้อฝรั่ง: น้ำเชื่อม เท่ากับ 1: 1.2) โดยใช้น้ำตาลทราย 67.2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำต้มสุก 28.8 กิโลกรัม ต้มให้เดือดใช้ทัพพีคนให้ละลายจนหมด เติมกรดมะนาวลงไปร้อยละ 0.1 (กรดมะนาว 1 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) ละลายน้ำเล็กน้อย แล้วเติมลงไปในน้ำเชื่อม และเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.02 คนให้ละลายจนหมด (โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม ต่อน้ำเชื่อม 1 กิโลกรัม) จะได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70

4. การศึกษาผลของความดันที่มีผลต่อคุณภาพฝรั่งดอง, ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่ม จากการผลิตโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก

4.1 การศึกษาผลของความดันของฝรั่งดอง

นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.1.1 ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำดองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากข้อที่ 3.1.2 ลงในถังความดัน อัตราส่วนฝรั่งต่อน้ำดองเท่ากับ 1:1 ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันเท่ากับ 300, 400 และ 500 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งดองจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมงและทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 การศึกษาผลของความดันของฝรั่งปรุงรส

นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.2.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำปรุงรส จากข้อที่ 3.2.2 ลงในถังความดัน อัตราส่วนฝรั่งต่อน้ำดองปรุงรสเท่ากับ 1:2 ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันเท่ากับ 300, 400 และ 500 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งปรุงรสจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมงและทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4.3 การศึกษาผลของความดันของฝรั่งแช่อิ่ม

นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.3.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50, 60 และ 70 ตามลำดับ จากข้อที่ 3.3.2 ลงในถังความดัน อัตราส่วนฝรั่งต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 1:1.2 ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันเท่ากับ 300,400 และ 500 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งแช่อิ่มจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมงและทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำฝรั่งดอง, ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่มจากการผลิตโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก

5.1 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของฝรั่งดอง

นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาดแล้วใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำดองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ลงในถังความดัน ปิดฝาแล้ว อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.1 เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งดองจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมงและ ทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5.2 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของฝรั่งปรุงรส

5.2.1 นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.2.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำปรุงรส จากข้อที่ 3.2.2 ลงในถังความดัน ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.2 เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งปรุงรสจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมงและทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของฝรั่งแช่อิ่ม

5.3.1 นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.3.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 จากข้อที่ 3.3.2 ลงในถังความดัน ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3.1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำการขันน๊อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งแช่อิ่มจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมง ทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5.3.2 นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.3.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 60 จากข้อที่ 3.3.3 ลงในถังความดัน ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันที่เหมาะสมจากการ

ทดลองในข้อ 4.3.2 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5.3.3 นำฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกและล้างทำความสะอาด จากข้อที่ 3.3.1ใส่ลงไปในถังความดันขนาด 200 ลิตร ที่ได้ออกแบบไว้ เทน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 จากข้อที่ 3.3.4 ลงในถังความดัน ปิดฝา อัดความดันด้วยเครื่องปั๊มลมจนภายในถังมีความดันที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3.3 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำการขันน็อตเพื่อเก็บตัวอย่างฝรั่งแช่อิ่มจากถังความดันทุกๆ 1 ชั่วโมง ทำชุดควบคุมเปรียบเทียบโดยทำแบบเดียวกันเพียงแต่ไม่อัดความดัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ

นำฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่ม ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

6.1 หาปริมาณกรด โดยการไตเตรทด้วย 0.1 N NaOH

6.2 หาปริมาณเกลือด้วยวิธีของโมร์ (Mohr)

6.3 หาความแน่นเนื้อของเนื้อฝรั่งโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ Instron รุ่น 5569 ความเร็วในการกด 25 มิลลิเมตรต่อนาที ขนาดหัวกด 6 มิลลิเมตร

6.4 หาปริมาณความชื้น

6.5 หาปริมารความหวาน โดยใช้เครื่องยี่ห้อ รุ่น MTD-045nD

6.6 หาวิตามินซี

6.7 วัดสี

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์แบบ Regression ทรีตเมนท์ คือ ความดันที่ระดับต่างๆ ปริมาณเกลือ ปริมาณความหวาน ความเข้มข้น นำข้อมูลในการทดลองแต่ละซ้ำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วทำการวิเคราะห์โดยทำการสร้างสมการเพื่อคาดคะเนเวลาที่ใช้ในการดอง ปรุงรส และแช่อิ่ม โดยอาศัยตารางของ Model Summary และ Coefficients เพื่อสร้างสมการด้วยโปรแกรม SPSS

8. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scaling Test โดยการชิมและการให้คะแนนระดับความชอบของฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่มทั้ง 9 ระดับ คือ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

9. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษศาสตร์วิศวกรรม

ถังความดันไฮโดรสแตติกที่ออกแบบมีขนาด 200 ลิตร สามารถผลิตฝรั่งดอง ฝรั่งปรุงรส และฝรั่งแช่อิ่ม ได้ประมาณ 80- 100 กิโลกรัม และสามารถคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและระยะเวลาคืนทุน ได้ดังนี้

9.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทำฝรั่ง แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร

$$AC = FC + VC$$

โดยที่ AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทำฝรั่ง (บาท)

FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท)

9.1.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่กำหนด ไม่ขึ้นกับปริมาณการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วย ดอกเบี้ยจากการลงทุนสร้างเครื่องจักร และค่าเสื่อม

ราคาค่าเสื่อมราคาต่อปี (วิธีตรง) = (P-L)/N

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน = (P+L)i/2

โดยที่ P คือ ราคาสร้างถังความดันไฮโดรสแตติก (=27,500บาท)
L คือ ราคาหรือมูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน (=0.1×P บาท)
N คือ อายุการใช้งานของถังความดันไฮโดรสแตติก (10 ปี)
i คือ อัตราดอกเบี้ย (7.50%ต่อปี)

9.1.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าจ้างแรงงาน และค่าซ่อมแซม

เครื่องจักรกลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุการใช้งาน 10 ปี จะมีค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซมประมาณ 120% ของราคาเครื่อง

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = \frac{P*120}{100}$$

อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 194 บาท ทำงาน 1 คน (ค่าแรงงานขั้นต่ำ กรุงเทพและปริมณฑล 1 มกราคม 2551 กระทรวงแรงงาน)

ค่าจ้างแรงงาน = 1 x 194 x 160 = 29,440 บาทต่อปี

9.2 จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

กำหนดให้ค่าจ้างถังความดันไฮโดรสแตติกเท่ากับ 0.5 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นสามารถหาจุดคุ้มทุนได้ดังนี้

BEP = FC/(p-VC)

โดยที่ BEP คือ จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)
FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)
VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อปี)
p คือ ราคาขายต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)

9.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุน หาค่าได้จาก

$$PBP = CF0 / YCF$$

$$YCF = R-AC$$

โดยที่ PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
CF0 คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างถังความดันไฮโดรสแตติก (บาท)
YCF คือ กำไร (บาทต่อปี)
R คือ รายได้ (บาทต่อปี)
AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทำผลิตภัณฑ์