# การออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะเครื่องล้างทำความสะอาดสาหร่าย

**สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย[1*] และ ธัญทิพย์ ศิริพรอัครชัย[2]**
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

** Corresponding Author: boontisit@hotmail.com*
[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์*
[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์*

## ข้อมูลบทความ

**ประวัติบทความ :**
รับเพื่อพิจารณา : 17 สิงหาคม 2564
แก้ไข : 17 สิงหาคม 2565
ตอบรับ : 7 กันยายน 2565
DOI : 10.14456/kmuttrd.2022.22

**คำสำคัญ :** เครื่องสร้างฟองน้ำ / การล้างโดยการฉีด / การตกตะกอน

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะของเครื่องล้างทำความสะอาดสาหร่าย เพื่อนำไปใช้ในกิจการชุมชนได้อย่างสอดคล้องกับกระบวนการผลิต ทำให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ทำได้ง่ายขึ้น และสามารถเพิ่มอัตราการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้ เครื่องล้างมีขนาดกว้าง 0.52 เมตร ยาว 1.00 เมตร และสูง 1.41 เมตร ประกอบด้วยถังเหล็กกล้าไร้สนิมที่แบ่งเป็น 2 ช่อง แบ่งเป็นถังล้างและถังตกตะกอนที่มีความจุน้ำ 88 และ 92 ลิตร ตามลำดับ พื้นถังเป็นแผ่นลาดเอียงจากฝั่งถังล้างไปยังฝั่งถังตกตะกอน ใช้ปั๊มไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า ซึ่งติดตั้งอยู่ใต้ถังล้าง ดูดน้ำสะอาดจากถังตกตะกอนไปยังหัวฉีดที่ติดตั้งอยู่เหนือถังล้าง เพื่อฉีดน้ำลงไปในถังล้างที่มีสาหร่ายอยู่ การฉีดน้ำลงในถังล้างทำให้เกิดฟองคลื่นปั่นป่วน ซึ่งทำให้สาหร่ายเคลื่อนที่แบบปั่นป่วนไปด้วย เป็นผลให้เกิดการสลัดเศษดินทรายออกจากเส้นใยสาหร่าย เศษดินทรายดังกล่าวจะจมลงสู่พื้นถังล้าง เคลื่อนที่ไปตามพื้นลาดเอียงลงสู่ฝั่งถังตกตะกอน เครื่องล้างมีระบบไฟฟ้าซึ่งสามารถใช้ควบคุมจังหวะการฉีดน้ำ ระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำ และเวลาล้างทั้งหมดได้ จากการทดสอบการทำงาน พบว่า เครื่องสามารถล้างสาหร่ายให้สะอาดได้ที่อัตรา 6.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง สิ้นเปลืองน้ำ 667.24 ลิตร/ชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้า 374 วัตต์ เมื่อให้เครื่องจักรทำงานวันละ 8 ชั่วโมงจะมีระยะเวลาการคืนทุน 1.20 ปี

# Design, Fabrication and Performance Testing of an Algae Cleaning Machine

**Sittiboon Siripornakarachai[1*] and Thunyatip Siripornakarachai[2]**
Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Phu Pieng District, Nan 55000

* *Corresponding Author: boontisit@hotmail.com*
[1] *Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering.*
[2] *Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Business Administration and Liberal Arts.*

## Article Info

**Article History:**
Received: August 17, 2021
Revised: August 17, 2022
Accepted: September 7, 2022
DOI : 10.14456/kmuttrd.2022.22

**Keywords :** Water Bubble Machine / Washing by Injection / Settling

## Abstract

The objective of this research was to design, fabricate and conduct performance testing of an algae cleaning machine, which can be used in a production process at the community level. The machine is expected to allow easier product quality control and increase the production capacity to match the market demand. The dimensions of the machine are 0.52 m (width), 1.00 m (length), and 1.41 m (height). The machine consists of a stainless-steel tank, which is divided into 2 slots, namely, a flushing-tank and a settling-tank, with the capacities of 88 and 92 liters, respectively. The bottom of the tank is sloped from the flushing-tank to the settling-tank. A ½-hp electric pump is installed at the bottom of the flushing tank to suck up fresh water from the settling tank to a nozzle mounted above the flushing tank to inject the fresh water into the flushing task containing algae. The water injection would create turbulent bubbles that in turn cause the algae to turbulently stir. As a result, soil particles would be removed from the algae fibers; the soil particles would then sink to the floor of the flushing-tank and move along the sloped plate into the settling-tank. The machine has an electrical system, which can be used to control the injection stepping, water changing period and total washing time. The test results showed that the machine could clean algae at 6.2 kg/h and exhibited the water consumption rate of 667.24 liters/hour; the power consumption was 374 W. If the machine is allowed to work for eight hours a day, the return on investment period was noted to be 1.20 years.

## 1. บทนำ

ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ได้รวมตัวกันจดทะเบียนก่อตั้งกลุ่ม “วิสาหกิจชุมชนแปรรูปสาหร่ายน้ำจืดบ้านหนองบัว” ใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านทำการแปรรูปสาหร่ายน้ำจืด (สาหร่ายไก) ซึ่งมีอยู่มากมายในท้องถิ่น เพื่อการถนอมอาหารและเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP หลากหลายรูปแบบของตำบล เช่น สาหร่ายแผ่นทรงเครื่อง สาหร่ายปรุงรสตราเลิศรส สาหร่ายไกอบแห้ง ข้าวเกรียบสาหร่ายไก เป็นต้น ดังรูปที่ 1 เป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยการส่งจำหน่ายตามร้านค้า และห้างสรรพสินค้าทั้งในต่างจังหวัดทั่วประเทศ ปัจจุบันทางกลุ่มมีกำลังการล้างสาหร่ายไกดิบด้วยแรงงานมนุษย์ได้ประมาณ 40 กิโลกรัม/วัน เพื่อนำไปตากแห้งจะมีน้ำหนักลดลงเหลือ 4 กิโลกรัม ในจำนวนสาหร่ายแห้ง 4 กิโลกรัม/วัน เมื่อนำไปแปรรูปแล้วยังมีปริมาณไม่เพียงพอแก่ความต้องการของตลาด จึงแจ้งความประสงค์มายังผู้วิจัยเพื่อคิดค้นเครื่องจักรเครื่องทุ่นแรงที่สามารถทำการล้างสาหร่ายให้สะอาดได้ในปริมาณครั้งละมาก ๆ และประหยัดเวลา [1] ทีมผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่ม พบว่า ทางกลุ่มประสบปัญหาหลักในการจัดการวัตถุดิบประการสำคัญคือการล้างสาหร่ายที่ได้มาจากแหล่งน้ำจะมีดินทรายจำนวนมากฝังเกาะมากับเส้นใยสาหร่าย โดยต้องนำสาหร่ายมาทุบให้ดินทรายแตกเป็นเศษเล็ก ๆ แล้วนำมาล้างให้สะอาดก่อนนำไปตากให้แห้งเพื่อรอการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บริโภคต่อไป ดังรูปที่ 2 ซึ่งในการล้างยังต้องใช้แรงงานมนุษย์ โดยการแบ่งสาหร่ายเปียกจำนวน 40 กิโลกรัม ออกเป็นปั้น ๆ เท่ากำมือเพื่อให้ง่ายต่อการล้าง นำมาล้างในน้ำที่เตรียมไว้ 5 ถังเรียงต่อกันโดยแรงงาน 5 คน โดยจะใช้เวลาล้างในแต่ละปั้นแต่ละถังอีกประมาณ 5-10 นาที และสุดท้ายต้องนำไปล้างในเครื่องซักผ้าอีกประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าสะอาดหมดจด รวมเวลาที่ใช้ไปกับการล้างทั้งสิ้นประมาณ 8 ชั่วโมง/วัน สร้างความเหนื่อยล้าและสิ้นเปลืองทรัพยากร (น้ำ ไฟฟ้า เวลา และแรงงาน) เป็นอย่างมาก เป็นอุปสรรคต่อการเพิ่มผลผลิตและการขยายตลาด อย่างไรก็ตาม การนำสาหร่ายไปล้างในน้ำสุดท้ายในเครื่องซักผ้าย่อมสร้างปัญหาทำให้เครื่องซักผ้าอุดตันจากเส้นใยสาหร่ายที่ถูกใบพัดของเครื่องซักผ้าตีกวนจนเส้นใยสาหร่ายขาดกระจายไหลไปอุดตันตามช่องทางเดินน้ำ เส้นใยสาหร่ายอีกจำนวนหนึ่งที่ไม่ขาดกระจายก็จะถูกใบพัดหมุนปั่นไปพันเข้ากับกลไกขับหมุนใบพัดของเครื่องซักผ้า ทำให้สูญเสียสาหร่ายไปอีกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องมีการถอดซ่อมบำรุงเครื่องซักผ้าอยู่บ่อย ๆ [2] โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องจักรในการล้างสาหร่ายให้สะอาดแทนแรงงานมนุษย์ ล้างได้ครั้งละมาก ๆ ประหยัดเวลา ประหยัดแรงงาน และทรัพยากรในการล้างอย่างได้ผล อีกทั้งจะเป็นการเอื้อให้ทางกลุ่มมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายได้มากขึ้น สามารถขยายกำลังการผลิตได้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดได้

(1) (2) (3)

**รูปที่ 1** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสาหร่ายน้ำจืดบ้านหนองบัว: (1) สาหร่ายแผ่นทรงเครื่อง (2) สาหร่ายไกอบแห้ง และ (3) ข้าวเกรียบสาหร่าย

(1) (2) (4) (3)

**รูปที่ 2** แสดงขั้นตอนการจัดการสาหร่ายดิบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสาหร่ายน้ำจืดบ้านหนองบัว: (1) เก็บสาหร่ายจากแหล่งน้ำ (2) ทุบให้ดินทรายแตกเป็นก้อนเล็ก ๆ (3) ล้างสาหร่าย และ (4) ตากให้แห้งเพื่อรอการแปรรูป

## 2. วิธีการและอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

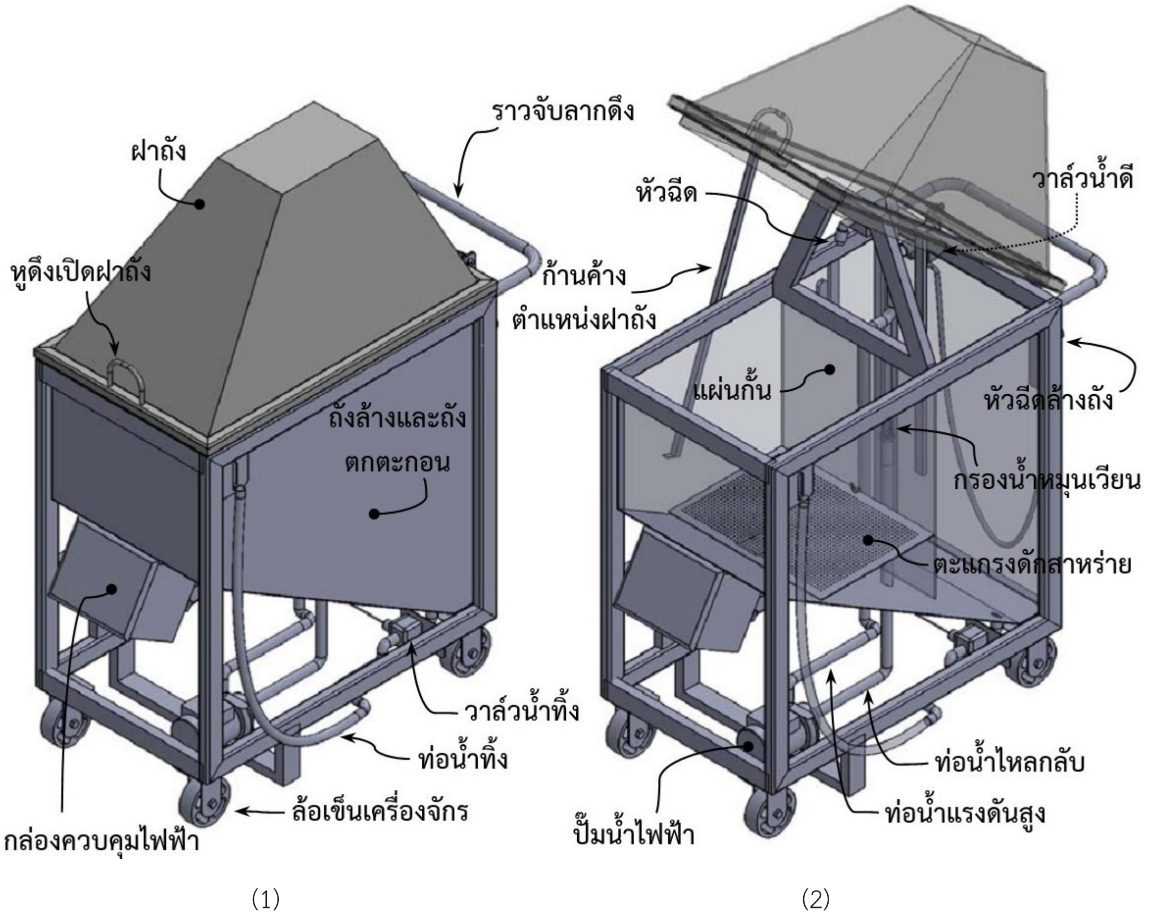
### 2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นไปในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ เครื่องมือ เครื่องจักร เครื่องทุ่นแรง ที่เหมาะสมกับงาน เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาและ/หรือพัฒนากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้ผลเป็นรูปธรรม ที่ซึ่งจะต้องมีการศึกษากระบวนการและกรรมวิธีการผลิตของกลุ่มชุมชนเป้าหมายให้เข้าใจกระบวนการและปัญหาที่เกิดอย่างถ่องแท้เสียก่อน ด้วยการลงพื้นที่สำรวจสัมภาษณ์บุคลากรของกลุ่มตลอดจนสังเกตการปฏิบัติงานการผลิตของกลุ่มโดยละเอียด ทำการจดบันทึกปัญหาต่าง ๆ ที่ทางกลุ่มประสบอยู่ นำมาวิเคราะห์ เพื่อคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับวิถีการทำงานที่มีความสำพันธ์ต่อเนื่องกันตลอดทั้งกระบวนการผลิต

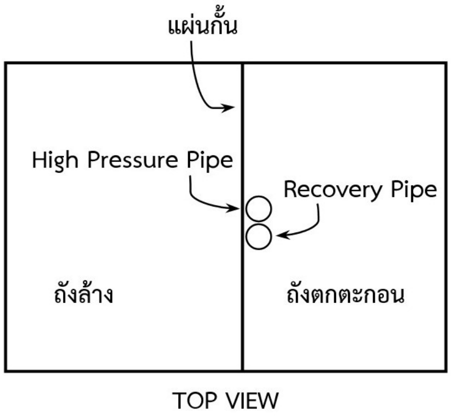
### 2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องจักร

เป็นการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องจักร ให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ก่อนการนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิตของกลุ่ม โดยจะต้องคำนึงถึงการมีความแม่นยำ รวดเร็ว ปลอดภัย ใช้งานและบำรุงรักษาง่าย ต้นทุนเครื่องจักรต่ำเพื่อให้สามารถคืนทุนได้รวดเร็ว [3] โดยที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรจะต้องถูกออกแบบให้มีความแข็งแรง ทนทาน ปลอดภัย และสามารถรองรับความจุของวัตถุดิบและปริมาณน้ำที่ใช้ล้างได้ 180 ลิตร ความและเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมตามหลักโภชนาการ ซึ่งจะต้องเป็นโลหะปลอดสนิม ทนกรด ด่าง คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 [4] ที่ต้องอาศัยการคำนวณออกแบบ รวมถึงการเลือกใช้วัสดุตามหลักวิชาการทางวัสดุศาสตร์ [5-9] ตลอดจนหลักการทางไฟฟ้าและการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุมที่

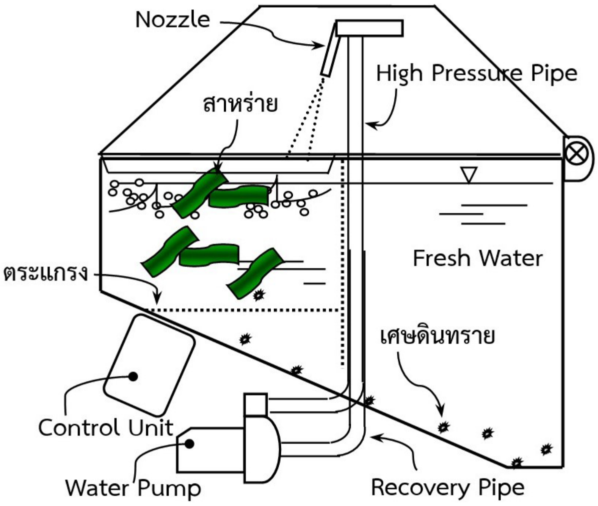
เหมาะสมและง่ายต่อการควบคุมได้แก่ ปั๊มน้ำ รีเลย์ เครื่องตั้งเวลาตลอดจนสวิตช์ควบคุมและไฟแสดงสถานะการทำงานต่าง ๆ [10] เครื่องจักรที่ออกแบบไว้จะมีชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 3 และ 4 โดยถังบรรจุน้ำล้างสาหร่ายจะมีแผ่นกั้นเพื่อแบ่งให้เกิดเป็นสองถัง เรียกว่าถังล้าง (flushing-tank) และถังตกตะกอน (settling-tank) โดยนำสาหร่ายดิบที่ต้องการจะล้างใส่ลงในถังล้างด้านซ้ายที่มีตระแกรงดักสาหร่ายไม่ให้สาหร่ายเล็ดลอดไปยังถังตกตะกอนได้ ปั๊มน้ำจะดูดน้ำสะอาดจากถังตกตะกอนด้านขวาเพื่อส่งไปยังหัวฉีดที่อยู่ด้านบนของถัง หัวฉีดจะฉีดน้ำแรงดันสูงลงในถังล้างทำให้น้ำในถังล้างเกิดคลื่นฟองแบบปั่นป่วน ดังนั้น สาหร่ายจึงเกิดการเคลื่อนที่ม้วนตัวแบบปั่นป่วนไปด้วยจะทำให้เกิดการสลัดสิ่งสกปรกและเศษดินทรายที่จับตัวอยู่กับเส้นใยสาหร่ายหลุดออกมา จากนั้นปั๊มน้ำก็จะหยุดทำงานเป็นช่วงสั้น ๆ ตามจังหวะที่โปรแกรมไว้ หัวฉีดจึงหยุดฉีดน้ำไปด้วย ทำให้น้ำในถังล้างค่อย ๆ นิ่ง เพื่อให้เศษดินทรายที่สลัดหลุดออกมานั้นมีช่วงเวลาได้จมลงผ่านตระแกรงไหลไปตามพื้นเอียงที่ก้นถังไปรวมตัวกันอยู่บริเวณก้นถังตกตะกอน ส่วนบนของน้ำในถังตกตะกอนที่ใสสะอาดกว่าจะถูกปั๊มน้ำดูดกลับมาฉีดลงในถังล้างอีกครั้ง สลับกันไปเช่นนี้อย่างต่อเนื่องจนกว่าน้ำจะขุ่นหรือครบเวลาที่ตั้งไว้ เครื่องจะสั่งให้ถ่ายน้ำทิ้งและเปลี่ยนน้ำใหม่เข้ามาโดยอัตโนมัติ สลับกันไปเช่นนี้จนกว่าสาหร่ายจะสะอาด เครื่องจักรจึงจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติพร้อมเสียงเตือนเมื่อสิ้นสุดการล้าง




**รูปที่ 3** ชิ้นส่วนของเครื่องล้างทำความสะอาดสาหร่าย :
(1) ชิ้นส่วนที่ติดตั้งหรือมองเห็นได้จากภายนอก และ (2) ชิ้นส่วนที่ติดตั้งหรือมองเห็นได้จากภายใน




(1)




(2)

**รูปที่ 4** หลักการทำงานของเครื่องล้างทำความสะอาดสาหร่าย: (1) จากมุมมองด้านบนภายในถัง และ (2) จากมุมมองด้านข้างภายในถัง

**2.3 ทดสอบและปรับแต่งเครื่องจักร**

เป็นการทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องจักร เพื่อนำไปตั้งเป็นค่าเริ่มต้น หรือการตั้งโปรแกรมการทำงานให้กับเครื่องจักร และกำหนดค่าดัชนีชี้วัดความขุ่น-ใส ด้วยตัวเลขเชิงสถิติ ระดับ 1 หมายถึงน้อยสุด และระดับ 5 หมายถึงมากสุด โดยทำการทดสอบดังนี้

2.3.1 ทดสอบหาจังหวะการฉีดน้ำที่เหมาะสม เป็นการหาคาบเวลาที่เหมาะสม ในการฉีดน้ำและหยุดฉีดน้ำสลับกัน ที่ซึ่งเป็นการกำหนดคาบเวลาการทำงานและหยุดทำงานของปั๊มน้ำช่วงสั้น ๆ สลับกันนั่นเอง โดยการฉีดน้ำจะทำให้เกิดคลื่นฟองปั่นป่วนในถังล้าง ทำให้สาหร่ายที่แช่อยู่ในน้ำนั้นเกิดการเคลื่อนที่ในน้ำแบบปั่นป่วนและสลัดสิ่งสกปรกเศษดินทรายที่จับตัวอยู่ตามเส้นใยให้หลุดลอยออกมากับน้ำ และในจังหวะหยุดฉีดน้ำจะหยุดนิ่งขึ้น สิ่งสกปรกและเศษดินทรายที่ลอยอยู่ในน้ำจึงจะค่อย ๆ จมลงสู่ก้นถังได้ สำหรับการทดสอบนี้ จะทำการปรับตั้งเวลาการทำงานและหยุดทำงานของปั๊มน้ำเริ่มต้นที่ 10 วินาที (ระยะเวลาการฉีดน้ำและหยุดฉีดน้ำเป็น 10 วินาที สลับกันอย่างต่อเนื่อง) และกำหนดให้ทำงานในสภาวะนี้ต่อเนื่องกันเป็นเวลารวม 5 นาที จากนั้นจึงเปลี่ยนระยะเวลาการฉีดน้ำให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 วินาที โดยในแต่ละครั้งก่อนที่จะเปลี่ยนระยะเวลาการฉีดน้ำจะต้องเปิดฝาถังเพื่อสังเกตและจดบันทึกความสะอาดของน้ำและปริมาณตะกอนดินทรายเป็นสำคัญ และต้องเปลี่ยนน้ำใหม่เข้ามาพร้อมทั้งเปลี่ยนชุดสาหร่ายที่ใช้ทดสอบใหม่ทั้งหมดด้วย

2.3.2 การทดสอบหาระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำที่เหมาะสม เป็นการทดสอบหาเวลาในการล้างสาหร่ายจนกระทั่งน้ำที่ใช้ล้างนั้นอิ่มตัวด้วยตะกอน (ขุ่น) จนไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ จำเป็นต้องถ่ายทิ้งไป และเปลี่ยนน้ำสะอาดเข้ามาแทนที่ สำหรับการทดสอบนี้ เป็นการทดสอบในขั้นตอนต่อจากข้อ 2.3.1 ดังนั้น จึงต้องนำเอาสภาวะที่เหมาะสมของการทดสอบที่ได้ในข้อ 2.3.1 มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับการทดสอบในหัวข้อนี้ โดยปรับตั้งจังหวะการฉีดน้ำที่เหมาะสมที่ค้นพบในหัวข้อ 2.3.1 และให้เปิดฝาถังทำการสำรวจความขุ่นของน้ำในถังล้างและถังตกตะกอนทุก ๆ 5 นาที จนกว่าจะสังเกตพบว่า น้ำในถังตกตะกอนมีความขุ่นมากสมควรต้องเปลี่ยนใหม่ เพราะหากยังใช้น้ำที่ขุ่นมากนั้นล้างสาหร่ายต่อไป จะไม่ทำให้สาหร่ายสะอาดขึ้นได้เท่าที่ควร และจะเป็นการเสียเวลาและพลังงานในการล้างโดยเปล่าประโยชน์ โดยจะทำการทดสอบในหัวข้อนี้ซ้ำ 3 ครั้ง

2.3.3 การทดสอบหาเวลาการล้างที่เหมาะสมและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร เป็นการทดสอบหาจำนวนเวลาทั้งหมดที่จะให้เครื่องจักร

ทำงาน เนื่องจากการเปลี่ยนน้ำล้างสาหร่ายที่ขุ่นมากโดยการแทนที่ด้วยน้ำสะอาดเข้ามาใหม่ ย่อมจะทำให้สาหร่ายถูกล้างจนสะอาดหมดจดได้ โดยจำนวนครั้งของการเปลี่ยนน้ำล้างใหม่จะถูกนำมานับรวมเวลากันเป็นเวลาทำงานทั้งหมดเพื่อนำไปคำนวณกำหนดเป็นค่าระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรนั่นเอง สำหรับการทดสอบนี้ เป็นการทดสอบในขั้นตอนสุดท้ายต่อจากการทดสอบข้อ 2.3.2 ดังนั้น จึงต้องนำเอาสภาวะที่เหมาะสมของการทดสอบที่ได้ในข้อ 2.3.2 มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับการทดสอบในหัวข้อนี้ โดยต้องเปิดฝาถังเพื่อพิจารณาความสะอาดของเนื้อสาหร่ายทุกครั้งที่เครื่องจักรมีการถ่ายน้ำทิ้งออกจนหมด เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า สาหร่ายในถังล้างมีความสะอาดหมดจดเพียงพอแล้วและไม่จำเป็นต้องทำการล้างต่อไปอีก จึงสั่งเครื่องจักรให้หยุดทำงาน ในช่วงการทดสอบในหัวข้อนี้ จะทำการตรวจวัดการสิ้นเปลืองน้ำและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรไปในเวลาเดียวกัน โดยจะทำการทดสอบในหัวข้อนี้ซ้ำ 3 ครั้ง

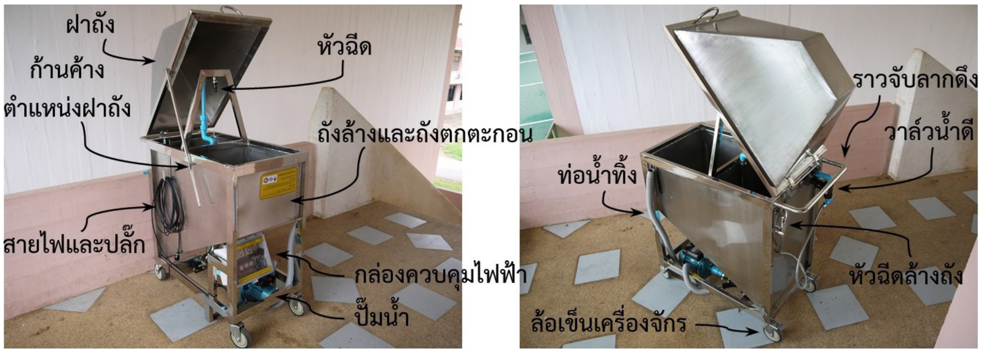
### 2.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เป็นการนำข้อมูลด้านการเงินและการลงทุนมาใช้คำนวณตามหลักทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาค่าระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PBP) โดยค่า PBP หากมีค่าน้อยจะหมายถึงความสามารถในการคืนทุนได้รวดเร็ว โดยในการวิจัยนี้ ใช้การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ด้วยโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป (Microsoft Excel) โดยอาศัยวิธีการประเมินโดยคิดผลตอบแทนการคืนทุน จากการนำรายได้สุทธิต่อปี หารด้วยรายจ่ายรวมตลอดทั้งปี วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายโดยไม่มีการนำอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิในการลงทุน (Net Present Value, NPV) เท่ากับศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์มาพิจารณา และไม่มีการนำเอาค่าอัตราดอกเบี้ยมาร่วมคำนวณด้วย [3]

## 3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

### 3.1 ผลการสร้างเครื่องจักร

เครื่องจักรที่สร้างเสร็จสมบูรณ์จะมีลักษณะ ดังรูปที่ 5 ซึ่งตัวเครื่องจักรมีขนาดกว้าง 0.52 เมตร ยาว 1.00 เมตร และสูง 1.41 เมตร มีน้ำหนักเครื่องเปล่า 60 กิโลกรัม ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว 220 โวลต์ 50-60 เฮิรตซ์ ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ ใช้สำหรับล้างสาหร่ายไกได้ครั้งละ 6 กิโลกรัม ในอัตราการล้าง 6.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้า 370 วัตต์ ตัวเครื่องประกอบไปด้วย ถังเหล็กกล้าไร้สนิมทรงสี่เหลี่ยมที่แบ่งเป็น 2 ช่อง ทำหน้าที่เป็นถังล้างและถังตกตะกอน ที่มีความจุของน้ำ 88 และ 92 ลิตร ตามลำดับ มีปั๊มไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า ติดตั้งอยู่ด้านล่างของตัวเครื่อง ทำหน้าที่ดูดน้ำสะอาดจากถังตกตะกอนส่งไปยังหัวฉีดน้ำแรงดันสูงที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของเครื่องจักร ก้นถังซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นลาดเอียงจากถังล้างไปยังถังตกตะกอน ด้านบนของถังเหล็กกล้าไร้สนิมมีฝาและกลไกล็อกตำแหน่งการเปิดฝาถังที่สามารถ เปิด-ปิด ได้สะดวกเพื่อป้องกันการกระเด็นของน้ำ โดยเครื่องจักรสามารถปรับจังหวะการฉีดน้ำ ช่วงเวลาการเปลี่ยนน้ำ และเวลาการทำงานของเครื่อง ได้โดยง่ายด้วยเครื่องตั้งเวลาหลาย ๆ ตัวมาประกอบให้ทำงานต่อเนื่องกันเป็นหน่วยควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยการโปรแกรมการทำงาน (ตั้งค่าให้กับเครื่องตั้งเวลาแต่ละตัว) เพียงครั้งเดียว




**รูปที่ 5** ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องล้างทำความสะอาดสาหร่าย: (1) จากมุมมองด้านหน้าเฉียงซ้ายของเครื่อง และ (2) จากมุมมองด้านหลังเฉียงขวาของเครื่อง

**3.2 ผลการทดสอบหาจังหวะการฉีดน้ำที่เหมาะสม**

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ภายใต้การตั้งค่าจังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำเป็นช่วงสั้น ๆ สลับกันไว้ที่ 30 วินาที (Nozzle Step = 30s) พบว่า จะทำให้เศษดินทรายที่เกาะอยู่ตามเส้นใยสาหร่ายถูกแรงกระเพื่อมของน้ำจากการฉีดชะล้างให้เศษดินทรายที่เกาะติดในเส้นใยหลุดลอยออกมาละลายอยู่ในน้ำได้ดี และมีลักษณะของเศษดินทรายที่จมอยู่ก้นถังมีลักษณะเป็นตะกอน แสดงให้เห็นว่า ในช่วงของการหยุดฉีดน้ำที่ 30 วินาที เป็นเวลาที่มากพอที่จะทำให้น้ำหยุดกระเพื่อมและเศษดินทรายดังกล่าวลอยจมลงสู่ก้นถังล้างและไหลไปตามแผ่นลาดเอียงลงสู่ก้นถังตกตะกอนได้ดีที่สุด ในขณะที่การตั้งจังหวะการฉีดที่น้อยกว่านี้ (Nozzle Step < 30s) ช่วงเวลาในการหยุดฉีดน้ำจะสั้นเกินไปไม่เพียงพอที่จะทำให้ตะกอนดินทรายจมลงสู่ก้นถังล้างและไหลไปสู่ก้นถังตกตะกอนได้มากพอ จึงทำให้ตะกอนบางส่วนถูกแรงกระเพื่อมจากการฉีดน้ำครั้งถัดไปตีให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาอีก และมีโอกาสที่เศษดินทรายจะแทรกตัวเข้าไปเกาะอยู่ตามเส้นใยสาหร่ายได้อีกครั้ง ในทางตรงกันข้ามถ้าตั้งจังหวะการฉีดน้ำที่มากกว่า 30 วินาที (Nozzle Step > 30s) กลับพบว่าผลการเกิดตะกอนในน้ำไม่ต่างกันกับที่ 30 วินาที แต่สิ่งที่สังเกตเห็นเพิ่มเติม คือ มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดผ่านตระแกรงดักสาหร่ายมายังถังตกตะกอนในจำนวนมากขึ้น เนื่องจากปั๊มน้ำจะดูดน้ำสะอาดเหนือส่วนที่ตกตะกอนแล้วในถังตกตะกอนกลับมาใช้ใหม่ ฉะนั้น ความยาวนานและต่อเนื่องที่มากพอของการดูดน้ำจะสร้างปรากฏการณ์ทิศทางการไหลคงที่ของน้ำ ทำให้เส้นใยที่เป็นฝอยเล็ก ๆ ของสาหร่ายถูกดึงมาตามกระแสน้ำเข้ามายังถังตกตะกอน สิ่งนี้จะเป็นปัญหาให้เกิดการอุดตันในระบบท่อทางส่งน้ำได้ง่าย ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกันนี้ในการทดสอบซ้ำทั้ง 3 ครั้ง ฉะนั้น เวลาการฉีดที่ยาวนานกว่า 30 วินาที จึงควรหลีกเลี่ยง และถือได้ว่า ที่จังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำ 30 วินาทีสลับกัน (Nozzle Step = 30s) เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหัวข้อการทดสอบนี้ โดยเมื่อสิ้นสุดการฉีดและหยุดฉีดน้ำเป็นช่วงสั้น ๆ สลับกันที่ 30 วินาที เป็นเวลารวมทั้งสิ้น 5 นาที ปรากฏผล ดังรูปที่ 6

**ตารางที่ 1** ปริมาณตะกอนดินทรายที่หลุดลอยอยู่ในน้ำ (ระดับ 1 น้อยสุด ระดับ 5 มากสุด)

| จังหวะการฉีดน้ำ (Nozzle Step) (วินาที) | ปริมาณตะกอนดินทรายที่หลุดลอยอยู่ในน้ำในนาทีที่ 5 | |
|---|---|---|
| | ในถังล้าง | ในถังตกตะกอน |
| 10 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่ทั่วไปในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 2 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่ทั่วไปในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 2 |
| 02 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่ทั่วไปในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 3 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่ทั่วไปในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 3 |
| **03** | **ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 5** | **ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำและจมลงสู่ก้นถัง และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 3** |
| 04 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 5 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำและจมลงสู่ก้นถัง และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 4 |
| 05 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำ และจมลงสู่ก้นถัง ระดับ 5 | ตะกอนดินทรายลอยอยู่มากในน้ำและจมลงสู่ก้นถัง และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 5 |

(1) (2)

**รูปที่ 6** สภาพในถังตกตะกอนและถังล้างจากจังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำที่ 30 วินาที สลับกันเป็นเวลา 5 นาที: (1) ในถังตกตะกอน และ (2) ในถังล้าง

**3.3 ผลการทดสอบหาระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำที่เหมาะสม**

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ภายใต้การตั้งค่าจังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำ 30 วินาทีสลับกัน (Nozzle Step 30s) อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน 10 นาที เป็นระยะเวลาที่ยาวนานเพียงพอและเหมาะสมที่สุดที่จะต้องทำการเปลี่ยนน้ำสะอาดเข้ามาล้างใหม่ จากการสังเกตพบว่า เศษดินทรายที่หลุดลอยออกมาจากเส้นใยสาหร่ายมีการสะสมในน้ำมากขึ้นตั้งแต่การตรวจพบได้ชัดเจนด้วยตาเปล่าในนาทีที่ 5 และเมื่อถึงนาทีที่ 10 น้ำในถังล้างและถังตกตะกอนจะมีความขุ่นมากจนพิจารณาแล้วว่า ไม่ควรนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เนื่องจากน้ำที่ขุ่นมากนี้ หากนำกลับไปใช้ใหม่จะทำให้เส้นใยสาหร่ายที่ผ่านการล้างแล้วจะได้รับสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำอีกครั้ง และสิ่งสกปรกนี้มีโอกาสแทรกซึมเข้าไปเกาะติดกับเส้นใยสาหร่ายได้อีก จึงไม่เป็นการทำให้สาหร่ายสะอาดไปกว่านี้ได้อีก เพื่อเป็นการยืนยันสมมติฐานดังกล่าว จึงให้เครื่องทำการล้างสาหร่ายด้วยน้ำที่ขุ่นนั้นต่อไปอีกจนกระทั่งถึงนาทีที่ 15 และ 20 ตามลำดับ พบว่าน้ำในถังก็ยังคงขุ่นมากเหมือนเดิม และพบเพิ่มเติมว่ามีเศษเส้นใยเล็ก ๆ ของสาหร่ายเล็ดลอดผ่านตะแกรงดักสาหร่ายมายังถังตกตะกอนเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกันนี้ในการทดสอบซ้ำทั้ง 3 ครั้ง ฉะนั้น เพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันระบบท่อทางเดินน้ำและท่อทางระบายน้ำทิ้ง จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำล้างที่ผ่านการใช้แล้วมายาวนานเกินกว่า 10 นาที จึงถือได้ว่า การตั้งค่าจังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำไว้ที่ 30 วินาทีสลับกัน ควรต้องมีการเปลี่ยนน้ำล้างใหม่ทุก ๆ 10 นาที โดยเมื่อสิ้นสุดการฉีดและหยุดฉีดน้ำเป็นช่วงสั้น ๆ สลับกันที่ 30 วินาที เป็นเวลารวมทั้งสิ้น 10 นาที ปรากฏผล ดังรูปที่ 7

**ตารางที่ 2** ความขุ่น-ใสของน้ำ (ระดับ 1 น้อยสุด ระดับ 5 มากสุด)

| เปิดฝาถังสำรวจ (สิ้นสุดนาทีที่) | ความใส-ความขุ่น ของน้ำ | |
|---|---|---|
| | ในถังล้าง | ในถังตกตะกอน |
| 5 | ขุ่น ระดับ 5 | ขุ่น ระดับ 1 และปราศจากเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน |
| **01** | **ขุ่น ระดับ 5** | **ขุ่น ระดับ 4 และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1** |
| 51 | ขุ่น ระดับ 5 | ขุ่น ระดับ 4 และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 3 |
| 02 | ขุ่น ระดับ 5 | ขุ่น ระดับ 5 และมีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 4 |

(1)

(2)

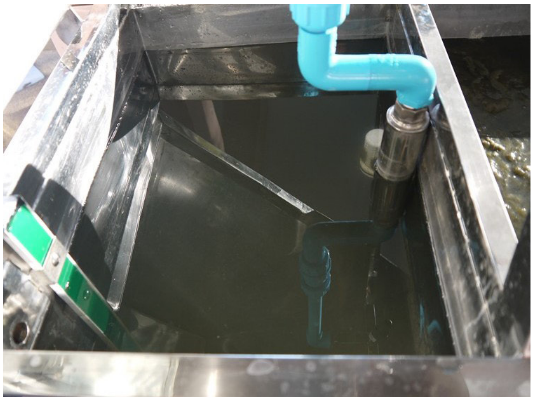
**รูปที่ 7** สภาพของน้ำในถังจากการทดสอบหาระยะเวลาการเปลี่ยนน้ำใหม่ทุก ๆ 10 นาที: (1) ในถังตกตะกอน และ (2) ในถังล้าง

**3.4 ผลการทดสอบหาเวลาการล้างที่เหมาะสมและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร**

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า เมื่อสั่งให้เครื่องจักรทำงานภายใต้จังหวะการฉีดและหยุดฉีดน้ำ 30 วินาทีสลับกันอย่างต่อเนื่องจนครบ 10 นาที จึงเปลี่ยนน้ำล้างใหม่ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการเปลี่ยนน้ำล้างใหม่ในครั้งที่ 3 เส้นใยสาหร่ายมีความสะอาดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ กล่าวคือ ตรวจสอบด้วยสายตาและใช้มือบีบขยี้เส้นใยสาหร่ายไม่พบเศษดินทรายปะปนและไม่พบสิ่งสกปรกเกาะติดตามเส้นใยสาหร่าย และเพื่อเป็นการยืนยันความสะอาด จึงได้ทดลองทำการล้างต่อไปอีกจนสิ้นสุดการเปลี่ยนน้ำใหม่ของครั้งที่ 5 พบว่า สาหร่ายยังมีความสะอาดเหมือนเดิม และไม่พบว่าจะมีตะกอนดินทรายที่เป็นของแข็งเกิดขึ้นในน้ำล้างหรือที่ก้นถังอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงแต่เศษเส้นใยฝอยเล็ก ๆ ของสาหร่ายปะปนอยู่ในน้ำเท่านั้น ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกันนี้ในการทดสอบซ้ำทั้ง 3 ครั้ง ฉะนั้น จึงถือได้ว่า การล้างสาหร่ายเปียกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม เพียง 3 ครั้ง (3 น้ำ) เพียงพอและเหมาะสมแล้วในการทำความสะอาดสาหร่ายให้สะอาดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ดังรูปที่ 8 ซึ่งต้องใช้เวลาในการล้างทั้งหมด 58 นาที (ค่าเวลาการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมดคือ 58 นาที) และคำนวณอัตราการล้างได้ 6.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำล้าง 667.24 ลิตร/ชั่วโมง และเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าอ่านค่าในช่วงที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด เฉลี่ย 374 วัตต์ ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 3** ความสะอาดของสาหร่าย (ระดับ 1 น้อยสุด ระดับ 5 มากสุด)

| สิ้นสุดการล้างครั้งที่ | ความสะอาดของสาหร่าย (หลังการโหลดน้ำเข้าถังจนเต็ม) | |
|---|---|---|
| | ในถังล้าง | ในถังตกตะกอน |
| 1 | เส้นใยมีตะกอนดินทรายเกาะติด ระดับ 4 | มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1 |
| 2 | เส้นใยมีตะกอนดินทรายเกาะติด ระดับ 1 | มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1 |
| **3** | **เส้นใยมีความสะอาดปราศจากตะกอนดินทราย** | **มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1** |
| 4 | เส้นใยมีความสะอาดปราศจากตะกอนดินทราย | มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1 |
| 5 | เส้นใยมีความสะอาดปราศจากตะกอนดินทราย | มีเศษสาหร่ายเล็ดลอดปะปน ระดับ 1 |


(1)

(2)

**รูปที่ 8** สภาพของน้ำในถังจากการทดสอบหาเวลาการล้างที่การเปลี่ยนน้ำล้าง 3 ครั้ง: (1) ในถังตกตะกอน และ (2) ในถังล้าง

**ตารางที่ 4** แสดงการคำนวณค่าเฉลี่ยการใช้เวลา น้ำ และพลังงานไฟฟ้า ที่สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

| |
|---|
| ปริมาณสาหร่ายเปียกที่บรรจุลงถังล้าง 6 กิโลกรัม |
| ปริมาณน้ำโหลดเข้าถังเริ่มต้น 081 ลิตร ใช้เวลา 6 นาที (ใช้ปั๊มน้ำตามบ้านทั่วไปขนาดอัตราการไหล 100 ลิตร/นาที) |
| ปริมาณน้ำโหลดเข้าถังเมื่อเปลี่ยนน้ำ 551 ลิตร ใช้เวลา 5 นาที (ใช้ปั๊มน้ำขนาดอัตราการไหล 100 ลิตร/นาที) |
| มีการเปลี่ยนน้ำ 2 ครั้ง จึงใช้น้ำไปทั้งหมด = 180 + (155x2) = 490 ลิตร |
| ปริมาณน้ำเสียปล่อยทิ้ง 551 ลิตร ใช้เวลา 3 นาที 30 วินาที |
| ∴ จึงมีการปล่อยน้ำเสียทิ้ง 2 ครั้ง จึงใช้เวลาไปทั้งหมดเพื่อการโหลดน้ำและปล่อยน้ำ<br>= 6 นาที + (5 นาที x 2 ครั้ง) + (3 นาที 30 วินาที x 2 ครั้ง) = 23 นาที |
| จากผลการทดสอบพบว่าสิ้นสุดการล้างครั้งที่ 3 สาหร่ายจึงจะสะอาดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และวงจรควบคุมเครื่องจักรกำหนดเงื่อนไขให้ต้องมีการโหลดน้ำสะอาดเข้าถังให้เต็มเสียก่อนจึงจะยอมให้การสั่งหยุดเครื่องอัตโนมัติเมื่อการล้างเสร็จสิ้น ทั้งนี้เพื่อให้น้ำสะอาดยกสาหร่ายให้ลอยขึ้น ทำให้ง่ายต่อการนำสาหร่ายออกจากถัง และพร้อมกันนั้นน้ำสะอาดครั้งล่าสุดจะใช้เพื่อการล้างถังไปด้วยในตัว |
| ∴ ระยะเวลาการทำงานของเครื่องทั้งหมด = (23 นาที) + (3 ครั้ง x 10 นาที) + (5 นาที) = 58 นาที |
| ∴ อัตราการล้างของเครื่องจักร = (60 นาที x 6 กิโลกรัม) ÷ 58 นาที = 6.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง |
| และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำ = (60 นาที x (490 ลิตร+155 ลิตร)) ÷ 58 นาที = 667.24 ลิตร/ชั่วโมง |
| กระแสไฟฟ้าขณะ Stand By เฉลี่ย 15 วัตต์ ขณะ Run เฉลี่ย 374 วัตต์ และขณะ Drain เฉลี่ย 19 วัตต์ |

**3.6 ผลการคำนวณเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น**

เป็นการนำเอาข้อมูลด้านการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มชุมชนเป้าหมายและข้อมูลด้านการผลิตเครื่องจักรต้นแบบมาคำนวณโดยใช้หลักวิชาการทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น [3] เพื่อให้ได้คำตอบในเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางการลงทุนและขยายตลาดของกลุ่มชุมชนเป้าหมาย ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 5 คำนวนพบว่า ระยะเวลาการคืนทุนในกรณีใช้เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นใหม่จะยาวนานกว่าวิธีการล้างสาหร่ายแบบเดิมซึ่งใช้เครื่องซักผ้า 1 เครื่อง ร่วมกับ

แรงงานมนุษย์ 5 คน เพียงเล็กน้อย กล่าวคือ การล้างสาหร่ายแบบเดิมนั้น จะมีระยะเวลาการคืนทุนเป็น 1.52 ปี (1 ปี 6 เดือน 8 วัน) ในขณะที่การใช้เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นใหม่จะมีระยะเวลาการคืนทุนเป็น 1.20 ปี (1 ปี 2 เดือน 12 วัน) อย่างไรก็ตาม ยังถือได้ว่าเป็นระยะเวลาการคืนทุนที่รวดเร็วมากในทั้งสองกรณี แต่การเลือกวิธีการล้างสาหร่ายด้วยเครื่องจักรจะมีข้อได้เปรียบกว่าในเชิงการแก้ปัญหาและพัฒนากระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการล้างสาหร่ายที่มีความสะอาดถูกสุขลักษณะ รวดเร็ว ปลอดภัย การใช้งานและดูแลรักษาเครื่องจักรทำได้ง่าย สามารถควบคุมการทำงานเครื่องจักรได้ด้วยคนเพียงคนเดียวจึงเป็นการลดแรงงานคน ทำให้สามารถกำหนดอัตราการผลิตได้แม่นยำขึ้น ตลอดจนสามารถบริหารจัดการแรงงานที่จะทำหน้าที่ล้างสาหร่ายไปทำงานในหน้าที่อื่นในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องได้ นำไปสู่การลดรายจ่ายในกระบวนการผลิตและยังเป็นการเพิ่มรายได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยจะเห็นผลชัดเจนภายหลังจากพ้นระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องจักรไปแล้ว อย่างไรก็ตาม เงื่อนไขของระยะเวลาการคืนทุนดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ตามผลของการวิเคราะห์นั้น จะต้องมีการทำงานให้เต็มความสามารถของเครื่องจักร ซึ่งผู้ประกอบการเองต้องมีระบบการจัดการที่สามารถทำการตลาดจนกระทั่งได้ลูกค้าที่มีจำนวนการสั่งซื้อผลผลิตได้เทียบเท่าหรือไม่น้อยกว่าที่ทำการผลิตได้เต็มอัตราการผลิตของเครื่องจักรนี้ด้วย

**ตารางที่ 5** ข้อมูลทางการเงินและการลงทุนเบื้องต้นเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องซักผ้าและแรงงานมนุษย์ในการล้างสาหร่ายกับการใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นใหม่

| ลำดับ | รายการ | ใช้เครื่องซักผ้าและแรงงานมนุษย์ | ใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นใหม่ |
|---|---|---|---|
| 1 | ราคาชิ้นส่วนทุกชิ้นใน 1 เครื่อง (บาท/เครื่อง) | 0(1) | 65,340(2) |
| 2 | ราคาเครื่องจักร (ราคาชิ้นส่วนรวมค่าแรงประกอบ) (บาท/เครื่อง) | 7,000 | 101,840 |
| 3 | จำนวนเครื่องที่ใช้งาน (เครื่อง) | 1 | 1 |
| 4 | การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) | 0.50 | 0.37 |
| 5 | อัตราการสิ้นเปลืองน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง) | 1.00 | 0.67 |
| 6 | อัตราการล้างสาหร่าย (กิโลกรัม/ชั่วโมง) | 5.00 | 6.20 |
| 7 | อัตราการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์สาหร่ายแห้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง) | 0.50 | 0.62 |
| 8 | ระยะเวลาทำงานของเครื่องจักร (ชั่วโมง/วัน) | 8 | 8 |
| 9 | อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง) | 2.50 | 2.50 |
| 10 | อัตราค่าน้ำประปา (บาท/ลูกบาศก์เมตร) | 21.70 | 21.70 |
| 11 | จำนวนวันที่ทำการผลิต (วัน/ปี) | 240(3) | 240(3) |
| 12 | ราคาขายผลิตภัณฑ์สาหร่ายแห้ง เฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม) | 1,600 | 1,600 |
| 31 | ต้นทุนการผลิตได้เป็นสาหร่ายแห้ง (บาท/กิโลกรัม) | 600 | 600 |
| | **รายจ่าย** | | |
| 14 | ค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเพื่อการผลิต (บาท/ปี) | 576,000 | 714,240 |
| 15 | ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อเครื่องจักรในปีแรก (บาท) | 7,000 | 132,392(4) |
| 16 | ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า (บาท/ปี) | 2,400 | 1,795 |

**ตารางที่ 5** ข้อมูลทางการเงินและการลงทุนเบื้องต้นเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องซักผ้าและแรงงานมนุษย์ในการล้างสาหร่ายกับการใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นใหม่ (ต่อ)

| ลำดับ | รายการ | ใช้เครื่องซักผ้าและแรงงานมนุษย์ | ใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นใหม่ |
|---|---|---|---|
| 17 | ค่าใช้จ่ายด้านค่าน้ำประปา (บาท/ปี) | 24,384 | 16,264 |
| 18 | ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาโดยประมาณ (บาท/ปี) | 2,000 | 1,000 |
| 19 | รวมรายจ่าย (บาท/ปี) | 609,784(5) | 864,691(5) |
| | | 604,784(6) | 733,299(6) |
| | **รายรับ** | | |
| 20 | รายได้จากการผลิต (บาท/ปี) | 1,536,000 | 1,904,640 |
| 21 | รายได้สุทธิจากการผลิต (บาท/ปี) | 926,216(5) | 1,039,949(5) |
| | | 931,216(6) | 1,171,341(6) |
| | **ระยะเวลาคืนทุน** | | |
| 22 | ในหน่วย ปี | 1.52 | 1.20 |
| 23 | ในหน่วย ปี เดือน และวัน | 1 ปี 6 เดือน 8 วัน | 1 ปี 2 เดือน 12 วัน |

**หมายเหตุ**: (1) ไม่มีการจัดซื้อแบบแยกชิ้นส่วน
(2) ราคาต้นทุนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร
(3) หยุดวันเสาร์-อาทิตย์
(4) +30% ของต้นทุนเครื่องจักร
(5) สำหรับปีแรก
(6) สำหรับปีต่อไป

## 4. สรุป

เครื่องจักรที่สร้างขึ้นมีน้ำหนักเครื่องเปล่าประมาณ 60 กิโลกรัม ความจุน้ำล้าง 180 ลิตร ใช้ได้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว 220 โวลต์ 50-60 เฮิรตซ์ สามารถทำงานได้ตามขั้นตอน มีความแม่นยำตามที่ได้ออกแบบไว้ เครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่องและหยุดทำงานอัตโนมัติเมื่อเสร็จสิ้นพร้อมเสียงเตือน ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติเมื่อเผลอเลอลืมปิดฝาถังรวมถึงระบบตัดไฟเข้าเครื่องจักรเมื่อเกิดภาวะเกินกำลังสามารถใช้งานได้ดีไม่มีการติดขัด เครื่องจักรมีคุณลักษณะทางกายภาพที่สามารถทำการล้างสาหร่ายไกครั้งละ 6 กิโลกรัม ได้อย่างสะอาดหมดจด ในอัตราการล้าง 6.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้า 374 วัตต์ ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยการโปรแกรมการทำงานเพียงครั้งเดียว ภายใต้การตั้งค่าฉีดและหยุดฉีดน้ำ 30 วินาที เปลี่ยนน้ำล้างใหม่ทุก ๆ 10 นาที และเวลาการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด 58 นาที สามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 และลดการใช้แรงมนุษย์ลงได้ร้อยละ 80 (จาก 5 คน เหลือเพียง 1 คน) จึงทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงพอกับความต้องการของตลาด และยังสามารถขยายตลาดได้ในอนาคต และเมื่อใช้งานเครื่องจักรอย่างเต็มกำลังวันละ 8 ชั่วโมง จะคืนทุนภายในระยะเวลา 1.20 ปี

กลุ่มผู้ประกอบการซึ่งนำเครื่องจักรต้นแบบนี้ไปใช้มีความพึงพอใจกับเทคนิควิธีของเครื่องจักรและผลผลิตที่ได้โดยเครื่องจักร ต่างให้การยอมรับและชื่นชมว่า นอกจากผลิตภัณฑ์ล้างโดยเครื่องจักรจะมีความสะอาดหมดจดดีมากตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้แล้ว เครื่องจักรยังมีรูปร่าง

ลักษณะประณีตสวยงาม ใช้งานและบำรุงรักษาง่าย ทำงานเงียบ ประหยัดไฟ มีขนาดกะทัดรัดและเคลื่อนย้ายง่าย ให้ผลการล้างที่สะอาดหมดจด รวดเร็ว และมีคุณภาพคงที่มากกว่าการล้างโดยแรงงานมนุษย์แบบเดิม สามารถแก้ปัญหาความยุ่งยากในกระบวนการล้างสาหร่ายแบบเดิมได้โดยสิ้นเชิง ยังช่วยลดแรงงานมนุษย์ในการล้างลงได้ จาก 5 คน เหลือเพียง 1 คน เพื่อทำหน้าที่ดูแลเครื่อง ทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปด้วยความสะดวกสบายยิ่งขึ้น สร้างความคล่องตัวในการโยกย้ายแรงงานมนุษย์ไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ที่สอดรับกับการขยายตลาดได้อีกด้วย ดังรูปที่ 9

**รูปที่ 9** แสดงการสาธิตใช้งานเครื่องจักรโดยผู้ประกอบการและตรวจส่งมอบโดยผู้สนับสนุนทุนวิจัย


## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม ร่วมกับ สถาบันไทย-เยอรมัน ผู้สนับสนุนงบประมาณ ตลอดจนให้คำแนะนำและติดตามประเมินผล ภายใต้โครงการ “การพัฒนาเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อการผลิตระดับชุมชน” และขอขอบคุณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสาหร่ายน้ำจืดบ้านหนองบัว ผู้ร่วมลงทุน เอื้อเฟื้อข้อมูล สถานที่ วัตถุดิบ และร่วมทำการทดสอบเครื่องจักรต้นแบบ


## 6. เอกสารอ้างอิง


1. Khamwang, S., 2013, Background and Business Operations of Ban Nong Bua Freshwater Seaweed Processing Community Enterprise Group, Interview, Chairman of Ban Nong Bua Freshwater Seaweed Processing Community Enterprise Group. (In Thai)

2. Intasaen, S., 2013, Production Process, Sales and Finance Business of Ban Nong Bua Freshwater Seaweed Processing Community Enterprise Group, Interview, Member of the Production and Distribution Department of Ban Nong Bua Freshwater Seaweed Processing Community Enterprise Group. (In Thai)

3. Tia, W., 1997, Energy Analysis of Economics and Saving Study of Energy Conservation in the Industry, Paper Presented in the Trained, Faculty of Energy and Inventories, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 42 p. (In Thai)

4. Jirahangkulsakul, R., 2011, Stainless Steel International Standard Products, Industrial Raw

Materials Department, Pornprom Metal Public Company Limited [Online], Available: http://www.ppm.co.th/product. [26 April 2011]

5. Kasipar, C., 1985, Strength of Material, 9th ed., Chwn Phimph, Bangkok, 510 p. (In Thai)

6. Sornnin, B. and Wattanasriyakul, S., 2006, Manual Table of The Metal Work, 1st ed., Textbook Production Center, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok, pp. 96-129. (In Thai)

7. Ungphakorn W. and Thnad-Ngan, C., 1984, Mechanical Design 1, 3rd ed., SE-EDUCATION, Bangkok, pp. 29-36. (In Thai)

8. Rungwattanapong, S., 2005, Solid Mechanics, 10th ed., SE-EDUCATION, Bangkok, pp. 54-62. (In Thai)

9. Smith, C.E., 1982, Applied Mechanics: Dynamics, 2nd ed., New York, John Wiley&Sons, pp. 86-97.

10. Rashid, M.H., 1993, Power Electronics; Circuit, Device, and Application, 2nd ed., Prentice-Hall, New Jersey, pp. 91-107.